

**НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА В РЕГИОНАХ РОССИИ КАК ФАКТОРА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА СТРАНЫ\*****Валентина Ивановна ПЕРОВА<sup>а</sup>, Надежда Анатольевна ПЕРОВА<sup>б</sup>**

<sup>а</sup> кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического моделирования экономических процессов Института экономики и предпринимательства, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Российская Федерация  
perova\_vi@mail.ru  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: 3871-2450

<sup>б</sup> студентка факультета физической культуры и спорта, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Российская Федерация  
perova\_nadja@mail.ru  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: отсутствует

\* Ответственный автор

**История статьи:**

Получена 26.06.2018  
Получена в доработанном виде 30.07.2018  
Одобрена 01.10.2018  
Доступна онлайн 15.11.2018

**УДК** 338.1:796.05  
**JEL:** C38, C45, O15, O40, Z02

**Ключевые слова:**

экономический рост, человеческий капитал, физическая культура и спорт, кластерный анализ, нейронные сети

**Аннотация**

**Предмет.** Особенности динамики развития физической культуры и спорта в регионах Российской Федерации. Анализ современного состояния физической культуры и спорта, характеризующего человеческого капитал, который является одним из приоритетных внутренних факторов экономического потенциала России, важен для обеспечения национальной безопасности и социально-экономического роста страны.

**Цели.** Анализ особенностей динамики развития физической культуры и спорта в регионах Российской Федерации с помощью нейронных сетей. Рассмотрение и анализ данных Министерства спорта Российской Федерации о состоянии физической культуры и спорта в регионах России в интересах повышения ожидаемой продолжительности жизни населения и социально-экономического развития территорий.

**Методология.** Нейросетевое моделирование с использованием показателей, описывающих динамику развития физической культуры и спорта в регионах РФ за период 2012–2016 гг. Моделирование проведено с применением реализованных в пакете Deductor нейронных сетей – самоорганизующихся карт Кохонена, обучаемых без учителя.

**Результаты.** Определены особенности динамики деятельности регионов России в сфере физической культуры и спорта, показан неравномерный характер их развития. По уровню этой деятельности получено распределение регионов по четырем кластерам, в которых сформировались ядра кластеров с неизменным составом регионов. Наибольшее количество регионов вошло в состав ядра кластера с показателями развития физической культуры и спорта на уровне средних значений показателей по России. При этом ядра кластеров регионов-лидеров, как и сами эти кластеры, оказались малочисленными.

**Выводы.** В регионах Российской Федерации наблюдается неравномерный характер развития физической культуры и спорта как одного из показателей процесса формирования человеческого капитала. Для стратегического планирования социально-экономического развития регионов России необходимо принятие комплексных мер, способствующих стимулированию активности регионов в данной сфере деятельности.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2018

**Для цитирования:** Перова В.И., Перова Н.А. Нейросетевое моделирование динамики развития физической культуры и спорта в регионах России как фактора социально-экономического роста страны // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2018. – Т. 14, № 11. – С. 2064 – 2082.  
<https://doi.org/10.24891/ni.14.11.2064>

## Введение

В современном мире одним из ключевых показателей экономического роста государств является благосостояние проживающих в них граждан. В Российской Федерации для достижения высокого уровня благосостояния населения приоритетными задачами являются повышение эффективности экономического развития, переход от экспортно-сырьевой модели к инновационной экономике. Это отражено в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г.<sup>1</sup> и в работах В.Л. Макарова [1, 2], Г.Б. Клейнера и др. [3], Э.С. Набиуллиной<sup>2</sup>, С.А. Филина [4], Н.П. Любушина<sup>3</sup>, Д.А. Ендовицкого, С.Н. Коменденко [5], О.В. Трофимова [6], М.Л. Горбуновой [7], В.И. Перовой, К.В. Зайцевой [8], Р.Дж. Барро и К. Сала-и-Мартина [9] и др. [10].

Доминирующая роль при переходе экономики России на инновационный путь развития принадлежит человеческому капиталу, который является одним из внутренних факторов социально-экономического развития страны. Данной теме посвятили свои работы многие отечественные и зарубежные ученые: А.Г. Аганбегян<sup>4</sup>, Ю.А. Кузнецов [11],

Е.И. Лавров, Л.А. Лаврова [12], Дж.С. Беккер [13], Дж. Бенхабиб и др. [14].

Для количественной оценки качества жизни населения существует множество индексов, среди которых самым информативным является индекс человеческого развития (ИЧР) (см. работы В.А. Ионцева и А.А. Саградова<sup>5</sup>, В.И. Перовой и Д.Г. Гончаровой<sup>6</sup>, И.В. Соболевой [15]). Индекс человеческого развития используется в ежегодных отчетах в рамках Программы развития ООН (ПРООН) как в различных странах в целом, так и в регионах.

ИЧР представляет собой интегральный показатель из трех основных компонентов, характеризующих развитие человека, – индексов дохода, образования и долголетия. Все эти компоненты отражают три основные качества развития страны: здоровую жизнь, которая обеспечивает долголетие населения; достигнутый уровень образования; материальный достаток, достойный человека. При этом долголетие измеряется ожидаемой продолжительностью жизни, которая непосредственно связана с уровнем развития физической культуры и спорта в целом по стране и в каждом из ее регионов.

Повышение эффективности развития физической культуры и спорта (см. [16]) в Российской Федерации отвечает национальным интересам страны<sup>7</sup>. В целях совершенствования государственной политики в области физической культуры и спорта с 1 сентября 2014 г. введен в действие Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс (ВФСК) «Готов к труду и обороне»

<sup>\*</sup> Статья подготовлена информационным центром Издательского дома «ФИНАНСЫ И КРЕДИТ» при Национальном исследовательском Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского.

<sup>1</sup> Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г.: утв. расп. Правительства РФ от 17.11.2008 № 1662-р и от 08.08.2009 № 1121-р. URL: [http://consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_82134/28c7f9e359e8af09d7244d8033c66928fa27e527](http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_82134/28c7f9e359e8af09d7244d8033c66928fa27e527)

<sup>2</sup> Набиуллина Э.С. О долгосрочных прогнозах экономического развития: материалы международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества (апрель 2012 г.). Кн. 1 / отв. ред. Е. Ясин. М.: Изд-во НИУ ВШЭ, 2012. 581 с.

<sup>3</sup> Любушин Н.П. Комплексный экономический анализ хозяйственной деятельности: учеб. пособие. М.: ЮНИТИ, 2006. 445 с.

<sup>4</sup> Аганбегян А.Г. Человеческий капитал и его главная составляющая – сфера «экономики знаний» как основной источник социально-экономического роста. Ч. 1 // Экономические стратегии. 2017. № 3. С. 66–79; Аганбегян А.Г. Человеческий капитал и его главная составляющая – сфера «экономики знаний» как основной источник социально-экономического роста. Ч. 2 // Экономические стратегии. 2017. № 4. С. 6–21.

<sup>5</sup> Ионцев В.А. и др. Введение в демографию: учеб. пособие / под ред. В.А. Ионцева, А.А. Саградова. М.: Изд-во МГУ, ТЭИС, 2003. 636 с.

<sup>6</sup> Перова В.И., Гончарова Д.Г. Динамика индекса человеческого развития населения регионов Российской Федерации: материалы международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций». Н. Новгород: Изд-во Нижегородского гос. техн. ун-та им. Р.Е. Алексеева, 2014. С. 453–455.

<sup>7</sup> О плане мероприятий по реализации Стратегии развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2020 г.: приказ Минспорта России от 14.03.2016 № 245. URL: <http://legalacts.ru/doc/prikaz-minsporta-rossii-ot-14032016-n-245-o-plane>

(ГТО)»<sup>8</sup>, который направлен на создание эффективной системы физического воспитания и укрепление здоровья населения России.

Согласно Указу Президента РФ от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 г.»<sup>9</sup>, одной из задач обеспечения достижения национальных целей развития Российской Федерации на период до 2024 г., поставленных перед Правительством РФ, является повышение ожидаемой продолжительности жизни до 78 лет (к 2030 г. – до 80 лет). Отмечается, что при разработке национальных программ Правительству РФ в 2024 г. необходимо обеспечить решение многих задач, среди которых – формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек.

В связи с этим значительный интерес вызывает анализ динамики развития физической культуры и спорта в регионах России, в том числе их дифференциации по уровню инновационной активности в данной сфере деятельности. С этими вопросами тесно связаны и исследования проблем качества экономического роста регионов и страны в целом, изучение характеристик неоднородности социально-экономического пространства с точки зрения национальных интересов Российской Федерации [17]. Это обусловлено чрезвычайно широким разнообразием регионов по типам экономики, уровням социально-экономического развития, сочетанию конкурентных преимуществ и недостатков, что отражено в работах А.Г. Гранберга<sup>10</sup>, Б.М. Шульберга, В.Н. Кичеджи и др. [18].

<sup>8</sup> О Всероссийском физкультурно-спортивном комплексе «Готов к труду и обороне» (ГТО): Указ Президента РФ от 24.03.2014 № 172. URL: <http://base.garant.ru/70619520>

<sup>9</sup> О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 г.: Указ Президента РФ от 07.05.2018 № 204. URL: <http://garant.ru/hotlaw/federal/1195467>

<sup>10</sup> Гранберг А.Г. Социально-экономическое пространство России: трансформационные тенденции и перспективы: Цикл публичных лекций «Академики РАН – студентам ГУУ». М.: Изд-во Гос. ун-та управления (ГУУ), 2004. 41 с.

В настоящей работе проведены исследования динамики деятельности регионов Российской Федерации в области физической культуры и спорта. В качестве базы для исследования были взяты следующие статистические данные<sup>11</sup> за 2012–2016 гг.:

- доля населения, систематически занимающегося физической культурой и спортом, в общей численности населения, %;
- финансирование физической культуры и спорта на 1 жителя, руб.;
- доля обучающихся и студентов, систематически занимающихся физической культурой и спортом, в общей численности обучающихся и студентов, %;
- доля лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов, систематически занимающихся физической культурой и спортом, в общей численности данной категории населения, %;
- численность спортсменов субъекта Российской Федерации, включенных в список кандидатов в спортивные сборные команды Российской Федерации, чел.;
- количество присвоенных званий «Заслуженный тренер России» в год.

При анализе многомерных данных применяются классические статистические методы кластерного, факторного, регрессионного анализов (см. работы А.М. Дуброва, В.С. Мхитаряна, Л.И. Трошина<sup>12</sup>, В.И. Перовой и др. [19]); анализа временных рядов (см. публикации М. Кендэла [20], Е.Ю. Щетинина [21]); методов имитационного моделирования (Ю.И. Рыжиков [22], Д.Ю. Каталевский<sup>13</sup>); методов нейросетевого моделирования,

<sup>11</sup> Министерство спорта Российской Федерации. URL: <http://minsport.gov.ru>

<sup>12</sup> Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы: учебник. М.: Финансы и статистика, 2003. 352 с.

<sup>13</sup> Каталевский Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: учеб. пособие. М.: Изд-во Московского ун-та, 2011. 304 с.

представленных в работах В.И. Перовой<sup>14</sup>, С.В. Аксёнова, В.Б. Новосельцева<sup>15</sup>, В.М. Лазарева, А.П. Свиридова [23], Е.Ю. Хрусталёва, О.Г. Шрамко [24], С. Осовского [25], С. Хайкина [26], Дж. Шмидхубера [27].

В настоящей работе мы имеем 6-мерное пространство входных данных. Для их анализа использовались методы нейросетевого моделирования, которые относятся к технологии интеллектуального анализа данных (Data Mining)<sup>16</sup> и являются перспективными информационными технологиями исследования больших объемов разнородных статистических данных. При нейросетевом подходе нет модельных ограничений, и его можно применять для анализа линейных и нелинейных зависимостей.

Среди нейронных сетей следует отметить два класса: нейронные сети, обучаемые с учителем, и нейронные сети, обучаемые без учителя [25, 26, 28]. Нейронные сети, обучаемые с учителем, – это средство, выявляющее взаимосвязи между входами и выходами нейронной сети, которые могут быть переведены в математические уравнения в целях принятия оптимальных решений в будущем. Нейронные сети, обучаемые без учителя, используются для решения задач кластеризации, снижения размерности данных, а также визуализации, то есть нелинейного проецирования многомерного входного пространства данных на топологическую карту, нейроны которой образуют чаще всего двумерную решетку.

<sup>14</sup> Перова В.И. Нейронные сети: учеб. пособие. Н. Новгород: Изд-во Нижегородского гос. ун-та, 2012. Ч. 1. 155 с.; Ч. 2. 111 с.; Перова В.И. Нейронные сети в экономических приложениях: учеб. пособие. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2012. Ч. 1. 130 с.; Ч. 2. 135 с.

<sup>15</sup> Аксёнов С.В., Новосельцев В.Б. Организация и использование нейронных сетей (методы и технологии): учеб. пособие / под общ. ред. В.Б. Новосельцева. Томск: НТЛ, 2006. 128 с.

<sup>16</sup> Дюк В.А., Самойленко А.П. Data Mining: учебный курс. СПб: Питер, 2001. 370 с.; Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В. и др. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP: учеб. пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 384 с.

Представителем этого класса нейронных сетей являются самоорганизующиеся карты (СОК) Кохонена [28–33]. Особенность СОК Кохонена состоит в том, что для их построения в обучающих данных требуются значения только входных переменных.

В настоящее время нейросетевые концепции реализуются с применением таких специализированных программных пакетов, как MatLab, Statistica, Deductor, Viscosity SOMine и др. В данной работе в качестве инструмента проведения исследований выбраны самоорганизующиеся карты Кохонена, реализованные в аналитическом пакете Deductor<sup>17</sup>.

### **Анализ результатов нейросетевого моделирования динамики развития физической культуры и спорта в регионах России**

Социально-экономические показатели динамики развития физической культуры и спорта в регионах РФ за 2012–2016 гг. были проанализированы с учетом инфляции<sup>18</sup>. Будем оперировать следующими переменными:

- $x_1$  – доля населения, систематически занимающегося физической культурой и спортом, в общей численности населения, %;
- $x_2$  – финансирование физической культуры и спорта на 1 жителя, руб.;
- $x_3$  – доля обучающихся и студентов, систематически занимающихся физической культурой и спортом, в общей численности обучающихся и студентов, %;
- $x_4$  – доля лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов, систематически занимающихся физической культурой и спортом, в общей численности данной категории населения, %;

<sup>17</sup> Технологии анализа данных. URL: <http://basegroup.ru>

<sup>18</sup> Калькулятор инфляции. URL: <http://planetcalc.ru>

- $x_5$  – численность спортсменов субъекта Российской Федерации, включенных в список кандидатов в спортивные сборные команды Российской Федерации, чел.;
- $x_6$  – количество присвоенных званий «Заслуженный тренер России» в году, ед.

Результатом нейросетевого моделирования стало распределение регионов РФ по четырем кластерам. В *табл. 1* показана динамика количества регионов РФ в кластерах за период 2012–2016 гг. Из данных *табл. 1* следует, что в кластер 1 вошел только один регион с самыми высокими значениями перечисленных показателей деятельности в сфере физической культуры и спорта. В основном регионы распределились в кластеры 3 и 4. Наибольшее количество регионов, вошедших в состав кластера 4, зафиксировано в 2012 г. С 2013 г. наблюдается переход некоторых регионов из кластера 4 в кластер 3. К концу рассматриваемого периода количество таких регионов увеличилось более чем в 2,5 раза. Два региона (Краснодарский край и Самарская область) улучшили показатели своей деятельности в области физической культуры и спорта, перейдя в 2016 г. в кластер 2.

Подробные сведения о динамике распределения регионов Российской Федерации по кластерам в 2012–2016 гг. представлены в *табл. 2*. Из *табл. 2* видно, что на протяжении 2012–2016 гг. некоторые регионы Российской Федерации оставались в одном и том же кластере. Такие регионы составляют так называемые «ядра кластеров». Образование ядер с неизменным составом определенных регионов наблюдается во всех кластерах. Так, ядром кластера 1 является один регион – Москва. Ядро кластера 2 состоит из двух регионов: Санкт-Петербурга и Челябинской области. Ядро кластера 3 представлено 36 регионами: Алтайским краем, Амурской, Астраханской, Владимирской, Вологодской областями, Еврейской автономной областью, Забайкальским краем, Ивановской, Калужской областями,

Камчатским краем, Карачаево-Черкесской Республикой, Кировской, Курганской, Курской, Ленинградской, Липецкой, Магаданской, Мурманской областями, Ненецким автономным округом, Новгородской, Псковской областями, республиками Адыгея, Алтай, Бурятия, Ингушетия, Карелия, Коми, Марий Эл, Тыва, Сахалинской, Тамбовской, Ульяновской областями, Чувашской Республикой, Чукотским автономным округом, Республикой Крым, г. Севастополь. Ядро кластера 4 составляет один регион – Республика Дагестан.

Динамика средних значений показателей деятельности регионов в сфере физической культуры и спорта в 2012–2016 гг. в регионах Российской Федерации по кластерам и соответствующих общих средних значений показателей по всем субъектам РФ приведена на *рис. 1–6*.

Из *рис. 1* следует, что в целом по России наблюдается рост общих средних значений доли населения, систематически занимающегося физической культурой и спортом, в общей численности населения на протяжении всего рассматриваемого периода. При этом значения данного показателя находятся выше средних значений по стране в регионах кластера 1 в течение всего периода, в регионах кластера 2 – в 2012, 2013, 2015 и 2016 гг., в регионах кластера 3 – только в 2013 г., а в регионах кластера 4 – в 2012 г. и в 2014–2016 гг.

Из *рис. 2* видно, что имеет место положительная динамика общего среднего значения по РФ финансирования физической культуры и спорта на 1 жителя до 2015 г, в котором этот показатель принял максимальное значение в основном за счет финансирования регионов, вошедших в кластер 3, а затем наблюдается его уменьшение в примерно в 1,5 раза в 2016 г. Следует отметить значительное увеличение финансирования физической культуры и спорта на 1 жителя в 2016 г. в регионах кластеров 1 (примерно в 1,2 раза) и 2 (более чем в 1,5 раза) по сравнению с 2015 г.

*Рис. 3* демонстрирует на протяжении исследуемого периода по всем кластерам и в целом по РФ стабильную положительную динамику средних значений показателя доли обучающихся и студентов, систематически занимающихся физической культурой и спортом, в общей численности обучающихся и студентов. При этом в кластере 1 по сравнению с другими кластерами данный показатель выше, что можно объяснить большим количеством обучающихся и студентов в Москве, а также развитой там инфраструктурой для занятий физической культурой и спортом.

На *рис. 4* приведена динамика средних значений доли лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов, систематически занимающихся физической культурой и спортом, в общей численности данной категории населения. Графики на *рис. 4* показывают значительный рост этого показателя в конце рассматриваемого периода по сравнению с началом периода, как по кластерам, так и по России в целом.

Характер изменения численности спортсменов субъекта Российской Федерации, включенных в список кандидатов в спортивные сборные команды Российской Федерации, представлен на *рис. 5*. Этот показатель в регионах кластера 3 находится на уровне ниже среднероссийского, в то время как в регионах остальных кластеров он выше общего среднего по России. Эволюция во времени этого показателя нестабильна: резкое уменьшение в 2013 г., затем резкий рост в 2015 г. и снова резкий спад в 2016 г.

Динамика количества присвоенных званий «Заслуженный тренер России» в году (см. *рис. 6*) аналогична динамике численности спортсменов субъекта РФ, включенных в список кандидатов в спортивные сборные команды Российской Федерации. При этом также наблюдается небольшое снижение общего по России значения данного показателя в конце рассматриваемого периода.

## Заключение

При инновационном развитии российской экономики в ближайшие десятилетия следует ожидать качественного скачка значимости роли человеческого капитала в социально-экономической деятельности регионов Российской Федерации и страны в целом. Именно поэтому актуальность настоящего исследования обусловлена тем, что в современных условиях обеспечение национальной безопасности и устойчивого социально-экономического развития России невозможно без развития человеческого капитала, одной из характеристик которого является здоровый образ жизни граждан, обеспечивающий долголетие населения страны. При этом важная роль отводится созданию условий для развития физической культуры и спорта в целях привлечения различных слоев населения к регулярным занятиям массовой физической культурой и спортом<sup>19</sup>. Следует отметить, что физическая культура и спорт способствуют не только оздоровлению граждан, повышению уровня их физического развития, но и развитию умственной деятельности [34], профилактике правонарушений и обеспечению военной безопасности государства.

Показано, что эффективным средством для решения задачи кластеризации регионов Российской Федерации по показателям их деятельности в сфере физической культуры и спорта являются СОК Кохонена. Применение методов нейросетевого моделирования в задаче исследования динамики деятельности регионов России в сфере физической культуры и спорта как одного из факторов социально-экономического роста показало присутствие заметных различий в размерах кластеров. Это отражает неравномерный характер деятельности регионов РФ в данной сфере.

Полученные результаты позволили определить регионы, являющиеся перспективными в

<sup>19</sup> Об утверждении Стратегии развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2020 г.: расп. Правительства РФ от 07.08.2009 № 1101-р. URL: <http://minsport.gov.ru/activities/federal-programs/2/26363>

плане развития физической культуры и спорта. Следует отметить субъекты РФ, которые составили ядра кластеров 1 и 2 с наивысшими показателями: Москва, Санкт-Петербург и Челябинская область. Остальные регионы распределились по кластерам со значениями показателей на уровне средних показателей по России либо ниже.

В целях повышения конкурентоспособности и обеспечения национальной безопасности страны к числу приоритетных направлений развития физической культуры и спорта в регионах Российской Федерации следует отнести:

- 1) вовлечение максимального количества населения в систематические занятия физической культурой и массовым спортом;
- 2) развитие спортивного резерва и спорта высших достижений;

3) развитие инфраструктуры сферы физической культуры и спорта с использованием государственно-частного партнерства;

- 4) совершенствование кадровой политики в области физической культуры и спорта.

Это приведет к стимулированию инновационной деятельности регионов в развитии человеческого капитала в области физической культуры и спорта с учетом современных стандартов как фактора социально-экономического роста страны.

Проведенное исследование имеет практическую значимость и может быть использовано при стратегическом планировании социально-экономического развития регионов.

**Таблица 1**

**Динамика распределения регионов РФ по кластерам за 2012–2016 гг.**

**Table 1**

**Trends in the breakdown of the Russian regions by cluster, 2012–2016**

Кластер	2012	2013	2014	2015	2016
1	1	1	1	1	1
2	4	7	2	4	4
3	45	60	66	66	68
4	33	15	16	14	12

*Источник:* авторская разработка

*Source:* Authoring

**Таблица 2****Динамика вхождения регионов РФ в кластеры за 2012–2016 гг.****Table 2****Trends in the Russian region's attribution to clusters, 2012–2016**

Субъект РФ	Кластер				
	2012	2013	2014	2015	2016
Алтайский край	3	3	3	3	3
Амурская область	3	3	3	3	3
Архангельская область	3	4	3	3	3
Астраханская область	3	3	3	3	3
Белгородская область	4	3	4	3	3
Брянская область	4	4	3	3	3
Владимирская область	3	3	3	3	3
Волгоградская область	3	3	4	3	3
Вологодская область	3	3	3	3	3
Воронежская область	4	3	3	4	3
г. Москва	1	1	1	1	1
г. Санкт-Петербург	2	2	2	2	2
Еврейская автономная область	3	3	3	3	3
Забайкальский край	3	3	3	3	3
Ивановская область	3	3	3	3	3
Иркутская область	4	3	3	3	3
Кабардино-Балкарская Республика	4	4	3	4	3
Калининградская область	4	3	3	3	3
Калужская область	3	3	3	3	3
Камчатский край	3	3	3	3	3
Карачаево-Черкесская Республика	3	3	3	3	3
Кемеровская область	3	3	4	4	4
Кировская область	3	3	3	3	3
Костромская область	4	3	3	3	3
Краснодарский край	4	2	4	4	2
Красноярский край	2	4	4	4	4
Курганская область	3	3	3	3	3
Курская область	3	3	3	3	3
Ленинградская область	3	3	3	3	3
Липецкая область	3	3	3	3	3
Магаданская область	3	3	3	3	3
Московская область	2	2	4	2	4
Мурманская область	3	3	3	3	3
Ненецкий автономный округ	3	3	3	3	3
Нижегородская область	3	4	3	4	4
Новгородская область	3	3	3	3	3
Новосибирская область	4	4	3	4	3
Омская область	4	4	4	3	3
Оренбургская область	3	4	3	3	3
Орловская область	4	3	3	3	3
Пензенская область	3	3	3	4	3
Пермский край	4	2	3	4	4
Приморский край	4	3	3	3	3
Псковская область	3	3	3	3	3
Республика Адыгея	3	3	3	3	3
Республика Алтай	3	3	3	3	3
Республика Башкортостан	4	3	4	2	3
Республика Бурятия	3	3	3	3	3
Республика Дагестан	4	4	4	4	4
Республика Ингушетия	3	3	3	3	3
Республика Калмыкия	4	3	3	3	3
Республика Карелия	3	3	3	3	3
Республика Коми	3	3	3	3	3



Республика Марий Эл	3	3	3	3	3
Республика Мордовия	4	3	3	3	3
Республика Саха (Якутия)	3	3	4	3	3
Республика Северная Осетия – Алания	4	2	4	3	4
Республика Татарстан	4	3	3	3	3
Республика Тыва	3	3	3	3	3
Республика Хакасия	3	3	3	3	4
Ростовская область	4	4	3	4	4
Рязанская область	4	4	3	3	3
Самарская область	4	3	4	3	2
Саратовская область	4	4	4	3	4
Сахалинская область	3	3	3	3	3
Свердловская область	4	2	4	4	3
Смоленская область	3	3	3	4	3
Ставропольский край	4	3	3	3	3
Тамбовская область	3	3	3	3	3
Тверская область	4	3	3	3	3
Томская область	4	4	3	3	3
Тульская область	3	4	3	3	3
Тюменская область	4	3	4	3	3
Удмуртская Республика	3	3	4	4	3
Ульяновская область	3	3	3	3	3
Хабаровский край	4	3	3	3	4
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	4	4	3	3	4
Челябинская область	2	2	2	2	2
Чеченская Республика	4	3	3	3	3
Чувашская Республика	3	3	3	3	3
Чукотский автономный округ	3	3	3	3	3
Ямало-Ненецкий автономный округ	4	3	3	3	3
Ярославская область	4	3	3	3	3
Республика Крым	–	–	3	3	3
г. Севастополь	–	–	3	3	3

Источник: авторская разработка

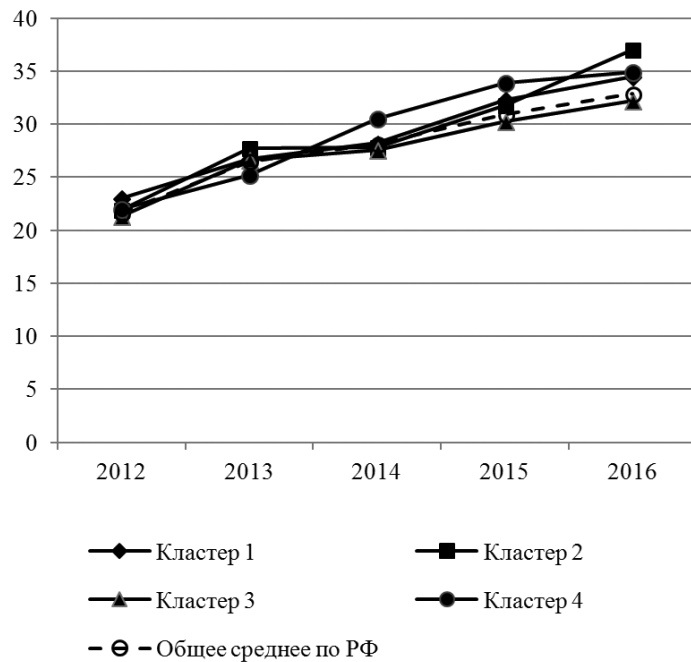
Source: Authoring

**Рисунок 1**

Динамика доли населения, систематически занимающегося физической культурой и спортом, в общей численности населения в 2012–2016 гг., %

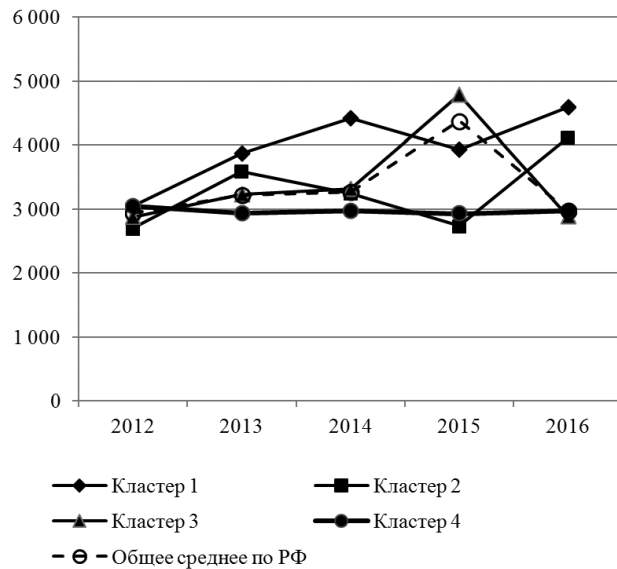
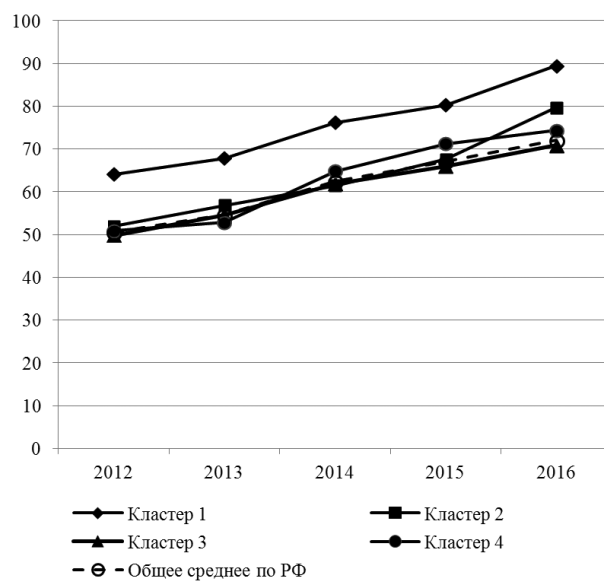
**Figure 1**

Trends in the percentage of population who are physically active and go in for sports, out of the total population, 2012–2016, percentage points



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

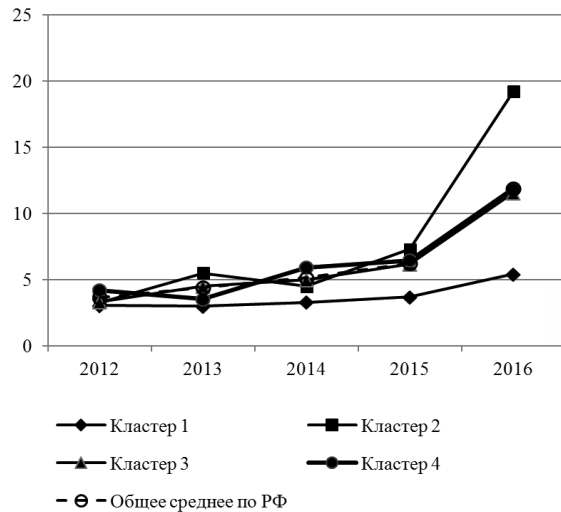
**Рисунок 2****Динамика финансирования физической культуры и спорта на 1 жителя в 2012–2016 гг., руб.****Figure 2****Trends in the finance of physical culture and sport per capita, 2012–2016, RUB***Источник: авторская разработка**Source: Authoring***Рисунок 3****Динамика доли обучающихся и студентов, систематически занимающихся физической культурой и спортом, в общей численности обучающихся и студентов в 2012–2016 гг., %****Figure 3****Trends in the percentage of students who are physically active and go in for sports, out of the total population of students, 2012–2016, percentage points***Источник: авторская разработка**Source: Authoring*

**Рисунок 4**

Динамика доли лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов, систематически занимающихся физической культурой и спортом, в общей численности данной категории населения в 2012–2016 гг., %

**Figure 4**

Trends in the percentage of physically challenged people and disabled persons who are physically active and go in for sports, out of the total people pertaining to this group, 2012–2016, percentage points



Источник: авторская разработка

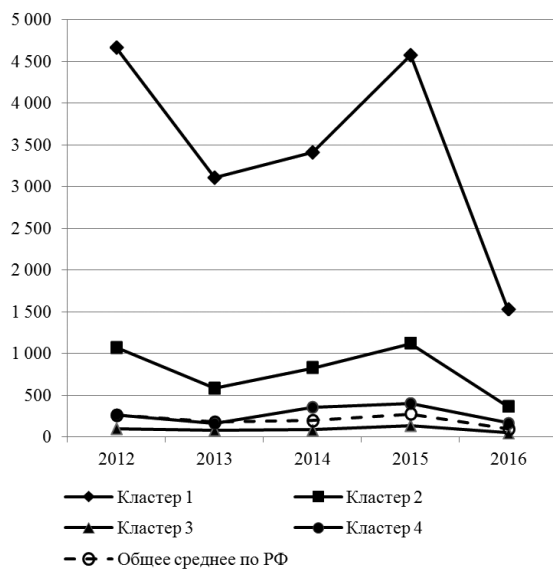
Source: Authoring

**Рисунок 5**

Динамика численности спортсменов субъекта Российской Федерации, включенных в список кандидатов в спортивные сборные команды Российской Федерации в 2012–2016 гг., чел.

**Figure 5**

Trends in the number of sportsmen in the constituent entity of the Russian Federation who aspire to join sport representative teams of the Russian Federation, 2012–2016, units

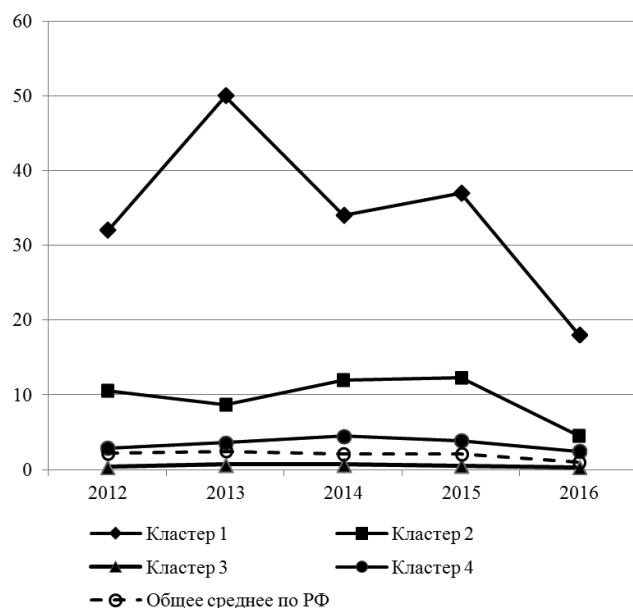


Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Рисунок 6**

Динамика количества присвоенного звания «Заслуженный тренер России» в 2012–2016 гг., ед.

**Figure 6**Trends of the number of awards bestowed for the title *Honored Coach of Russia*, 2012–2016, units

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Список литературы**

1. Макаров В.Л. Становление экономики знаний в России и мире. В кн.: Экономика знаний: колл. монография. Гл. 1. М.: ИНФРА-М, 2008. С. 34–44.
2. Макаров В.Л. Экономика знаний: уроки для России // Вестник Российской академии наук. 2003. Т. 73. № 5. С. 450–456.
3. Клейнер Г.Б., Мишуров С.С., Ерзнкян Б.А. и др. Инновационное развитие региона: потенциал, институты, механизмы: монография. Иваново: Изд-во Ивановского гос. ун-та, 2011. 198 с.
4. Филин С.А. Механизм реализации инновационной политики: монография. М.: ИНИЦ Роспатента, 2005. 286 с.
5. Ендовицкий Д.А., Коменденко С.Н. Организация анализа и контроля инновационной деятельности хозяйствующего субъекта: научное издание. М.: Финансы и статистика, 2004. 272 с.
6. Трофимов О.В. Формирование эффективных инновационных стратегий: проблемы и решения // Экономические науки. 2010. № 9. С. 71–75.
7. Горбунова М.Л., Елизарова Н.К. Анализ результатов функционирования региональной инновационной системы Нижегородской области // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2012. № 2-2. С. 42–46. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/analiz-rezultatov-funktsionirovaniya-regionalnoy-innovatsionnoy-sistemy-nizhegorodskoy-oblasti>

8. *Перова В.И., Зайцева К.В.* Исследование динамики инновационной деятельности регионов России с применением нейросетевого моделирования // *Экономический анализ: теория и практика*. 2017. Т. 16. Вып. 5. С. 887–901. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/issledovanie-dinamiki-innovatsionnoy-deyatelnosti-regionov-rossii-s-primeneniem-neyrosetevogo-modelirovaniya>
9. *Barro R.J., Sala-i-Martin X.* *Economic Growth*. 2nd ed. Cambridge, MA, London, MIT Press, 2004, 672 p.
10. *Quah D.* Empirics for Growth and Distribution: Stratification, Polarization, and Convergence Clubs. *Journal of Economic Growth*. 1997. Vol. 2. Iss. 1. P. 27–59. URL: <https://doi.org/10.1023/A:1009781613339>
11. *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/v/chelovecheskiy-kapital-proizvoditelnost-truda-i-ekonomicheskij-rost-okonchanie-sleduet>
12. *Лавров Е.И., Лаврова Л.А.* Человеческий капитал как фактор экономического роста // *Вестник Омского университета. Сер. Экономика*. 2006. № 2. С. 63–69. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/chelovecheskiy-kapital-kak-faktor-ekonomicheskogo-rosta-3>
13. *Becker G.S.* *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education*. Columbia University Press, 1964. P. 94–144.
14. *Benhabib J., Spiegel M.M.* The Role of Human Capital in Economic Development: Evidence from Aggregate Cross-Country Data. *Journal of Monetary Economics*. 1994. Vol. 34. No. 2. P. 143–173.
15. *Соболева И.В.* Человеческий потенциал российской экономики: проблемы сохранения и развития. М.: Наука, 2007. 201 с.
16. *Лесгафт П.Ф.* *Избранные труды*. М.: Физкультура и спорт, 1987. 359 с.
17. *Викулов С.Ф., Хрусталёв Е.Ю.* Экономические основы военной безопасности России // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2014. № 7. С. 2–9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/ekonomicheskie-osnovy-voennoy-bezopasnosti-rossii>
18. *Гранберг А.Г., Шульберт Б.М., Кичеджи В.Н. и др.* Стратегии макрорегионов России: методологические подходы, приоритеты, механизмы реализации. М.: Наука, 2004. 720 с.
19. *Перова В.И., Незнакомцева О.Ю.* Исследование динамики социально-экономического развития регионов Российской Федерации // *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Сер. Социальные науки*. 2016. № 4. С. 44–51. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/issledovanie-dinamiki-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-regionov-rossiyskoy-federatsii>
20. *Кендэл М.* *Временные ряды*. М.: Финансы и статистика, 1981. 198 с.
21. *Щетинин Е.Ю.* О методах оценивания длинной памяти финансовых временных рядов // *Финансовая аналитика: проблемы и решения*. 2010. № 13. С. 39–45. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/o-metodah-otsenivaniya-dlinnoy-pamyati-finansovyh-vremennyh-ryadov>
22. *Рыжиков Ю.И.* *Имитационное моделирование. Теория и технологии*. М.: Альтекс-А, 2004. 384 с.

23. Лазарев В.М., Свиридов А.П. Нейросети и нейрокомпьютеры: монография. М.: Академия, 2011. 131 с.
24. Хрусталёв Е.Ю., Шрамко О.Г. Использование метода нейронных сетей для прогнозирования эффективности инвестиционных вложений // *Экономический анализ: теория и практика*. 2017. Т. 16. Вып. 8. С. 1438–1454.  
URL: <https://doi.org/10.24891/ea.16.8.1438>
25. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.
26. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. М.: Вильямс, 2006. 1104 с.
27. Schmidhuber J. Deep Learning in Neural Networks: An Overview. *Neural Networks*. 2015. Vol. 61. P. 85–117. URL: <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2014.09.003>
28. Дебок Г., Кохонен Т. Анализ финансовых данных с помощью самоорганизующихся карт. М.: Альпина, 2001. 317 с.
29. Kohonen T. Self-Organized Formation of Topologically Correct Feature Maps. *BioLogical Cybernetics*. 1982. Vol. 43. Iss. 1. P. 59–69. URL: <https://doi.org/10.1007/BF00337288>
30. Kohonen T. The Self-Organizing Map. *Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers*. 1990. Vol. 78. No. 9. P. 1464–1480. URL: <https://doi.org/10.1109/5.58325>
31. Tavan P., Grubmüller H., Kühnel H. Self-Organization of Associative Memory and Pattern Classification: Recurrent Signal Processing on Topological Feature Maps. *Biological Cybernetics*. 1990. Vol. 64. Iss. 2. P. 95–105. URL: <https://doi.org/10.1007/BF02331338>
32. Hajek P., Henriques R., Hajkova V. Visualising Components of Regional Innovation Systems Using Self-Organizing Maps – Evidence from European Regions. *Technological Forecasting and Social Change*. 2014. Vol. 84(C). P. 197–214. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.07.013>
33. Carboni O.A., Russu P. Assessing Regional Wellbeing in Italy: An Application of Malmquist–DEA and Self-Organizing Map Neural Clustering. *Social Indicators Research*. 2015. Vol. 122. Iss. 3. P. 677–700. URL: <https://doi.org/10.1007/s11205-014-0722-7>
34. Горбунов С.А., Дубровский А.В. Роль физической культуры в совершенствовании умственной готовности к обучению и профессиональной деятельности // *Теория и практика физической культуры*. 2002. № 12. С. 13–15.

#### Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

## NEURAL NETWORK MODELING OF DEVELOPMENT TRENDS OF PHYSICAL CULTURE AND SPORTS IN THE RUSSIAN REGIONS AS A DRIVER OF THE NATIONAL SOCIO-ECONOMIC GROWTH

Valentina I. PEROVA<sup>a,\*</sup>, Nadezhda A. PEROVA<sup>b</sup>

<sup>a</sup> National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN),  
Nizhny Novgorod, Russian Federation  
perova\_vi@mail.ru  
ORCID: not available

<sup>b</sup> National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN),  
Nizhny Novgorod, Russian Federation  
perova\_nadja@mail.ru  
ORCID: not available

\* Corresponding author

### Article history:

Received 26 June 2018  
Received in revised form  
30 July 2018  
Accepted 1 October 2018  
Available online  
15 November 2018

**JEL classification:** C38, C45,  
O15, O40, Z02

**Keywords:** economic  
growth, human capital,  
physical culture, sport, cluster  
analysis, neural network

### Abstract

**Subject** The article discusses trends in the development of physical culture and sports in the Russian regions. We analyze the current situation in physical culture and sports, which is indicative of human capital.

**Objectives** The research analyzes distinctions in the development trends of physical culture and sports in the Russian regions using neural networks. We examine and analyze data on physical culture and sports in the Russian regions as reported by the Ministry of Sports of the Russian Federation in pursuit of longer life expectancy and socio-economic development.

**Methods** The research is based on the neural network modeling using data on trends in the development of physical culture and sports in the Russian regions within 2012 through 2016. For modeling, we used the Kohonen self-organizing maps of unsupervised learning as part of the Deductor software package.

**Results** We found what distinguishes the Russian regions's development in physical culture and sports and illustrate their uneven trend. The regions were grouped into four clusters featuring the stable nucleus of regions. The average development cluster embrace the largest number of regions. The nucleus of the leading regions' clusters include few representatives.

**Conclusions and Relevance** Physical culture and sports develop differently in the Russian regions. For strategic planning of the socio-economic development in the Russian regions, comprehensive measured should be undertaken so as to encourage the regions for further development.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2018

**Please cite this article as:** Perova V.I., Perova N.A. Neural Network Modeling of Development Trends of Physical Culture and Sports in the Russian Regions as a Driver of the National Socio-Economic Growth. *National Interests: Priorities and Security*, 2018, vol. 14, iss. 11, pp. 2064–2082.  
<https://doi.org/10.24891/ni.14.11.2064>

### Acknowledgments

The article was supported by the Publishing house FINANCE and CREDIT's Information center at the National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod.



## References

1. Makarov V.L. *Stanovlenie ekonomiki znaniy v Rossii i mire. V kn.: Ekonomika znaniy. Ch. 1: kollektivnaya monografiya* [The origination of the knowledge economy in Russia and worldwide. In: Knowledge economy. Part 1: a collective monograph]. Moscow, INFRA-M Publ., 2008, pp. 34–44.
2. Makarov V.L. [The knowledge economy: Lessons for Russia]. *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk = Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 2003, vol. 73, no. 5, pp. 450–456. (In Russ.)
3. Kleiner G.B., Mishurov S.S., Erznkyan B.A. et al. *Innovatsionnoe razvitiye regiona: potentsial, instituty, mekhanizmy: monografiya* [The innovative development of the region: The potential, institutions, mechanisms: a monograph]. Ivanovo, Ivanovo State University Publ., 2011, 198 p.
4. Filin S.A. *Mekhanizm realizatsii innovatsionnoi politiki: monografiya* [The mechanism for implementing the innovative policy: a monograph]. Moscow, Rospatent Publ., 2005, 286 p.
5. Endovitskii D.A., Komendenko S.N. *Organizatsiya analiza i kontrolya innovatsionnoi deyatel'nosti khozyaistvuyushchego sub"ekta* [Arranging for the analysis and control of the business entity's innovative activities]. Moscow, Finansy i Statistika Publ., 2004, 272 p.
6. Trofimov O.V. [The formation of effective innovative strategies: Issues and solutions]. *Ekonomicheskie nauki = Economic Science*, 2010, no. 9, pp. 71–75. (In Russ.)
7. Gorbunova M.L., Elizarova N.K. [Analysis of development of the Nizhny Novgorod region innovation system]. *Vestnik Nizhegorodskogo gosuniversiteta im. N.I. Lobachevskogo = Vestnik of Lobachevsky University of Nizhny Novgorod*, 2012, no. 2-2, pp. 42–46.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/analiz-rezultatov-funktsionirovaniya-regionalnoy-innovatsionnoy-sistemy-nizhegorodskoy-oblasti> (In Russ.)
8. Perova V.I., Zaitseva K.V. [Researching the trends in innovation activity of Russian regions using the neural simulation]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2017, vol. 16, iss. 5, pp. 887–901.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/issledovanie-dinamiki-innovatsionnoy-deyatelnosti-regionov-rossii-s-primeneniem-neyrosetevogo-modelirovaniya> (In Russ.)
9. Barro R.J., Sala-i-Martin X. *Economic Growth*. MIT Press, 2004, 672 p.
10. Quah D. Empirics for Growth and Distribution: Stratification, Polarization, and Convergence Clubs. *Journal of Economic Growth*, 1997, vol. 2, iss. 1, pp. 27–59.  
URL: <https://doi.org/10.1023/A:1009781613339>
11. Kuznetsov Yu.A. [Human capital, productivity and economic growth]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2012, no. 43, pp. 2–14.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/chelovecheskiy-kapital-proizvoditelnost-truda-i-ekonomicheskii-rost-okonchanie-sleduet> (In Russ.)
12. Lavrov E.I., Lavrova L.A. [Human capital as a factor of economic growth]. *Vestnik Omskogo universiteta. Ser. Ekonomika = Herald of Omsk University. Series Economics*, 2006, no. 2, pp. 63–69. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/chelovecheskiy-kapital-kak-faktor-ekonomicheskogo-rosta-3> (In Russ.)
13. Becker G.S. *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education*. Columbia University Press, 1964, pp. 94–144.

14. Benhabib J., Spiegel M.M. The Role of Human Capital in Economic Development: Evidence from Aggregate Cross-Country Data. *Journal of Monetary Economics*, 1994, vol. 34, no. 2, pp. 143–173.
15. Soboleva I.V. *Chelovecheskii potentsial rossiiskoi ekonomiki: problemy sokhraneniya i razvitiya* [Human potential of the Russian economy: Issues of its preservation and development]. Moscow, Nauka Publ., 2007, 201 p.
16. Lesgaft P.F. *Izbrannye trudy* [Selected works]. Moscow, Fizkul'tura i sport Publ., 1987, 359 p.
17. Vikulov S.F., Khrustalev S.Yu. [Economic bases of Russia's military security]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'* = *National Interests: Priorities and Security*, 2014, no. 7, pp. 2–9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/ekonomicheskie-osnovy-voennoy-bezopasnosti-rossii> (In Russ.)
18. Granberg A.G., Shul'bert B.M., Kichedzhi V.N. et al. *Strategii makroregionov Rossii: metodologicheskie podkhody, priority, mekhanizmy realizatsii* [Strategies of the Russian macroregions: Methodological approaches, priorities, implementation mechanisms]. Moscow, Nauka Publ., 2004, 720 p.
19. Perova V.I., Neznakomtseva O.Yu. [Research into the dynamics of social and economic development of the Russian Federation regions]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Ser. Sotsial'nye nauki* = *Vestnik of Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod. Series Social Sciences*, 2016, no. 4, pp. 44–51. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/issledovanie-dinamiki-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-regionov-rossiyskoy-federatsii> (In Russ.)
20. Kendall M.G. *Vremennye ryady* [Time Series]. Moscow, Finansy i Statistika Publ., 1981, 198 p.
21. Shchetinin E.Yu. [On the methods of evaluating the long memory of the financial time series]. *Finansovaya analitika: problemy i resheniya* = *Financial Analytics: Problems and Solutions*, 2010, vol. 3, iss. 13, pp. 39–45. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/o-metodah-otsenivaniya-dlinnoy-pamyati-finansovyh-vremennyh-ryadov> (In Russ.)
22. Ryzhikov Yu.I. *Imitatsionnoe modelirovanie. Teoriya i tekhnologii* [Simulation modeling. Theory and techniques]. Moscow, Al'teks-A Publ., 2004, 384 p.
23. Lazarev V.M., Sviridov A.P. *Neiroseti i neirokomp'yutery: monografiya* [Neural networks and neurocomputers: a monograph]. Moscow, Akademiya Publ., 2011, 131 p.
24. Khrustalev E.Yu., Shramko O.G. [Using the neural network method to forecast investment efficiency]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika* = *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2017, vol. 16, iss. 8, pp. 1438–1454. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/ea.16.8.1438>
25. Osovskii S. *Neironnye seti dlya obrabotki informatsii* [Neural networks for data processing]. Moscow, Finansy i Statistika Publ., 2002, 344 p.
26. Haykin S. *Neironnye seti: polnyi kurs* [Neural Networks: A Comprehensive Foundation]. Moscow, Vil'yams Publ., 2006, 1104 p.
27. Schmidhuber J. Deep Learning in Neural Networks: An Overview. *Neural Networks*, 2015, vol. 61, pp. 85–117. URL: <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2014.09.003>
28. Deboeck G., Kohonen T. *Analiz finansovykh dannykh s pomoshch'yu samoorganizuyushchikhsya kart* [Visual Explorations in Finance with Self-Organizing Maps]. Moscow, Al'pina Publ., 2001, 317 p.

29. Kohonen T. Self-Organized Formation of Topologically Correct Feature Maps. *Biological Cybernetics*, 1982, vol. 43, iss. 1, pp. 59–69. URL: <https://doi.org/10.1007/BF00337288>
30. Kohonen T. The Self-Organizing Map. *Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 1990, vol. 78, iss. 9, pp. 1464–1480. URL: <https://doi.org/10.1109/5.58325>
31. Tavan P., Grubmüller H., Kühnel H. Self-Organization of Associative Memory and Pattern Classification: Recurrent Signal Processing on Topological Feature Maps. *Biological Cybernetics*, 1990, vol. 64, iss. 2, pp. 95–105. URL: <https://doi.org/10.1007/BF02331338>
32. Hajek P., Henriques R., Hajkova V. Visualising Components of Regional Innovation Systems Using Self-Organizing Maps – Evidence from European Regions. *Technological Forecasting and Social Change*, 2014, vol. 84, pp. 197–214. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.07.013>
33. Carboni O.A., Russu P. Assessing Regional Wellbeing in Italy: An Application of Malmquist–DEA and Self-Organizing Map Neural Clustering. *Social Indicators Research*, 2015, vol. 122, iss. 3, pp. 677–700. URL: <https://doi.org/10.1007/s11205-014-0722-7>
34. Gorbunov S.A., Dubrovskii A.V. [The role of physical culture in improving the mental aptitude for learning and professional performance]. *Teoriya i praktika fizicheskoi kul'tury = Theory and Practice of Physical Culture*, 2002, no. 12, pp. 13–15. (In Russ.)

#### **Conflict-of-interest notification**

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.