

**НЕЙРОСЕТЕВОЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ИНВЕСТИЦИЙ В ОСНОВНОЙ КАПИТАЛ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ\*****Юрий Алексеевич КУЗНЕЦОВ<sup>а</sup>, Валентина Ивановна ПЕРОВА<sup>б, \*</sup>, Елена Ивановна ЛАСТОЧКИНА<sup>с</sup>**

<sup>а</sup> доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой математического моделирования экономических процессов Института экономики и предпринимательства, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Российская Федерация  
Kuznetsov\_YuA@iee.unn.ru

<sup>б</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

<sup>с</sup> студентка магистратуры Института экономики и предпринимательства по направлению «Бизнес и информатика», Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Российская Федерация  
mmp@iee.unn.ru

\* Ответственный автор

**История статьи:**

Получена 27.01.2017

Получена в доработанном виде  
10.02.2017

Одобрена 27.02.2017

Доступна онлайн 14.07.2017

**УДК** 330. 322:519.86**JEL:** C15, C45, E22, R11**Аннотация****Предмет.** Динамика и особенности инвестиционной деятельности регионов Российской Федерации.**Цели.** Анализ и характеристика особенностей динамики инвестиций в основной капитал регионов Российской Федерации в интересах обеспечения экономического роста страны, социально-экономического развития территорий и повышения благосостояния населения.**Методология.** Динамика активности регионов Российской Федерации в области инвестиций за 2012–2014 гг. исследована на основе методологии нейросетевого моделирования с использованием 13 показателей, характеризующих инвестиционную деятельность регионов и определяющих перспективы их социально-экономического развития. В основу исследования положены данные Росстата об инвестициях в основной капитал по видам экономической деятельности в регионах страны. В качестве инструмента в работе применены реализованные в системе STATISTICA самоорганизующиеся карты Кохонена – нейронные сети, обучаемые без учителя.**Результаты.** Выявлен ряд особенностей динамики инвестиционной деятельности регионов Российской Федерации. По уровню инвестиций в основной капитал регионы распределились на пять групп (кластеров). Определено, что за рассматриваемый период во всех кластерах сформировались ядра с постоянным составом. Самыми многочисленными являются ядра кластеров, в которые вошли регионы с показателями инвестиционной активности ниже, чем средние значения по Российской Федерации. В то же время кластеры с регионами-лидерами оказались самыми малочисленными. При этом инвестиции в добычу полезных ископаемых занимают лидирующую позицию.**Выводы.** В регионах Российской Федерации наблюдается неравномерный характер инвестиционной деятельности, поэтому необходимо принятие комплексных мер, способствующих изменению структуры привлекаемых инвестиций и стимулированию инвестиционной активности во всех регионах страны, особенно в регионах, где показатели инвестиционной активности ниже, чем средние значения по стране.**Ключевые слова:** динамика инвестиций, регионы, кластерный анализ, нейронные сети, STATISTICA

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2017

**Для цитирования:** Кузнецов Ю.А., Перова В.И., Ласточкина Е.И. Нейросетевой анализ динамики инвестиций в основной капитал регионов Российской Федерации // Региональная экономика: теория и практика. – 2017. – Т. 15, № 7. – С. 1327 – 1343.  
<https://doi.org/10.24891/re.15.7.1327>

**Введение**

Одной из основных задач реальной

экономической политики является обеспечение устойчивого экономического роста как Российской

\* Статья подготовлена Информационным центром Издательского дома «ФИНАНСЫ и КРЕДИТ» при Национальном исследовательском Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского.

Авторы выражают благодарность и глубокую признательность доктору экономических наук, профессору Николаю Петровичу ЛЮБУШИНУ за ряд полезных советов, учтенных при окончательном редактировании статьи.

Федерации в целом, так и отдельных ее регионов. Важная роль в достижении высоких темпов экономического роста принадлежит активной инвестиционной деятельности, которая призвана обеспечить высокий уровень благосостояния населения и конкурентоспособность регионов России<sup>1</sup>.

Современный этап развития Российской Федерации характеризуется экспортно-сырьевой стратегией развития, весьма скромными размерами инвестиций на научные исследования и относительно низким удельным весом высокотехнологичных секторов экономики. Строительство новых объектов, ремонт и модернизация оборудования, приобретение транспорта, инвентаря и инструмента, покупка недвижимости и другие необходимые действия для развития того или иного экономического субъекта зависят от инвестиций в основной капитал<sup>2</sup>, что отражено, например, в работах О.А. Доничева, О.Г. Молчановой и И.В., Тожокина<sup>3</sup>, П.Б. Болдыревского и Л.А. Кистановой<sup>4</sup> и др. Увеличение инвестиций в основной капитал будет способствовать более гибкому регулированию уровня цен на выпускаемую продукцию, увеличению прибыли, структурированию и обновлению производства, повышению его конкурентоспособности, а также эффективности функционирования сельского хозяйства<sup>5</sup> и повышению уровня жизни населения России.

Важной характеристикой являются показатели инвестиций, привлекаемых в развитие образования. Совокупность накопленных профессиональных знаний, умений и навыков, получаемых в процессе образования, является составной частью человеческого капитала (см., например, Ю.А. Кузнецов<sup>6</sup>). Человеческий капитал является одним из важнейших внутренних

факторов экономического потенциала страны (И.В. Соболева, Ю.А. Кузнецов, О.В. Мичасова, А.Ю. Умилина, К. Lajili, С.А. Ибага [1–6]). Следует отметить, что на инвестиционный климат, который представляет собой набор экономических, политических, правовых и социальных факторов, характерных для данного региона, негативное влияние могут оказывать:

- утечка российского инвестиционного капитала за рубеж;
- высокий уровень коррумпированности процесса ведения бизнеса;
- экономическая преступность;
- неэффективное правоприменение и высокий уровень монополизма.

Данные проблемы решаются на государственном уровне. Для улучшения инвестиционного климата и повышения активизации экономической деятельности в регионах в краткосрочном периоде могут служить такие факторы, как:

- снятие квот в отношении найма высококвалифицированных зарубежных специалистов;
- оптимизация механизмов администрирования расходов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы;
- введение облегченного порядка таможенного оформления для предприятий, которые производят высокотехнологичные товары и др.

В целях поиска путей эффективного комплекса мер по привлечению инвестиций в регионы Российской Федерации требуется проведение исследования динамики и научного анализа инвестиционной деятельности.

При исследовании экономических процессов для анализа инвестиционной деятельности необходимо использовать перспективные информационные технологии, которые позволяют выявить и учесть закономерности инвестиционной деятельности регионов. К их числу относятся, в частности, методы нейросетевого моделирования, представленные в работах С. Хайкина [7], Д.-Э. Бэстенса, В.-М. ван ден Берга, Д. Вуда [8], В.В. Круглова, В.В. Борисова [9], С. Осовского [10] и Г. Дебока, Т. Кохонена [11]. Эти методы зарекомендовали себя как эффективное средство анализа больших объемов разнородных статистических данных при наличии и линейных, и нелинейных зависимостей. Отметим, что нейросетевой подход свободен от модельных

<sup>1</sup> О долгосрочной государственной экономической политике: Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2012 № 596.

<sup>2</sup> Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений: Федеральный закон от 25.02.1999 № 39-ФЗ.

<sup>3</sup> Доничев О.А., Молчанова О.Г., Тожокин И.В. Оценка эффективности инвестиционных вложений в создание социально-экономического кластера в регионе // Региональная экономика: теория и практика. 2015. № 5. С. 2–12.

<sup>4</sup> Болдыревский П.Б., Кистанова Л.А. Анализ инновационно-инвестиционной деятельности предприятий сельскохозяйственного машиностроения России // Экономический анализ: теория и практика. 2016. № 2. С. 159–168.

<sup>5</sup> О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства: Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2016 № 350.

<sup>6</sup> Кузнецов Ю.А. Человеческий капитал, производительность труда и экономический рост. Ч. I // Экономический анализ: теория и практика. 2012. № 43. С. 2–17; Кузнецов Ю.А. Человеческий капитал, производительность труда и экономический рост. Ч. II // Экономический анализ: теория и практика. 2012. № 44. С. 2–14.

ограничений. Существует множество искусственных сетей разных типов, различающихся способами объединения нейронов между собой и организацией их взаимодействия. Успешное применение нейросетевых технологий в финансово-экономических исследованиях представлено, например, в работах [12–20].

В настоящее время для реализации нейросетевых концепций существуют специализированные программные продукты (В.С. Растунков и др. [13], В.С. Медведев и В.Г. Потемкин [14]). В нашей работе инструментом для проведения исследований являются самоорганизующиеся карты Кохонена, представленные в работах Г. Дебока и Т. Кохонена [11, 15–17], и достаточно подробно описанные в учебно-методической литературе<sup>7</sup>. Самоорганизующиеся карты Кохонена (СОК) имеют принципиальное отличие от других типов нейронных сетей (S. Rende, M. Donduran [18], O.A. Carboni, P. Russu [19]). Они рассчитаны на самостоятельное обучение (в процессе обучения им не нужно сообщать правильные ответы). При обучении таких нейронных сетей применяются различные алгоритмы (например, алгоритм, основанный на соревновательном обучении без учителя (Т. Kohonen [15]), алгоритм нейронного газа (М. Martinetz, S. Berkovich, K. Schulten [20] и т.д.) Алгоритмы самоорганизующихся карт Кохонена обеспечивают отображение из пространства входных данных большой размерности (в статье – это пространство размерности равно 13) в элементы выходного слоя с сохранением топологии. Выходной слой нейронов обычно имеет размерность 2 и называется слоем топологической карты. При отображении с сохранением топологии векторы входных данных распределяются самоорганизующимися картами Кохонена по нейронам так, что точки многомерного пространства, которые расположены близко друг к другу, отображаются как близко расположенные нейроны топологической карты. Поэтому такие карты являются эффективным средством кластеризации и визуального представления данных большой размерности (Г. Дебок и Т. Кохонен [11]).

### Некоторые сведения о терминологии

В статье используются следующие понятия, основанные на официальной статистической

методологии определения инвестиций в основной капитал на региональном уровне<sup>8</sup>.

**Инвестиции** – ценные бумаги, денежные средства и иное имущество, которые вкладываются в объекты предпринимательской и (или) иной деятельности в целях получения прибыли.

**Инвестиционная деятельность** – вложения инвестиций и практические действия в целях получения прибыли, либо достижения другого полезного эффекта.

**Основные фонды** (основные средства) – это нефинансовые произведенные активы (часть имущества), которые используются организацией постоянно или неоднократно более 12 мес. при производстве продукции, а также в управленческих целях.

**Капитальные вложения** – инвестиции в основной капитал (основные средства), в числе которых затраты на:

- строительство зданий и сооружений;
- техническое перевооружение и реконструкцию действующих предприятий;
- приобретение оборудования, производственного и хозяйственного инвентаря;
- проектно-изыскательские работы.

Инвестиции в основной капитал распределяются по видам экономической деятельности в соответствии с Общероссийским классификатором видов экономической деятельности (ОКВЭД), исходя из назначения основных фондов, то есть той сферы экономической деятельности, в которой они будут функционировать.

### Анализ результатов нейросетевого моделирования динамики инвестиционной деятельности регионов Российской Федерации

В работе исследована динамика инвестиций в основной капитал по видам экономической деятельности в регионах Российской Федерации за период с 2012 по 2014 г. на основе показателей, представленных на сайте Федеральной службы государственной статистики в ценах 2014 г. с учетом инфляции<sup>9</sup>:

- $X_1$  – добыча полезных ископаемых, млн руб.;

<sup>7</sup> Балабанов А.С., Стронгина Н.Р. Анализ данных в экономических приложениях. Нижний Новгород: ННГУ, 2004. 135 с.; Перова В.И. Нейронные сети в экономических приложениях. Часть 2. Нейронные сети, обучаемые без учителя. Нижний Новгород: ННГУ, 2012. 135 с.; Перова В.И. Нейронные сети. Часть 2. Нижний Новгород: ННГУ, 2012. 111 с.

<sup>8</sup> Официальная статистическая методология определения инвестиций в основной капитал на региональном уровне: утверждена приказом Росстата от 18.09.2014 № 569.

<sup>9</sup> Уровень инфляции в Российской Федерации. URL: <http://уровень-инфляции.рф>

- $X_2$  – сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство, млн руб.;
- $X_3$  – обрабатывающие производства, млн руб.;
- $X_4$  – производство и распределение электроэнергии, газа и воды, млн руб.;
- $X_5$  – строительство, млн руб.;
- $X_6$  – оптовая и розничная торговля, млн руб.;
- $X_7$  – гостиницы и рестораны, млн руб.;
- $X_8$  – транспорт и связь, млн руб.;
- $X_9$  – финансовая деятельность, млн руб.;
- $X_{10}$  – операции с недвижимым имуществом, аренда и услуги, млн руб.;
- $X_{11}$  – государственное управление, обеспечение военной безопасности, млн руб.;
- $X_{12}$  – образование, млн руб.;
- $X_{13}$  – здравоохранение и предоставление социальных услуг, млн руб.

Исследования проведены с применением методологии нейросетевого моделирования – самоорганизующихся карт Кохонена, реализованных в системе STATISTICA Neural Networks, которые позволяют провести кластеризацию данных.

Определено, что 82 региона Российской Федерации распределились по следующим кластерам:

- кластер № 1 образовали регионы, имеющие высокие значения всех перечисленных показателей;
- кластер № 2 составили регионы преимущественно с показателями выше средних значений по Российской Федерации;
- кластер № 3 образовали регионы, показатели которых находятся на уровне общих средних по Российской Федерации;
- кластер № 4 составили регионы с показателями ниже, чем в кластере № 3 и выше, чем в кластере № 5.

Динамика количества регионов Российской Федерации в кластерах представлена в *табл. 1*. Анализ данных, приведенных в этой таблице, показывает, что самыми многочисленными являются кластеры № 4 и 5, а самыми малочисленными – кластеры № 1 и 2. Количество

регионов на протяжении всего рассматриваемого периода незначительно изменилось в кластерах со значениями показателей на уровне средних и выше показателей по Российской Федерации (кластеры № 1 – 3), за исключением 2014 г. Существенные изменения в 2014 г. произошли в кластерах № 2 и 3 за счет уменьшения кластеров № 4 и 5 – кластеров с низкой инвестиционной активностью регионов. Подробные сведения о принадлежности регионов Российской Федерации к тому или иному кластеру приведены в *табл. 2*. Анализ данных, представленных в этой таблице, показывает, что на протяжении 2012–2014 гг. во всех кластерах наблюдается образование ядер с постоянным составом:

- ядро кластера № 1 составляют Москва и Санкт-Петербург, Московская область и Краснодарский край;
- ядро кластера № 2 – Республика Татарстан;
- ядро кластера № 3 – Чеченская Республика и Хабаровский край.

Самые многочисленные ядра с постоянным составом образовались в кластерах № 4 и 5.

Ядром кластера № 4 являются 16 регионов, среди которых:

- шесть регионов Приволжского федерального округа – Кировская, Оренбургская, Саратовская, Ульяновская области, Республика Мордовия, Удмуртская Республика;
- шесть регионов Центрального федерального округа – Владимирская, Калужская, Орловская, Рязанская, Тульская, Ярославская области;
- два региона Северо-Западного федерального округа – Вологодская и Калининградская области;
- регион Южного федерального округа – Волгоградская область;
- регион Сибирского федерального округа – Омская область.

В ядро кластера № 5 вошли 15 регионов, среди которых:

- пять регионов Центрального федерального округа – Белгородская, Ивановская, Костромская, Курская, Тамбовская области;
- два региона Северо-Западного федерального округа – Республика Карелия и Псковская область;

- два региона Южного федерального округа – Республика Адыгея и Республика Калмыкия;
- два региона Северо-Кавказского федерального округа – Республика Ингушетия и Карачаево-Черкесская Республика;
- регион Уральского федерального округа – Курганская область;
- два региона Сибирского федерального округа – Республика Тыва и Республика Хакасия;
- регион Дальневосточного федерального округа – Еврейская автономная область.

Семь регионов (Амурская, Новгородская, Сахалинская, Смоленская, Тюменская области, Республика Саха (Якутия) и Красноярский край) ухудшили свои позиции в 2014 г., перейдя в кластеры, характеризующиеся более низкими показателями инвестиционной активности, чем в предыдущие годы.

Архангельская, Ленинградская, Магаданская, Мурманская, Ростовская, Тверская, Томская, Челябинская области, Кабардино-Балкарская Республика, Республика Северная Осетия – Алания, Республика Башкортостан, Республика Алтай, Алтайский край, Камчатский край и Чукотский автономный округ улучшили свои позиции в 2014 г., перейдя в кластеры с более высокими показателями инвестиционной деятельности, чем в предыдущие годы.

Средние значения показателей инвестиционной деятельности и общих средних по Российской Федерации за 2012–2014 гг. приведены в *табл. 3–4*. Анализ данных, представленных в этих таблицах, показывает, что по сравнению с 2012 г. среднее общее значение по всем регионам Российской Федерации в 2014 г. увеличилось для ряда показателей:

- «Добыча полезных ископаемых»;
- «Обрабатывающие производства»;
- «Оптовая и розничная торговля»;
- «Гостиницы и рестораны»;
- «Финансовая деятельность»;
- «Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг».

Наглядное представление о динамике средних значений некоторых показателей инвестиций в основной капитал по видам экономической деятельности регионов за 2012–2014 гг.

и соответствующих общих средних по стране показателей дают графики (*рис. 1–4*). Анализ данных, представленных на *рис. 1*, показывает, что средние значения показателя  $X1$  – добыча полезных ископаемых в кластерах № 1 и 2 в течение всего рассматриваемого периода превышает общее среднее значение соответствующего показателя по Российской Федерации, например, в кластере № 1 превышает более чем в 5 раз. В противоположность этому средние значения данного показателя в кластерах № 4 и 5 в течение всего рассматриваемого периода ниже общего среднего значения по стране.

В кластере № 3 среднее значение этого показателя практически совпадает с соответствующим общим средним значением по Российской Федерации.

Кластер № 1 в 2014 г. по сравнению с 2013 г. ухудшил свои показатели по добыче полезных ископаемых (*рис. 1*), однако улучшил более чем в 2 раза – по обрабатывающим производствам (*рис. 2*).

Отметим, что среднее значение показателя  $X3$  – обрабатывающие производства в кластерах № 1 и 2 за исследуемый период значительно варьируются (*рис. 2*). При этом общее среднее значение данного показателя по Российской Федерации демонстрирует положительную динамику.

Из анализа данных, представленных на *рис. 3*, следует, что среднее значение по Российской Федерации показателя  $X12$  – образование – за весь исследуемый период практически оставалось на одном и том же уровне, причем инвестиции в образование по сравнению с такими показателями, как инвестиции в добычу полезных ископаемых (*рис. 1*) и обрабатывающие производства (*рис. 2*), значительно меньше.

Лидерами по показателю  $X12$  – образование – являются регионы в кластерах № 1 и 2. Среднее значение данного показателя в этих кластерах превышает общее среднее значение по Российской Федерации. В противоположность этому показатель образования в регионах, вошедших в кластеры № 3 и 4, в течение всего рассматриваемого периода был ниже, чем соответствующий средний показатель по стране.

Динамику показателя инвестиций в здравоохранение и предоставление социальных услуг (показатель  $X13$ ) по кластерам регионов России в 2012–2014 гг. демонстрируют данные, представленные на *рис. 4*, которые свидетельствуют о снижении этого показателя.

Лидером по инвестициям в здравоохранение и предоставление социальных услуг являются субъекты, вошедшие в кластеры № 1 и 2. Среднее значение показателя  $X_{13}$  в кластере № 3 в 2012 г. было выше, а с 2013 г. – ниже общих средних по Российской Федерации данных. При этом следует отметить, что значение исследуемого показателя, так же как и показателя инвестиций в образование, в разы меньше по сравнению с инвестициями в добычу полезных ископаемых и обрабатывающие производства.

### Заключение

Применение методов нейросетевого моделирования в ходе анализа динамики инвестиционной деятельности регионов Российской Федерации позволило выявить ее неравномерный характер и установить присутствие заметных различий в размерах кластеров и в тенденциях их изменения. Более 50 регионов от общего числа вошли в состав кластеров с низкими значениями показателей инвестиционной деятельности. В период с 2012 по 2014 г. самыми многочисленными являлись кластеры № 4 и 5. Практически не наблюдалась тенденция к росту в кластере № 1, включающем в себя регионы с наиболее высокими показателями инвестиционной деятельности. Ядро кластера с очень высокими показателями инвестиций в основной капитал составили Москва и Санкт-Петербург, Московская область и Краснодарский край. По численности лидирующая группа меньше отставшей в 4 раза.

Если говорить о структуре инвестиций в основной капитал по видам экономической деятельности, то инвестиции в добычу полезных ископаемых занимают лидирующую позицию. Поэтому важной является задача изменения структуры привлекаемых инвестиций в область высоких технологий<sup>10</sup>.

Для этого необходимо принятие комплекса мер, среди которых следует отметить следующие:

- финансовое обеспечение региональных инвестиционных проектов со стороны государства и частных инвесторов для модернизации и развития существующих основных фондов и создания новых высокотехнологичных предприятий;
- повышение инвестиционной привлекательности территорий;
- использование передового опыта инвестиционной деятельности регионов-лидеров;
- снижение административных барьеров в регионах.

В контексте проведенного в статье исследования значительный интерес представляет деятельность региональных властей по улучшению инвестиционного климата в субъектах Российской Федерации. Оценку этим усилиям регионов дает Национальный рейтинг состояния инвестиционного климата в субъектах страны<sup>11</sup>. Его данные свидетельствуют о том, что во многих регионах, относящихся к кластерам № 4 и 5, в настоящее время осуществляется достаточно активная работа по созданию благоприятных условий ведения бизнеса и повышению эффективности работы региональных управленческих команд, что находит свое отражение в улучшении позиций этих регионов в рейтинге инвестиционного климата.

Полученные в работе результаты могут стать опорой для повышения качества и обоснованности принимаемых управленческих решений и применяться для выявления регионов, которые требуют специальных государственных мероприятий и поддержки.

<sup>10</sup> Концепция долгосрочного экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17.11.2008 № 1662-р.

<sup>11</sup> Национальный рейтинг состояния инвестиционного климата в субъектах РФ. URL: <https://asi.ru/investclimate/rating/>

**Таблица 1****Динамика количества регионов в кластерах****Table 1****Change in the number of regions in clusters**

Год	Кластер				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
2012	6	7	12	33	24
2013	7	5	10	29	31
2014	6	11	14	25	26

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 2****Динамика распределения регионов Российской Федерации по кластерам за период 2012–2014 гг.****Table 2****Change in the distribution of regions of the Russian Federation by cluster for 2012–2014**

Регион	Номера кластеров		
	2012	2013	2014
Белгородская область	5	5	5
Брянская область	4	5	5
Владимирская область	4	4	4
Воронежская область	5	5	4
Ивановская область	5	5	5
Калужская область	4	4	4
Костромская область	5	5	5
Курская область	5	5	5
Липецкая область	4	5	5
Московская область	1	1	1
Орловская область	4	4	4
Рязанская область	4	4	4
Смоленская область	4	4	5
Тамбовская область	5	5	5
Тверская область	4	4	3
Тульская область	4	4	4
Ярославская область	4	4	4
Москва	1	1	1
Республика Карелия	5	5	5
Республика Коми	2	3	3
Архангельская область	3	3	2
Вологодская область	4	4	4
Калининградская область	4	4	4
Ленинградская область	4	4	2
Мурманская область	5	3	2
Новгородская область	4	4	5
Псковская область	5	5	5
Санкт-Петербург	1	1	1
Республика Адыгея	5	5	5
Республика Калмыкия	5	5	5
Краснодарский край	1	1	1
Астраханская область	3	5	3
Волгоградская область	4	4	4
Ростовская область	4	4	2
Республика Дагестан	3	4	3
Республика Ингушетия	5	5	5
Кабардино-Балкарская Республика	5	5	4
Карачаево-Черкесская Республика	5	5	5
Республика Северная Осетия – Алания	5	5	3
Чеченская Республика	3	3	3
Ставропольский край	3	5	4
Республика Башкортостан	3	4	2
Республика Марий Эл	4	5	5
Республика Мордовия	4	4	4
Республика Татарстан	2	2	2

Удмуртская Республика	4	4	4
Чувашская Республика	4	5	4
Пермский край	4	3	4
Кировская область	4	4	4
Нижегородская область	3	2	3
Оренбургская область	4	4	4
Пензенская область	4	5	5
Самарская область	3	2	4
Саратовская область	4	4	4
Ульяновская область	4	4	4
Курганская область	5	5	5
Свердловская область	4	2	2
Ханты-Мансийский автономный округ	2	1	1
Ямало-Ненецкий автономный округ	2	1	4
Тюменская область	1	1	5
Республика Алтай	5	5	3
Республика Бурятия	5	3	5
Республика Тыва	5	5	5
Республика Хакасия	5	5	5
Алтайский край	4	5	3
Забайкальский край	2	3	2
Красноярский край	2	2	3
Иркутская область	4	3	3
Кемеровская область	4	4	3
Новосибирская область	3	5	4
Омская область	4	4	4
Томская область	4	4	3
Республика Саха (Якутия)	2	4	5
Камчатский край	5	5	2
Приморский край	1	4	2
Хабаровский край	3	3	3
Амурская область	3	4	5
Магаданская область	5	5	3
Сахалинская область	3	3	5
Еврейская автономная область	5	5	5
Чукотский автономный округ	5	5	2
Челябинская область	4	4	2

Источник: авторская разработка

Source: Authoring



Таблица 3

Статистика средних значений показателей X1 – X7 инвестиционной деятельности в кластерах и во всех регионах Российской Федерации

Table 3

Statistics of the average values of investment activity X1 – X7 indicators in clusters and all regions of the Russian Federation

Год	Номер кластера, M	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
2012	1	172 773,11	7 205,76	57 995,07	72 392,94	14 698,98	27 302,66	3 907,8
	2	183 003,36	3 872,19	31 537,03	31 497,24	10 254,96	2 395,4	557
	3	24 248,89	4 651,7	22 888,3	13 175,76	2 999,2	2 324,84	275,07
	4	10 884,18	3 249,1	24 644,97	13 392,25	1 205,37	2 357,16	170,35
	5	4 709,2	3 554,8	4 337,13	7 134,73	653,93	857,81	78,39
	M <sub>2012</sub>	37 571,31	4 245,74	21 472,73	17 391,77	3 066,34	3 742,14	465,23
2013	1	28 3671,83	7 397,93	57 746,4	54 956,78	21 393,71	23 113,44	9 657,89
	2	42 756,86	5 209,61	98 546,05	36 121,93	3 077,7	5 853,79	1 006,69
	3	35 535,2	5 101	21 662,06	7 221,93	2 877,83	1 029,76	118,02
	4	11 191,88	1 362,28	17 642,73	13 346,43	1 678,51	2 777,96	192,98
	5	3 865,58	4 022,77	6 271,37	6 353,32	885,29	1 275,34	161,48
	M <sub>2013</sub>	37 016,4	4 413,06	23 121,89	14 896,66	3 293,22	3 920,21	1 029,52
2014	1	264 681,42	6 781,42	146 622,26	51 175,38	17 227,08	27 702,66	11 535,99
	2	69 540,35	4 513,19	44 993,24	24 695,7	5 639,89	3 489,19	871,19
	3	31 450,12	4 366,21	29 739,53	11 281,84	2 536,91	1 915,06	254,12
	4	8 839,18	4 298,83	6 094,79	12 224,7	1 106,88	2 433,07	153,28
	5	2 656,7	1 361,51	4 723,84	4 253,37	356,92	923,53	121,17
	M <sub>2014</sub>	37 602,29	4 029,11	28 369,44	14 059,22	2 900,85	3 856,66	1 089,5

Примечание. M<sub>γ\*</sub> – средние общие значения по всем регионам в γ-м году.

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 4

Статистика средних значений показателей X8 – X13 инвестиционной деятельности в кластерах и во всех регионах Российской Федерации

Table 4

Statistics of the average values of investment activity X8 – X13 indicators in clusters and all regions of the Russian Federation

Год	Номер кластера, $M_Y^*$	X8	X9	X10	X11	X12	X13
2012	1	178 874,29	22 338,28	84 569,23	13 600,67	13 669,2	12 779,89
	2	77 356,23	2 348,17	21 547,7	3 290,98	6 139,61	5 464,06
	3	35 231,58	2 480,81	10 267,55	5 227,65	3 070,36	4 290,69
	4	24 843,65	1 398,79	8 164,48	1 682,62	2 197,05	3 083,65
	5	7 026,66	503,83	2 667,84	1 424,72	1 051,76	1 387,4
	$M_{2012}$	36 902,42	2 908,4	13 596,53	3 135,28	3 165,62	3 676,52
2013	1	191 260,31	14 097,54	70 067,6	11 013,98	10 408,7	9 014,4
	2	42 771,24	3 833,86	30 523	4 846,5	6 528,24	6 194,47
	3	29 522,46	2 077,23	8 746,4	6 118,2	2 417,57	2 541,8
	4	20 392,27	1 107,03	8 803,29	1 661,08	2 528,05	2 476,65
	5	9 175,02	866,37	4 476,16	1 285,58	1 466,38	1 343,11
	$M_{2013}$	33 215,9	2 409,59	13 714,73	3 055,33	3 029,86	2 840,86
2014	1	168 838,8	42 370,19	96 959,72	10 026,63	11 870,57	9 320,83
	2	34 737,16	1 760,61	20 651,51	7 058,42	4 995,39	4 072,57
	3	25 453,39	1 036,04	8 762,26	2 506,21	2 761,02	1 807,03
	4	13 535,51	867,09	9 248,76	1 707,22	2 288	1 469,76
	5	6 098,98	390,35	3 360,92	900,86	925,67	990,12
	$M_{2014}$	27 420,13	3 901,45	15 246,33	2 914,54	3 001,15	2 298,89

Примечание.  $M_Y^*$  – средние общие значения по всем регионам в Y-м году.

Источник: авторская разработка

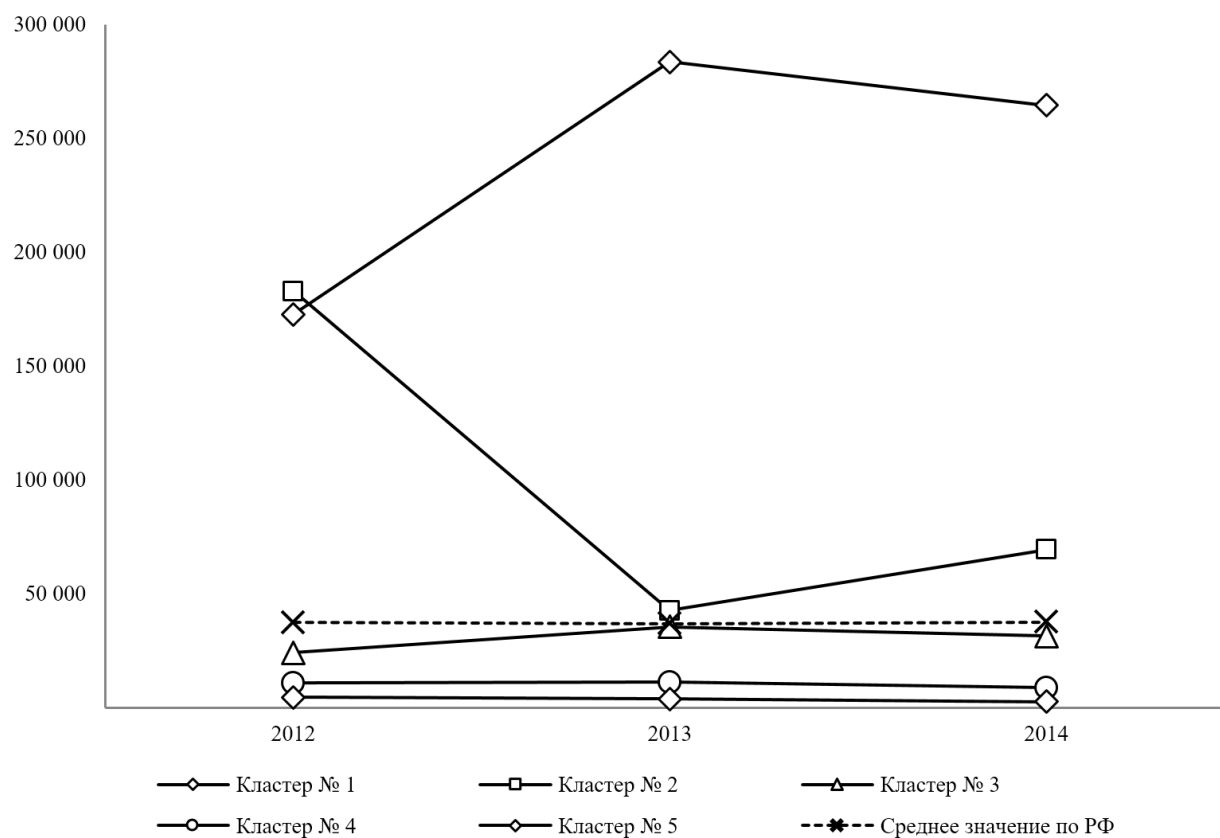
Source: Authoring

**Рисунок 1**

**Динамика инвестиций в основной капитал по виду экономической деятельности «Добыча полезных ископаемых» в 2012–2014 гг., млн руб.**

**Figure 1**

**Change in the fixed capital investment by economic activity *Mining* in 2012–2014, million RUB**



Источник: авторская разработка

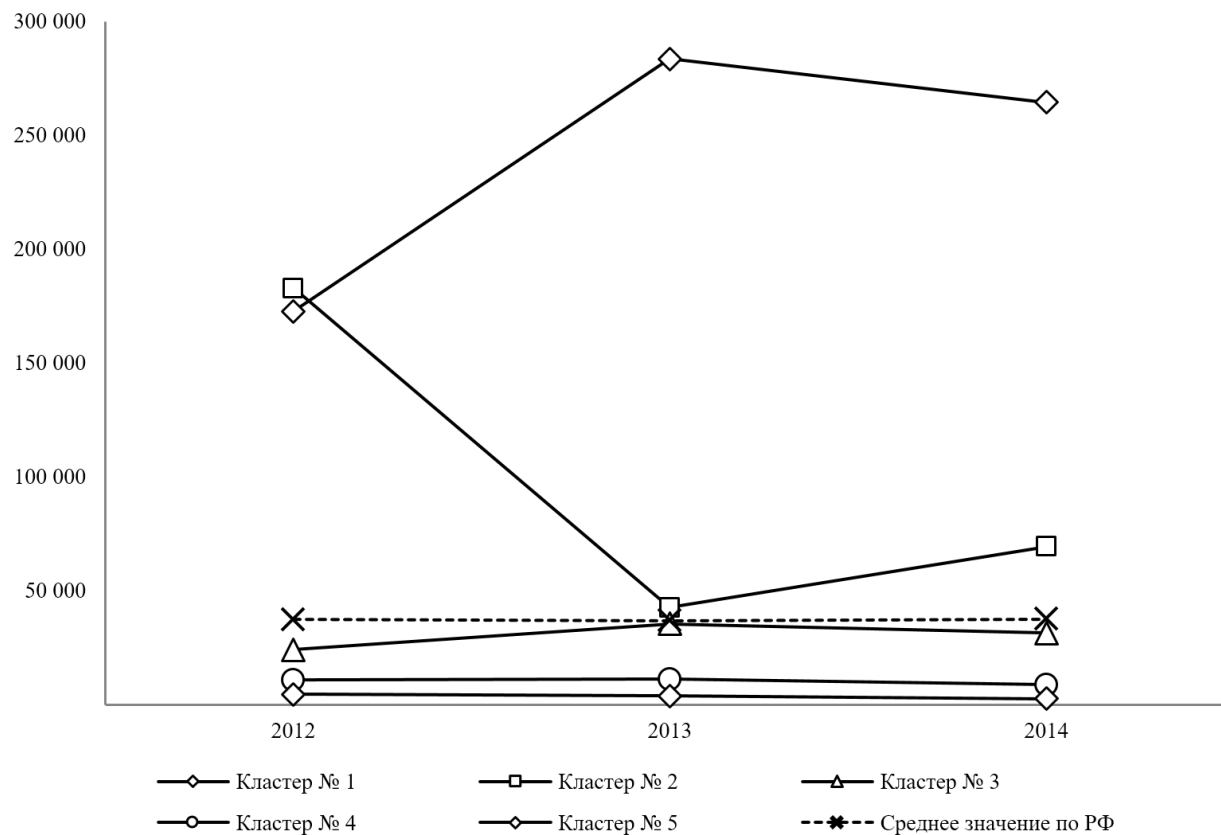
Source: Authoring

**Рисунок 2**

**Динамика инвестиций в основной капитал по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» в 2012–2014 гг., млн руб.**

**Figure 2**

**Change in the fixed capital investment by economic activity *Manufacturing* in 2012–2014, million RUB**



Источник: авторская разработка

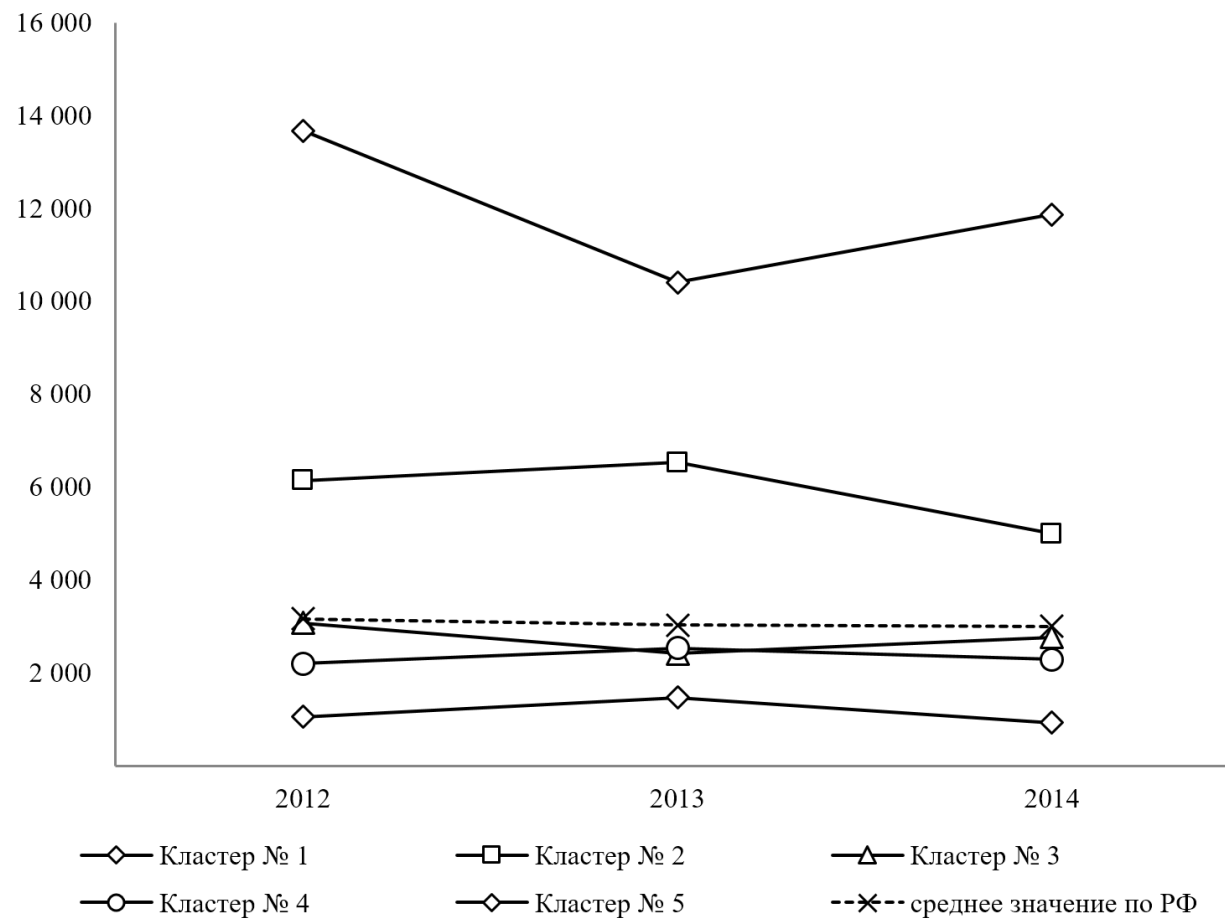
Source: Authoring

**Рисунок 3**

Динамика инвестиций в основной капитал по виду экономической деятельности «Образование» в 2012–2014 гг., млн руб.

**Figure 3**

Change in the fixed capital investment by economic activity *Education* in 2012–2014, million RUB



Источник: авторская разработка

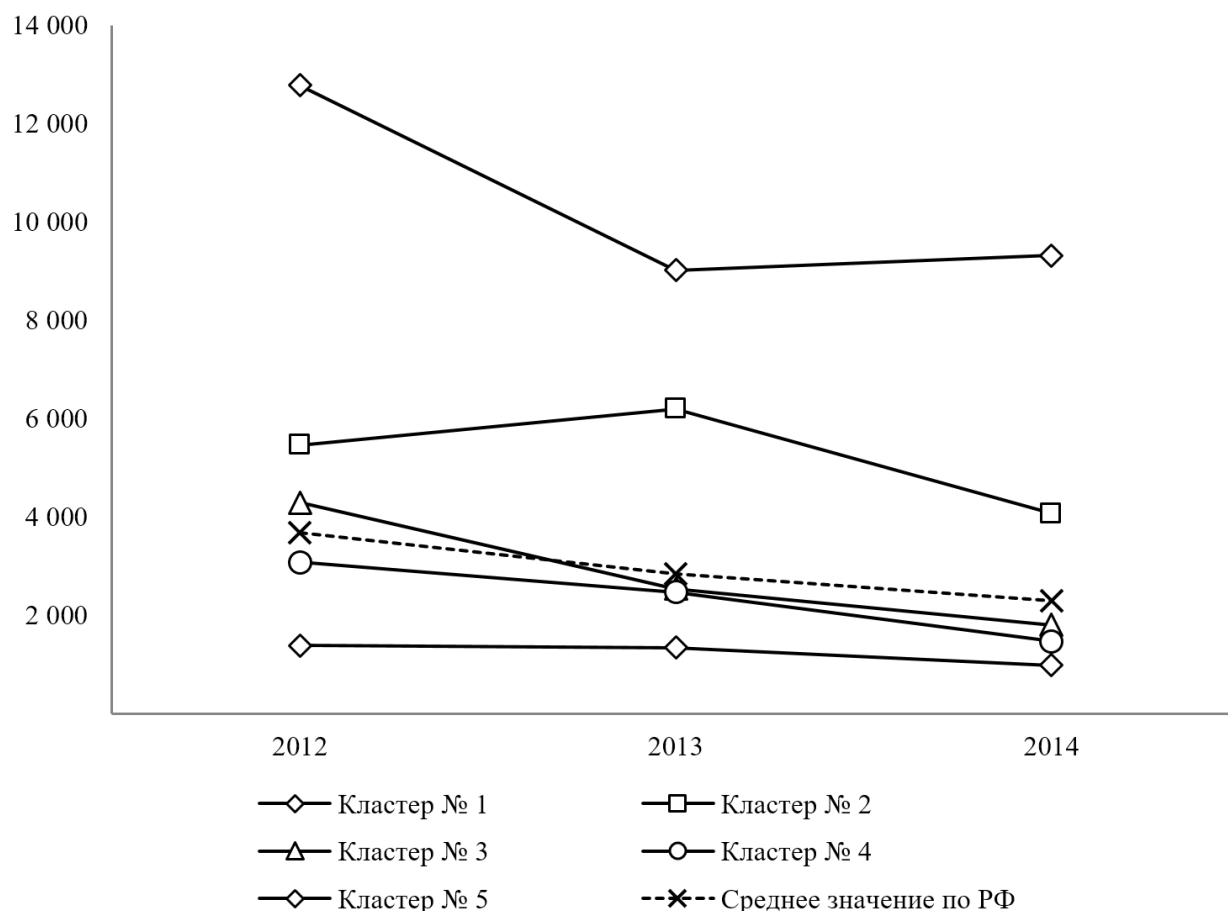
Source: Authoring

**Рисунок 4**

Динамика инвестиций в основной капитал по виду экономической деятельности «Здравоохранение и предоставление социальных услуг» в 2012–2014 гг., млн руб.

**Figure 4**

Change in the fixed capital investment by economic activity *Health and Social Services* in 2012–2014, million RUB



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Список литературы**

1. *Соболева И.В.* Парадоксы измерения человеческого капитала // *Вопросы экономики*. 2009. № 9. С. 51–70.
2. *Soboleva I.* Paradoxes of the Measurement of Human Capital. *Problems of Economic Transition*, 2010, vol. 52, no. 11, pp. 43–70.
3. *Кузнецов Ю.А., Мичасова О.В.* Формализация задачи выявления и анализа основных факторов, определяющих экономический рост в РФ // *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Сер. Социальные науки*. 2015. № 3. С. 9–19. URL: <http://www.vestnik.unn.ru/ru/nomera?anum=9375>
4. *Кузнецов Ю.А., Умилиа А.Ю.* Некоторые особенности развития экономики развивающихся стран и математическая модель экономического роста типа Нельсона – Фелпса // *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Сер. Социальные науки*. 2015. № 4. С. 36–44. URL: <http://www.vestnik-soc.unn.ru/en/nomera?anum=9471>
5. *Lajili K.* Embedding Human Capital into Governance Design: A conceptual framework. *Journal of Management & Governance*, 2015, vol. 19, iss. 4, pp. 741–762. doi: 10.1007/s10997-014-9295-8

6. Ibarra C.A. Investment, Asset Market, and the Relative Unit Labor Cost in Mexico. *Economic Change and Restructuring*, 2016, vol. 49, iss. 4, pp. 339–364. doi: 10.1007/s10644-015-9175-5
7. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. М.: Вильямс, 2006. 1104 с.
8. Бэстенс Д.-Э., ван ден Берг В.-М., Вуд Д. Нейронные сети и финансовые рынки: принятие решений в торговых операциях. М.: ТВП, 1997. 236 с.
9. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. М.: Горячая линия – Телеком, 2002. 382 с.
10. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.
11. Дебок Г., Кохонен Т. Анализ финансовых данных с помощью самоорганизующихся карт. М.: АЛЬПИНА, 2001. 317 с.
12. Игнатъева Е.Д., Мариев О.С. Методология и инструментарий структурно-функционального анализа регионального развития // Экономика региона. 2013. № 1. С. 227–239.
13. Растунков В.С., Петров А.К., Панов В.А. Нейронные сети. Statistica Neural Networks: Методология и технология современного анализа данных. М.: Горячая линия – Телеком, 2008. 392 с.
14. Медведев В.С., Потемкин В.Г. Нейронные сети. MATLAB 6. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. 122 с.
15. Kohonen T. Self-Organized Formation of Topologically Correct Feature Maps. *Biological Cybernetics*, 1982, vol. 43, iss. 1, pp. 59–69. doi: 10.1007/BF00337288
16. Kohonen T. The Self-Organizing Map. *Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 1990, vol. 78, no. 9, pp. 1464–1480. doi: 10.1109/5.58325
17. Kohonen T., Oja E., Simula O., Visa A.J.E., Kangas J. Engineering Applications of the Self-Organizing Map. *Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 1996, vol. 84, iss. 10, pp. 1358–1384. doi: 10.1109/5.537105
18. Rende S., Donduran M. Neighborhoods in Development: Human Development Index and Self-Organizing Maps. *Social Indicators Research*, 2013, vol. 110, iss. 2, pp. 721–734. doi: 10.1007/s11205-011-9955-x
19. 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. doi: 10.1007/s11205-014-0722-7
20. Martinetz T.M., Berkovich S.G., Schulten K.J. “Neural-Gas” Network for Vector Quantization and Its Application to Time-Series Prediction. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 1993, vol. 4, iss. 4, pp. 558–569.

### 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.

## A NEURAL NETWORK ANALYSIS OF THE FIXED CAPITAL INVESTMENT BEHAVIOR OF REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Yurii A. KUZNETSOV<sup>a</sup>, Valentina I. PEROVA<sup>b,\*</sup>, Elena I. LASTOCHKINA<sup>c</sup><sup>a</sup> National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation  
Kuznetsov\_YuA@iee.unn.ru<sup>b</sup> National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation  
perova\_vi@mail.ru<sup>c</sup> National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation  
mmep@iee.unn.ru

\* Corresponding author

**Article history:**Received 27 January 2017  
Received in revised form  
10 February 2017  
Accepted 27 February 2017  
Available online 14 July 2017**JEL classification:** C15, C45,  
E22, R11**Keywords:** investment behavior,  
cluster analysis, neural networks,  
STATISTICA software**Abstract****Subject** The article considers the changes in and characteristics of the investment activities and behavior of the Russian Federation regions.**Objectives** The article aims to analyze and describe the trends and characteristics of fixed capital investment behavior of the Russian Federation regions to ensure the economic growth and socio-economic development of the country and regions.**Methods** We examine the regions' investment activities for the period from 2012 through 2014 using the neural modeling methodology on the basis of thirteen indicators characterizing the investment activities of the regions and defining their socio-economic development prospects. We also apply the Self Organizing Map using the STATISTICA software. Data of the Federal State Statistics Service of Russia on fixed investment by type of economic activity in the regions is the basis of our study.**Results** The paper shows certain characteristics and peculiarities of the investment performance and behavior of the Russian Federation regions.**Conclusions** The cluster analysis of the Russian Federation regions' investment activities shows their uneven nature. The results obtained indicate the need for comprehensive measures to help change the structure of the investments involved and stimulate investment activity in all regions of the Russian Federation.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2017

**Please cite this article as:** Kuznetsov I.A., Perova V.I., Lastochkina E.I. A neural network analysis of the fixed capital investment behavior of regions of the Russian Federation. *Regional Economics: Theory and Practice*, 2017, vol. 15, iss. 7, pp. 1327–1343.  
<https://doi.org/10.24891/re.15.7.1327>**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.

We express our profound gratitude and appreciation to Nikolai P. LYUBUSHIN, Doctor of Economic Sciences, Professor, for valuable consideration of the results presented in the article and a number of helpful comments on the manuscript.

**References**

1. Soboleva I.V. [Paradoxes of human capital measurement]. *Voprosy Ekonomiki*, 2009, no. 9, pp. 51–70. (In Russ.)
2. Soboleva I. Paradoxes of the Measurement of Human Capital. *Problems of Economic Transition*, 2010, vol. 52, no. 11, pp. 43–70.
3. Kuznetsov Yu.A., Michasova O.V. [Formalization of the task of identifying and analyzing the main economic growth determinants in Russia]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Ser. Sotsial'nye nauki = Vestnik of Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod. Ser. Social Sciences*, 2015, no. 3, pp. 9–19. (In Russ.) URL: <http://www.vestnik.unn.ru/ru/nomera?anum=9375>
4. Kuznetsov Yu.A., Umilina A.Yu. [Some features of economic growth in developing countries and a mathematical model of economic growth of the Nelson–Phelps type]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta*



- im. N.I. Lobachevskogo. Ser. Sotsial'nye nauki = Vestnik of Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod. Ser. Social Sciences, 2015, no. 4, pp. 36–44. (In Russ.) URL: <http://www.vestnik-soc.unn.ru/en/nomera?anum=9471>
5. Lajili K. Embedding Human Capital into Governance Design: A conceptual framework. *Journal of Management & Governance*, 2015, vol. 19, iss. 4, pp. 741–762. doi: 10.1007/s10997-014-9295-8
  6. Ibarra C.A. Investment, Asset Market, and the Relative Unit Labor Cost in Mexico. *Economic Change and Restructuring*, 2016, vol. 49, iss. 4, pp. 339–364. doi: 10.1007/s10644-015-9175-5
  7. Haykin S. *Neironnye seti: polnyi kurs* [Neural Networks and Learning Machines]. Moscow, Vil'yams Publ., 2006, 1104 p.
  8. Baestaens D.-E., van den Berg W.-M., Wood D. *Neironnye seti i finansovye rynki: prinyatie reshenii v torgovykh operatsiyakh* [Neural Network Solutions for Trading in Financial Markets]. Moscow, TVP Publ., 1997, 236 p.
  9. Kruglov V.V., Borisov V.V. *Iskusstvennye neironnye seti. Teoriya i praktika* [Artificial neural networks. Theory and practice]. Moscow, Goryachaya liniya – Telekom Publ., 2002, 382 p.
  10. Osovskii S. *Neironnye seti dlya obrabotki informatsii* [Neural networks for information processing]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2002, 344 p.
  11. Deboeck G.J., Kohonen T. *Analiz finansovykh dannykh s pomoshch'yu samoorganizuyushchikhsya kart* [Visual Explorations in Finance: With Self-Organizing Maps (Springer Finance)]. Moscow, AL'PINA Publ., 2001, 317 p.
  12. Ignat'eva E.D., Mariev O.S. [The methodology and tools of structural-functional analysis of regional development]. *Ekonomika regiona = Economy of Region*, 2013, no. 1, pp. 227–239. (In Russ.)
  13. Rastunkov V.S., Petrov A.K., Panov V.A. *Neironnye seti. Statistika Neural Networks: Metodologiya i tekhnologiya sovremennogo analiza dannykh* [Neural networks. STATISTICA Neural Networks: The methodology and technology of modern data analysis]. Moscow, Goryachaya liniya – Telekom Publ., 2008, 392 p.
  14. Medvedev V.S., Potemkin V.G. *Neironnye seti. MATLAB 6* [Neural networks. MATLAB 6]. Moscow, DIALOG-MIFI Publ., 2002, 122 p.
  15. Kohonen T. Self-Organized Formation of Topologically Correct Feature Maps. *Biological Cybernetics*, 1982, vol. 43, iss. 1, pp. 59–69. doi: 10.1007/BF00337288
  16. Kohonen T. The Self-Organizing Map. *Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 1990, vol. 78, no. 9, pp. 1464–1480. doi: 10.1109/5.58325
  17. Kohonen T., Oja E., Simula O., Visa A.J.E., Kangas J. Engineering Applications of the Self-Organizing Map. *Proceedings of Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 1996, vol. 84, iss. 10, pp. 1358–1384. doi: 10.1109/5.537105
  18. Rende S., Donduran M. Neighborhoods in Development: Human Development Index and Self-Organizing Maps. *Social Indicators Research*, 2013, vol. 110, iss. 2, pp. 721–734. doi: 10.1007/s11205-011-9955-x
  19. 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. doi: 10.1007/s11205-014-0722-7
  20. Martinetz T.M., Berkovich S.G., Schulten K.J. “Neural-Gas” Network for Vector Quantization and Its Application to Time-Series Prediction. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 1993, vol. 4, iss. 4, pp. 558–569.

### 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.