

Для цитирования: Романова О. А., Сиротин Д. В. Образ желаемого будущего экономики индустриального региона: тенденции развития и методология оценки // Экономика региона. — 2017. — Т. 13, вып. 3. — С. 746-763

doi 10.17059/2017-3-9
УДК 338.2

О. А. Романова, Д. В. Сиротин

Институт экономики УрО РАН (Екатеринбург, Российская Федерация; e-mail: econ@uran.ru)

ОБРАЗ ЖЕЛАЕМОГО БУДУЩЕГО ЭКОНОМИКИ ИНДУСТРИАЛЬНОГО РЕГИОНА: ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ

В статье подчеркнута, что в решении задачи повышения технологической независимости России существенная роль принадлежит индустриальным регионам. Показано, что снижение доли обрабатывающих производств в структуре ВРП не может трактоваться как негативная деиндустриализация экономики. Обосновано, что возрастание скорости происходящих изменений, повышение неустойчивости социально-экономических систем, многообразные риски определяют необходимость разработки новых методологических подходов к проведению прогнозных исследований. Подчеркнута высокая значимость исследований, связанных с разработкой технологии проектирования желаемого образа будущего и методологией его оценки. В качестве начального этапа данных исследований предложен методологический подход к оценке образа желаемого будущего одной из важнейших отраслей специализации индустриального региона — металлургии. Предложено понятие «технологический образ металлургического комплекса региона». Показано, что процесс перепозиционирования образа регионального металлургического комплекса от настоящего до желаемого будущего достаточно длительный, что предопределило необходимость выделения этапов перепозиционирования. Предложенная методология оценки образа желаемого будущего включает разработанные методические положения для количественной характеристики целей, достигаемых на соответствующих этапах перепозиционирования металлургического комплекса. Методологический подход к формированию образа желаемого будущего основан на последовательной реализации следующих этапов: выявление на базе библиометрического и патентного анализа приоритетных направлений технологического развития металлургического комплекса региона; оценка на базе сравнительного анализа и соответствующих аналитических методов динамики и формирование прогноза развития структуры внутреннего потребительского сектора металлопродукции; построение на базе метода главных компонент факторной модели, позволяющей выявить параметры, количественно характеризующие технологический облик регионального металлургического комплекса; систематизация прогнозных значений параметров, определяющих этапы перепозиционирования и формирования нового технологического образа регионального металлургического комплекса; построение на основе методов нейросетевого моделирования математической модели распознавания технологического образа регионального металлургического комплекса.

Ключевые слова: индустриальный регион, деиндустриализация, образ будущего, перепозиционирование, технологический образ регионально металлургического комплекса, методология оценки, прогнозирование, метод главных компонент, регрессионный анализ, нейросетевое моделирование

Введение

Амбициозная задача достижения технологического паритета с наиболее развитыми странами к 2035 году все более смещается в сторону достижения технологической независимости отечественной экономики. Это не только предполагает качественное обновление технологической основы материального производства, но и актуализирует задачу создания качественно новой технологической базы индустрии. Решение такой задачи в России невозможно без активного участия индустриальных регионов, где промышленность является базо-

вым компонентом экономики, а ее конкурентоспособность зависит не только от развития и применения высоких технологий, но и от качества человеческого капитала, способного реализовать данные технологии.

Корректная оценка промышленного потенциала регионов предполагает учет влияния как внутренних, так и внешних факторов, определяющих возможную динамику промышленного развития. В настоящее время в промышленно развитых регионах существуют параллельно три технологические системы. Одна из них, созданная еще в период существования СССР, но под-

вергшаяся серьезной модернизации в настоящий период, продолжает обеспечивать значительную долю потребностей в промышленной продукции. Вторая создана на базе многочисленных зарубежных технологий, импортированных в Россию, еще в 2000-е гг. К настоящему времени данная система успешно функционирует, производимая здесь продукция является вполне конкурентоспособной не только на внутреннем, но и на мировом рынке. Третья технологическая система основана на немногочисленных полностью отечественных разработках, главным образом в сфере ОПК, но высокий уровень которых отвечает требованиям VI технологического уклада. За период 2014–2016 гг. процессы развития научно-технологического потенциала России и ее промышленных регионов начинают приобретать системный характер. Вынужденная разработка проектов импортозамещения способствовала реализации эффективных проектов, инициирующих появление новых не только производственных, но и встроенных в них исследовательских цепочек.

Типология промышленных регионов

Существуют многочисленные исследования по типологии промышленных регионов страны, оценивается их промышленный, производственный, научно-технологический потенциал. Например, под промышленным потенциалом региона понимается возможность, способность и реальные условия производства определенного объема продукции в результате использования взаимосвязанных ограниченных ресурсов [1, с. 107]. Модель промышленного потенциала регионов страны предполагает ранжирование ее факторов по мере убывания значимости: среднегодовая численность занятых в экономике, среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников, среднегодовая остаточная стоимость годовых фондов, затраты на технологические инновации хозяйствующих субъектов [1].

Под производственным потенциалом понимается «объем производства, возможный при фиксированных объемах основных производственных факторов в условиях случайного воздействия сопутствующих производственных факторов, а также факторов неопределенности» [2]. Модели производственного потенциала регионов РФ учитывают оценки интеллектуального капитала. Использование данных моделей показало, что характеристики уровня благосостояния и качества жизни населения оказывают значимое влияние на эффективность регионального производства.

Существуют различные типологии промышленных регионов, например, на основе критериев ВРП и производительности труда [3]. Известна также типология, основанная на таком критерии, как доля обрабатывающих производств в ВРП соответствующих субъектов РФ. Эта доля должна быть не ниже 25 % [4]. Представляется такой подход достаточно убедительным для констатации факта промышленного профиля территории. Однако использование данного критерия для характеристики не просто процессов промышленного развития, а процессов, характеризующих новую индустриализацию или деиндустриализацию отечественной экономики, представляется некорректным. В соответствии с вышеотмеченной типологией было проанализировано развитие промышленных регионов России за период 2004–2012 гг. Рост доли обрабатывающих производств в ВРП регионов явился фактором их отнесения к регионам, где развиваются процессы новой индустриализации.

Констатируется также появление в России новых промышленных регионов, то есть субъектов РФ, где доля обрабатывающих производств в ВРП превысила за исследуемый период 25 %. Отмечаются традиционно промышленные регионы, которые за данный период утратили свой промышленный статус, то есть доля обрабатывающих производств в ВРП субъекта стала менее 25 %. Авторами особо выделена группа традиционно высокоразвитых промышленных регионов, которые за указанный период характеризуются серьезным снижением доли обрабатывающих производств в структуре ВРП. К числу таких регионов отнесены, например, Липецкая область, Красноярский край, Омская, Челябинская, Вологодская, Самарская, Свердловская и др. области. Причем в данных областях доля обрабатывающей промышленности в ВРП соответствующих субъектов РФ не опустилась ниже 25 %. Однако эта группа регионов определяется как регионы, где развиваются негативные процессы деиндустриализации. Этот вывод представляется достаточно спорным. Мы проанализировали субъекты РФ, где в период 2004–2012 гг. доля обрабатывающих производств в структуре ВРП превышала 25 %, по этому же критерию, но по данным 2015 г. (табл. 1).

Обращает на себя внимание во многих субъектах РФ достаточно резкое изменение рейтинга по критерию доли обрабатывающих производств в ВРП. Например, ранг Калужской области снизился с 1-го в 2012 г. до 9-го в 2015 г., Республики Башкортостан соответственно с

Рейтинг индустриальных регионов России по доле обрабатывающих производств в ВРП
в 2004, 2012, 2015 гг.*

Субъект РФ	2004		2012		2015	
	%	рейтинг	%	рейтинг	%	рейтинг
Липецкая область	63,34	1	32,30	8	40,58	1
Тульская область	33,77	8	33,32	7	39,96	2
Вологодская область	45,48	4	36,24	4	38,90	3
Новгородская область	33,03	10	36,13	5	36,43	4
Омская область	52,94	2	37,72	2	36,06	5
Челябинская область	45,15	5	35,83	6	35,75	6
Красноярский край	47,77	3	29,70	13	33,46	7
Владимирская область	33,37	9	30,49	10	32,48	8
Калужская область	28,46	15	39,90	1	32,04	9
Нижегородская область	31,81	13	30,08	11	30,66	10
Свердловская область	35,01	7	27,09	14	30,43	11
Пермский край	24,88	17	31,05	9	29,52	12
Ленинградская область	31,89	12	22,89	20	29,45	13
Кировская область	22,28	19	25,55	18	29,36	14
Республика Башкортостан	29,47	14	37,26	3	28,87	15
Рязанская область	23,57	18	25,69	17	28,70	16
Республика Марий Эл	20,79	20	29,72	12	28,21	17
Ульяновская область	25,67	16	22,10	21	26,02	18
Ярославская область	36,62	6	26,47	16	26,00	19
Самарская область	32,26	11	25,31	19	23,94	20
Волгоградская область	20,69	21	26,69	15	23,51	21

* Составлено авторами по данным Росстата.

3-го до 15-го. Но, например, Липецкая область, отнесенная к территориям с негативной деиндустриализацией, не только повысила свой рейтинг, но и стала лидером по вышеотмеченному критерию (2012 г. — 8-е место, 2015 г. — 1-е). Отсутствие однонаправленного вектора изменений проиллюстрировано на рисунке 1.

Однако если бы эта доля и оказалась ниже установленного предела в 25 %, утверждать, что в данных регионах развиваются процессы негативной деиндустриализации, по нашему мнению, некорректно. Процессы деиндустриализации не могут характеризоваться лишь на базе одного показателя — доли промышленности или даже доли обрабатывающих производств в ВРП региона. Важное значение для характеристики феномена деиндустриализации имеет анализ более широкого спектра показателей. Мы разделяем позицию С.Д. Бодрунова, Е.Б. Ленчук и др. исследователей, рассматривающих с более широких позиций процессы деиндустриализации [5–7]. С нашей точки зрения, констатировать процессы деиндустриализации можно только на базе комплексной оценки, включающей, помимо доли обрабатывающих производств в ВРП региона, изменения в организации производства, в качестве и характере труда, в технологических характе-

ристиках производства, в меняющихся качественных параметрах продукта производства.

С этих позиций говорить о процессе деиндустриализации, например, в такой промышленно развитой области, как Свердловская, представляется неправомерным, хотя доля обрабатывающих производств в ВРП региона и снизилась с 35,1 % в 2004 г. до 27,1 % в 2012 г. Одновременно с изменением динамики вышеуказанного показателя необходимо выявить, какие процессы сопровождали данное изменение. Так, например, в ведущей отрасли на Среднем Урале — металлургии — произошли значительные прогрессивные изменения в технологическом развитии. Здесь полностью ликвидированы производства, характерные для третьего технологического уклада (например, мартеновское производство), наиболее высокими темпами рос выпуск электростали, что характеризует развитие производств пятого технологического уклада, получают развитие производства, так называемой, белой металлургии, обеспечивающей не только экологически чистое производство, но и использование высококвалифицированных трудовых ресурсов. Эти процессы прямо противоположны процессам, по нашему мнению, характеризующим деиндустриализацию производства.

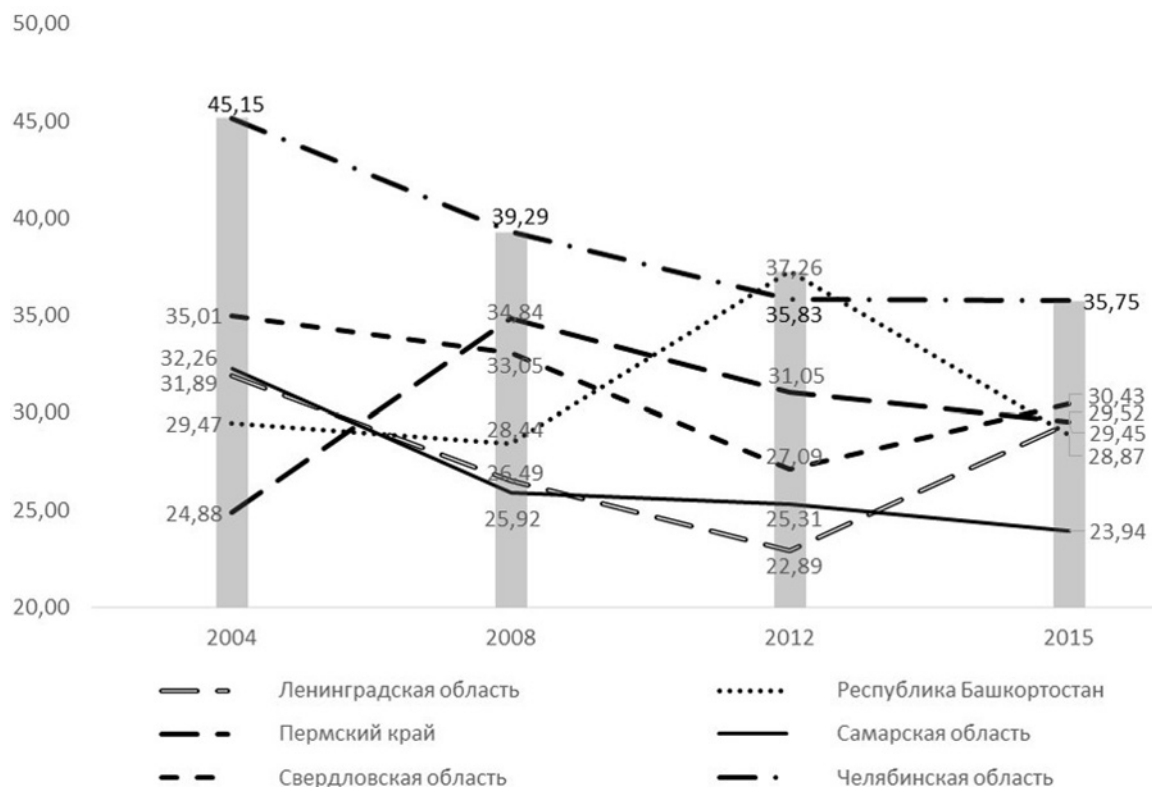


Рис. 1. Изменение доли обрабатывающих видов деятельности в структуре ВРП некоторых промышленных регионов России, %

Она имеет в качестве значительных негативных последствий упрощение труда и используемых технологий, снижение наукоемкости производства, разрушение производственных коллективов, то есть вызывает значительные отрицательные последствия и в социальной сфере [8–11]. Таким образом, сложившаяся ситуация в Свердловской области, в частности, в ее ведущей отрасли промышленности — металлургии — не может характеризоваться как деиндустриализация, ибо технологический уровень производства, качество выпускаемой металлопродукции, качественный и квалификационный состав рабочей силы, тенденции улучшения экологической обстановки — все это свидетельствует о повышении научно-технологического уровня производства и улучшении качества используемой рабочей силы. Можно также отметить, что уже в 2015 г. доля обрабатывающих производств в структуре ВРП на Среднем Урале возросла до 30,43 % против 27,1 % в 2012 г.

Методологический подход к оценке образа желаемого будущего

Неустойчивость векторной направленности развития регионов является специфичной особенностью, характерной для современной экономики на всех иерархических уровнях.

Высокая степень неопределенности, возрастание скорости происходящих изменений, усиление неустойчивости социально-экономических систем, многообразные риски не только экономического, но и политического характера позволили характеризовать современный период как «эпоху слабых связей», «общество риска», «текучую современность» [12; 13, с. 44].

Многочисленные вызовы времени определяют необходимость разработки новых методологических подходов к проведению прогнозных исследований. Проблемы методологии прогнозирования во многом концентрируются в рамках процедур выявления наиболее существенных процессов и установления связей между ними. Не решена на настоящий момент проблема трудности интерпретации прошлых процессов, которые определили настоящие результаты. Но сегодняшние знания по отношению к процессам будущего всегда являются неполными. Известно утверждение Н. Талеба о том, что человечество не способно успешно прогнозировать свое будущее, поскольку присущая ему уверенность в своих знаниях опережает сами знания¹. И все же проблема предвидения будущего на основе зача-

¹ Taleb N. N. The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable // The New York Times. 2007. April 22. 401 p.

стью альтернативных методологических подходов требует активного развития исследований в этой области.

Перспективным для снятия отмеченных трудностей представляется использование междисциплинарного подхода как основы методологии прогнозирования. Известно, что один и тот же процесс может быть по-разному интерпретирован при различных методологических подходах. Но простое механическое соединение результатов, полученных на основе разных подходов, не является продуктивным. Очевидно, что будущее в прогнозировании связано с переходом к многостороннему взаимодействию разнообразных методологических решений, способствующих появлению синергии [13, с. 47, 50]. При этом успешное развитие междисциплинарного подхода как основы прогнозирования в экономике связано не только с учетом взаимозависимости социально-экономических процессов, но и с развитием диалога специалистов различных дисциплин.

Такой диалог особенно необходим в процессе выработки образа желаемого будущего экономики региона. К сожалению, в современных документах стратегического характера отсутствует технология проектирования будущего. Именно такая технология должна стать одной из определяющих сфер стратегического анализа и концептуально-стратегического планирования, что и подчеркнуто в Национальной технологической инициативе. Там отмечена необходимость планирования работы от будущего, так называемой «предпочтительной реальности», к настоящему. В отдельных публикациях также подчеркивается необходимость не только формирования согласованных долгосрочных целей развития отечественной экономики, но и формирования ее «образа будущего» [14, с. 18].

При формировании последовательности действий, позволяющих проектировать критерии предпочтительного образа будущего, в нашем случае экономики индустриального региона имеющиеся документы стратегического характера, а также модели развития производственного или индустриального потенциала регионов не позволяют использовать уже разработанный инструментарий.

В рамках такой технологии необходимо проектировать определяющие критерии того образа будущего экономики региона, который представляется наиболее желаемым. Он должен соответствовать мировым трендам технологического развития и учитывать особенно-

сти национального и регионального развития. Выявленные ранее нами тренды мирового технологического развития, тенденции развития индустриального региона на примере экономики Свердловской области, были опубликованы в ряде изданий [15–17].

Однако разработка методологического подхода к формированию оценки технологического образа экономики индустриального региона является до настоящего времени нерешенной задачей. В качестве начального этапа сформирован методологический подход к оценке образа желаемого будущего одной из важнейших отраслей специализации индустриального Среднего Урала — металлургии.

Методология оценки поэтапного изменения технологического образа регионального металлургического комплекса

При формировании методологии оценки технологического образа желаемого будущего необходимо определиться с понятием «технологический образ металлургического комплекса региона». Под желаемым технологическим образом регионального металлургического комплекса (РМК) нами понимается сложный ментальный образ восприятия металлургии обществом, характеризующийся прогрессивностью ее технологической структуры, высоким уровнем эффективности, наукоемкости, экологичности и организации производства, постоянно развивающимися ключевыми компетенциями персонала и развитым потребительским рынком высокотехнологичной металлопродукции.

На сегодняшний день технологический образ металлургии Свердловской области характеризуется наличием крупнотоннажных экологически обременительных производств с преобладанием металлопродукции низких стадий передела. Процесс своеобразного перепозиционирования образа регионального металлургического комплекса от настоящего до желаемого будущего достаточно длительный. Его можно рассматривать как поэтапный процесс взаимообусловленных технологических, экономических, социально-институциональных, экологических и организационных преобразований на инновационной основе, позволяющих на базе достижения критериев наилучших доступных технологий и реализации принципов зеленой экономики сформировать образ желаемого будущего регионального металлургического комплекса [16, с. 31].

Данный процесс целесообразно рассматривать по отдельным стадиям его развития. Нами сформулирована гипотеза, в соответствии с которой этапы перепозиционирования РМК могут быть описаны прогнозными оценками, соответствующими вектору роста и не противоречащими условию накопления опыта, то есть наличию опыта предыдущего этапа для перехода на более высокий уровень. В качестве прогнозной базы могут выступать лучшие практики развития металлургического производства, отдельные показатели стратегий развития отечественной и зарубежной металлургии, стратегических документов развития металлургии Уральского федерального округа и Свердловской области.

При формировании методологии оценки образа желаемого будущего целесообразно учитывать возможности решения задач распознавания образов. Они строятся, в основном, на основе методов классификации, применение которых требует предварительной обработки данных, выделения набора признаков и сжатия данных анализа. Одной из труднейших задач разработки распознающих систем является обеспечение качественной классификации по множеству признаков [18]. В связи с этим формирование оптимальной распознающей системы должно строиться на основе четкого описания признаков, возможные значения оценки которых должны быть достижимы объектом исследования.

В целом, методология оценки изменения технологического образа РМК основывается на системном анализе, системе принципов и способов организации научно-технологической деятельности в сфере развития металлургического производства. Формирование такой методологии предопределило необходимость разработки ряда методических положений для количественной характеристики целей, достигаемых на соответствующих этапах перепозиционирования металлургического комплекса.

На предварительном этапе исследования проанализированы результаты форсайта, проводимого Институтом экономики УрО РАН совместно с Институтом металлургии (ИМЕТ) УрО РАН, с привлечением органов власти и представителей субъектов металлургической отрасли региона. Проведенный анализ позволил оценить накопленный потенциал регионального металлургического комплекса, его сильные и слабые стороны, а также возможные угрозы и преимущества его развития в условиях вектора новой индустриализации [19].

В рамках разработанной методологии последовательно реализуются шесть этапов:

- выявление на базе библиометрического и патентного анализа приоритетных направлений технологического развития металлургического комплекса региона;
- оценка на базе сравнительного анализа и соответствующих аналитических методов динамики и формирование прогноза развития структуры внутреннего потребительского сектора металлопродукции;
- построение на базе метода главных компонент факторной модели, позволяющей выявить параметры, характеризующие технологический облик регионального металлургического комплекса;
- приведение на базе методов корреляционно-регрессионного анализа к нелинейному виду функции главных компонент в целях повышения качества прогнозных моделей, характеризующих технологический образ регионального металлургического комплекса;
- систематизация на базе методов системного и сравнительного анализа прогнозные значения параметров, определяющих этапы перепозиционирования и формирования нового технологического образа регионального металлургического комплекса;
- построение на основе методов нейросетевого моделирования математической модели распознавания технологического образа регионального металлургического комплекса и этапов его становления.

Цели и методы оценки этапов изменения технологического образа региональной металлургии

Первый этап. В соответствии с разработанной методологией предполагается выявление ключевых направлений технологического развития базовых отраслей. В рамках решения этой задачи проводится библиометрическое моделирование с дальнейшим исследованием региональной патентной активности.

Применение библиометрических методов в ходе исследования призвано обозначить области знаний, формирующих научный базис металлургии в структуре VI технологического уклада (ТУ) и оценить вклад отечественной науки в их развитие. Проведенный на примере металлургической отрасли библиометрический анализ позволил выделить материалы и способы их обработки, совместно используемые в наноиндустрии (как определяющей дисциплины ядра VI ТУ) и металлургии, установлена скорость развития выделенных направлений.

Выдача патентов на изобретения по перспективным направлениям развития металлургии, ед.*

Федеральный округ	Год публикации патента										
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Центральный	23	24	29	36	57	27	58	55	62	74	58
Северо-Западный	8	8	5	4	12	4	13	13	6	16	17
Южный	1	1	3	2	2	3	3	3	2	1	6
Северо-Кавказский	0	1	0	2	3	1	1	1	1	0	0
Приволжский	16	9	12	6	12	11	10	16	6	7	8
Уральский в том числе:	9	9	6	13	17	15	3	18	16	3	7
Свердловская область	2	5	4	3	6	3	1	6	7	3	5
Сибирский	3	3	6	4	5	9	7	8	5	8	8
Дальневосточный	2	1	0	0	1	0	0	1	2	0	1
Итого по России	62	56	61	67	109	70	95	115	100	109	105

* Составлено авторами по данным открытых реестров Федерального института промышленной собственности. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www1.fips.ru/wps/portal/Registers/>.

В целях уточнения структурных особенностей для выделенных перспективных направлений установлены соответствующие рубрики Международной патентной классификации, что позволило распределить их в соответствии с нормативной базой. В ходе патентного анализа установлены точки пересечения научной базы исследуемых видов деятельности. Выделены второстепенные и основные перспективные направления развития металлургии, нашедшие поддержку научных дисциплин, составляющих ядро VI ТУ. Предложенный подход позволил построить технологическую карту мирового развития научной базы металлургических процессов в условиях современного технологического уклада, а также установить вектор научно-технологического развития отечественной металлургии.

В ходе дальнейшего исследования по выявленным ранее перспективным направлениям развития металлургии уточняются региональная принадлежность патентополучателя, год получения и статус действия патента. Таким образом, проведен анализ научно-технологического потенциала металлургии Свердловской области. Базу исследования составили патенты на изобретения, включающие материалы, техническое оснащение и способы повышения качества стали. Выделены перспективные направления технологического развития металлургии региона: обработка расплавленной стали в ковше; обработка металла давлением, в том числе в сочетании с термообработкой; нанесение на поверхность металла покрытий различного содержания в расплавленном и твердом состоянии; а также получение редкоземельных металлов (табл. 2).

Отобранные направления определяют границы технологической базы развития ме-

таллургии, учитывающей особенности требований наилучших доступных технологий. Динамика выдачи патентов РФ по перспективным направлениям развития металлургии соответствует мировому уровню. В структуре металлургии УрФО в данном отношении за последние годы отмечен рост доли Среднего Урала.

По результатам исследования выявлен и систематизирован перечень перспективных направлений технологического развития металлургии Среднего Урала.

Второй этап. Проведено согласование выделенных направлений технологического развития металлургии с данными государственной программы РФ «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности на период до 2020 года»; Стратегии развития черной металлургии России на 2014–2020 годы и на перспективу до 2030 года и проекта Стратегии развития горно-металлургического комплекса Свердловской области на плановый период до 2020 года и на перспективу до 2030 года. На базе систематизации данных вышеуказанных материалов, анализа инвестиционных проектов в соответствующих отраслях определено изменение структуры внутреннего потребительского рынка высокотехнологичной металлопродукции РМК на период до 2050 г. [20]

Результаты исследований позволили построить вектор развития производства металлопродукции, направление которого связано с изменениями потребительского рынка высокотехнологичной металлопродукции РМК (рис. 2).

Для определения параметров, характеризующих технологический образ РМК, построены экономико-математические модели на базе методов факторного анализа.

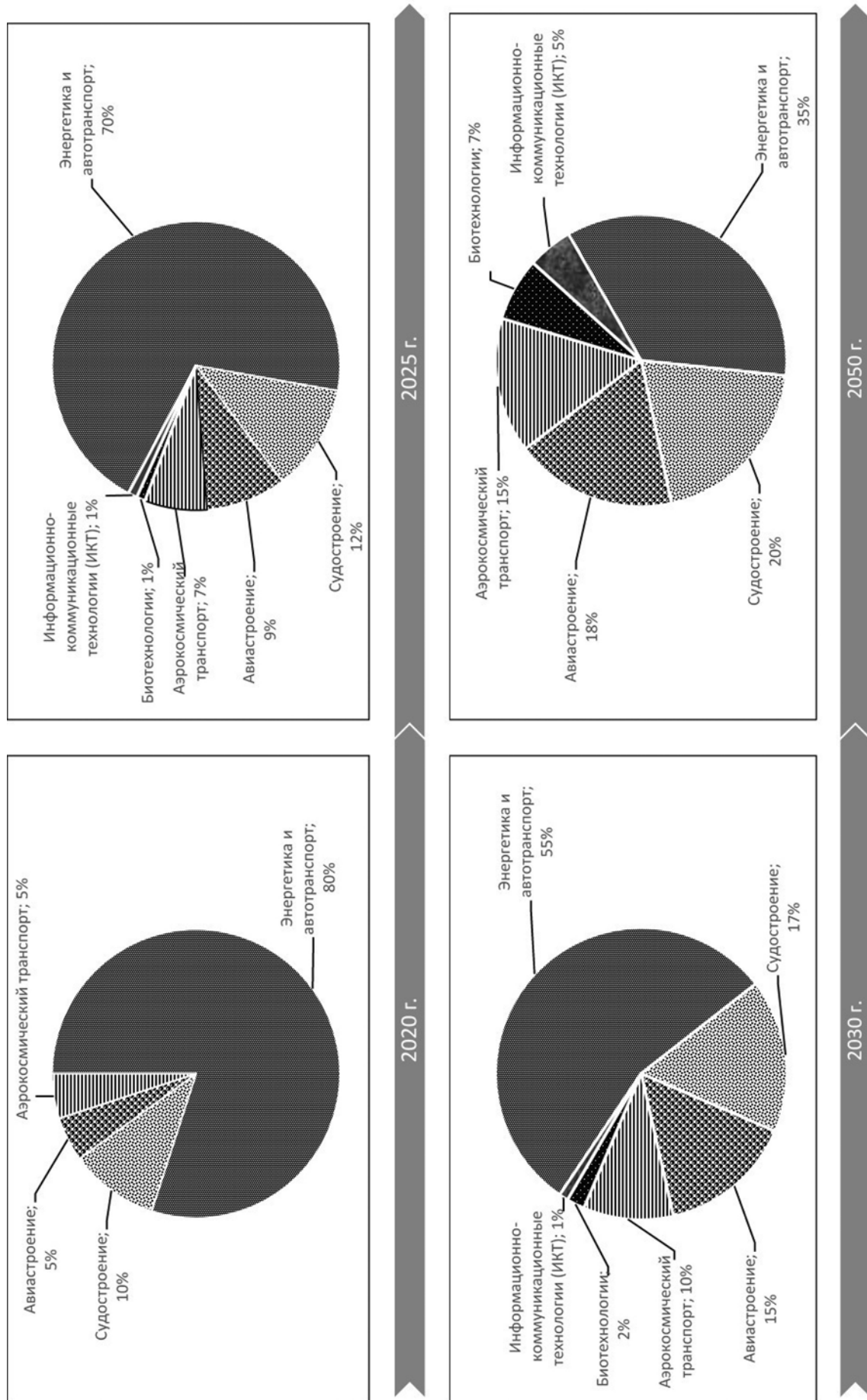


Рис. 2. Структура потребителей высокотехнологичной металлопродукции Среднего Урала

Система показателей, влияющих на развитие металлургического комплекса Свердловской области*

Показатель	Единица измерения	Обозначение
Инвестиции в основной капитал предприятий металлургического комплекса	млрд руб.	x_1
Внутреннее потребление металлопродукции	млн т	x_2
Опубликовано выданных ранее патентов на изобретения, относящихся к перспективным направлениям	ед.	x_3
Затраты металлургических предприятий на технологические инновации	млн руб.	x_4
Курс доллара США по отношению к рублю	руб.	x_5
Среднегодовые цены на нефть марки «Брент» на мировом рынке	долл.	x_6
Объем экспорта металлов и изделий из них предприятиями	тыс. т	x_7
Среднесписочная численность работников, занятых в металлургическом производстве и производстве готовых металлических изделий	тыс. чел.	x_8
Произведено готовой продукции металлургическим комплексом	млн т	x_9
Производительность труда в металлургической отрасли	млн руб/чел.	x_{10}
Доля выплавки стали в электропечах	%	x_{11}
Доля произведенной предприятиями металлопродукции высокого передела	%	x_{12}
Объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух металлургическими предприятиями	тыс. т	x_{13}
Объем загрязненных сточных вод металлургией	млн м ³	x_{14}
Доля произведённой металлургическими предприятиями инновационной продукции	%	x_{15}
Ресурсоемкость стального проката	кг/т	x_{16}
Доля высокотехнологичной металлопродукции в структуре экспорта	%	x_{17}
Доля квалифицированных сотрудников в численности занятых в металлургическом комплексе	%	x_{18}
Степень износа основных фондов на конец года	%	x_{19}

* Составлено авторами. Информационная база составлена аналитически, на основе данных пространственно-временной выборки статистической базы Росстат по Свердловской области, бюллетеня научно-технической и экономической информации «Черная металлургия», выпускаемого ОАО «Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований черной металлургии» за 2006–2015 гг. и цикла Государственных докладов о состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области за 2006–2015 гг. Значения показателей отобраны за единый временной интервал (2005–2014 гг.).

Третий этап. Факторная модель строится на основе метода главных компонент. Данный метод позволяет снизить размерность данных, определить наличие взаимосвязей между анализируемыми переменными и сформировать на их основе обобщенные интегральные факторы [21]. Проведенный анализ позволил сформировать перечень показателей, оказывающих существенное влияние на развитие металлургии [22–26] (табл. 3).

Сформированные параметры, характеризующие технологический образ регионального металлургического комплекса, отвечают стандартным требованиям проведения количественного и качественного анализа. Для подготовки исходных данных проведено нормирование переменных на основе сопоставления их средних значений и дисперсии, идентифицированы и устранены выбросы. Корреляционный анализ показал наличие тесной связи между отдельными переменными, в

некоторых случаях коэффициенты корреляции отрицательны. В результате компьютерной обработки исходных данных с применением прикладной программы Statistica построена факторная матрица, назначены собственные значения главных компонент и определена их полезность. Установлено, что по критерию Кэттеля значимыми являются первые четыре главные компоненты с суммарной дисперсией более 85 %. При этом суммарная дисперсия после вращения факторной матрицы по методу Варимакс распределилась между первыми четырьмя главными компонентами в порядке убывания как 39,9, 16,3, 15 % и 13,3 % (табл. 4). Собственные значения всех четырех главных компонент больше единицы. Остаток нераспределенной дисперсии, по определению, является шумом, не содержащим исковой информации.

В результате сокращения числа незначительных для искомой модели переменных и

Таблица 4

Формирование главных компонент и интерпретация решений*

Компонента	Показатели металлургического производства Свердловской области, формирующие главную компоненту	Доля суммарной дисперсии, %	Интерпретация	
F _{1.1}	Объем экспорта металлов и изделий из них предприятиями, тыс. т (x ₇)	39,90	Реализация инновационного потенциала	
	Доля произведенной металлургическими предприятиями инновационной продукции, % (x ₁₅)			
F _{1.2}	Среднегодовая численность занятых в металлургии, тыс. чел. (x ₈)		39,90	Повышение конкурентоспособности металлопродукции
	Производительность труда в металлургической отрасли, млн руб/чел. (x ₁₀)			
	Доля выплавки стали в электропечах, % (x ₁₁)			
F _{1.3}	Объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух металлургическими предприятиями, тыс. т (x ₁₃)		39,90	Сокращение выбросов и ресурсопотребления в процессе производства
	Объем загрязненных сточных вод металлургией, млн м ³ (x ₁₄)			
	Ресурсоемкость стального проката, кг/т (x ₁₆)			
F ₂	Курс доллара США по отношению к рублю (x ₃)		15,80	Зависимость качественной металлургии от мировой конъюнктуры
	Доля произведенной предприятиями металлопродукции высокого передела, % (x ₁₂)			
F ₃	Внутреннее потребление металлопродукции, млн т (x ₂)		13,30	Компонента производственной деятельности РМК
	Произведено готовой продукции металлургическим комплексом, млн т (x ₆)			
F ₄	Инвестиции в основной капитал предприятий металлургического комплекса, млн руб. (x ₁)	16,30	Стимулирование инновационной деятельности и роста квалификации трудовых ресурсов	
	Затраты металлургических предприятий на технологические инновации, тыс. руб. (x ₄)			
	Доля квалифицированных сотрудников в численности занятых в металлургическом комплексе, % (x ₈)			

* Составлено авторами.

группировки значимых снижена размерность данных моделей. Полученные в результате проведенных расчетов главные компоненты интерпретированы исходя из совокупности зависимых переменных. При этом первая главная компонента получилась громоздкой и плохо интерпретируемой, вследствие чего проведен дополнительный факторный анализ для совокупности формирующих ее факторов. Такой подход позволил разбить первую главную компоненту на три четко интерпретируемые составляющие: F_{1.1}, F_{1.2}, F_{1.3}.

Полученные главные компоненты являются математическими функциями измеряемых переменных. Исходя из полученных данных, можно выделить компоненту реализации инновационного потенциала, повышения конкурентоспособности, компоненту сокращения выбросов и ресурсопотребления в процессе производства, зависимости качественной металлургии от мировой конъюнктуры, компоненту производственной деятельности металлургии региона и компоненту стимулирования

инновационной деятельности и роста квалификации трудовых ресурсов.

Четвертый этап. В целях повышения качества полученных моделей применены методы корреляционно-регрессионного анализа для аппроксимации функций, описывающих изменение параметров технологического образа РМК. Проведена проверка на мультиколлинеарность, по результатам которой из анализа удален показатель внутреннего потребления металлопродукции в регионе (x₂). Графический анализ распределения на плоскости счетов полученных главных компонент (*Factor Scores*) показал распределение точек всех функций на плоскости в полиномиальном виде. На основе полученных данных построен комплекс нелинейных регрессионных моделей, отражающих зависимость главных компонент от входных переменных в виде полинома второго порядка для главных компонент: F_{1.2}; F_{1.3}; F₂; F₄ и полинома третьего порядка для F_{1.1} (табл. 5).

Результаты анализа подтвердили высокую степень достоверности аппроксимации

Эконометрические зависимости для оценки параметров технологического облика РМК*

№	Главная компонента	Полученные эконометрические зависимости	Проверка гипотезы
1	F _{1.1} — реализация инновационного потенциала	$F_{1.1} = -1,68 + 0,052x_7^3 + 0,00072x_{15}^3$	R = 0,99255692
		Внедрение инноваций в процесс производства готовой продукции стимулирует рост экспорта	RI = 0,98516924 F(2,8) = 265,71 p < ,00000
2	F _{1.2} — повышение конкурентоспособности	$F_{1.2} = 1,078 - 0,00012x_8^2 + 0,00972x_{10} + 0,0003862x_{11}$	R = 0,99933170
		Повышение объемов выплавки стали в электропечах позволяет повысить ее качество, производительность труда и снизить экологическую нагрузку	RI = 0,99866385 F(3,7) = 1744,0 p < ,00000
3	F _{1.3} — фактор сокращения выбросов и ресурсопотребления в процессе производства	$F_{1.3} = -8,092 + 0,0000032x_{13} + 0,00004x_{14}^2 + 0,00001x_{16}^2$	R = 0,99979743
		Снижение ресурсоемкости готовой продукции, уменьшение выбросов в атмосферный воздух и сточные воды уменьшает экологическую нагрузку	RI = 0,99959489 F(3,7) = 5757,5 p < ,00000
4	F ₂ — фактор зависимости качественной металлургии от мировой конъюнктуры	$F_3 = -2,9 - 0,00064x_5^2 + 0,0114x_{12}^2$	R = 0,98121266
		Объемы производства и экспорта металлопродукции высокого передела во многом определяются мировой конъюнктурой	RI = 0,96277828 F(2,8) = 103,46 p < ,00000
5	F ₃ = x ₉ — произведено готовой продукции металлургическим комплексом Свердловской области, млн т		
6	F ₄ — фактор стимулирования инновационной деятельности и роста квалификации трудовых ресурсов	$F_2 = -4,83 + 0,00084x_1^2 + 0,00212x_4^2 + 0,00065x_{18}^2$	R = 0,99134236
		Рост инвестиций в отрасль позволяет финансировать разработку технологических инноваций, стимулирует привлечение квалифицированных и обучение занятых сотрудников	RI = 0,98275967 F(3,7) = 133,01 p < ,00000

* Составлено авторами.

(R²) полученных моделей. Для каждой из полученных зависимостей гипотеза о равенстве нулю всех коэффициентов регрессии отвергается. Регрессионный анализ 3-й главной компоненты установил влияние на нее только одного фактора. В связи с этим целесообразно рассматривать фактор производства металлопродукции в регионе (x₉) для оценки изменения производственного параметра технологического образа РМК. Полученный методом главных компонент и уточненный в результате регрессионного анализа комплекс нелинейных экономико-математических моделей позволяет прогнозировать изменение параметров технологического образа РМК с высокой степенью надежности.

Пятый этап. Обоснованы и систематизированы прогнозные значения, характеризующие параметры и условия формирования нового технологического образа РМК. В целях обоснования прогнозных параметров сформулирована гипотеза, согласно которой правильное распределение прогнозных значений для описания изменения технологического образа РМК должно удовлетворять следующим условиям: 1) все прогнозные значения переменных должны принадлежать к обла-

сти допустимых значений нового технологического образа, либо этапов его достижения; 2) заполнение области допустимых значений должно идти от нижних границ, задаваемых на основе данных ретроспективного анализа, к верхним границам, формирующим желаемый образ; 3) ретроспективные данные последних 11 лет формируют границы традиционного технологического образа РМК; далее экстраполируем функции полученных регрессионных моделей с учетом мировых тенденций, данных программ и отмеченных стратегий развития отечественной промышленности и металлургии России, Свердловской области, опубликованных материалов ведущих отраслевых научно-исследовательских и академических институтов [23, 26, 27]; 4) области допустимых значений, ограниченные прогнозными величинами соответствующих стратегических документов, заполняются по принципу равномерного распределения случайных величин.

Систематизированные в таблицу прогнозных значений величины параметров меняющегося технологического образа РМК соответствуют условиям реализации инновационного сценария Стратегии развития черной метал-

Таблица 6

Результаты обучения нейронных сетей*

№	Архитектура	Производительность обучения	Контрольная производительность	Тестовая производительность	Алгоритм обучения	Функция ошибки	Функция активации скрытых нейронов	Функция активации выходных нейронов
1	MLP 11–20–5	98,984	96,634	98,454	BFGS 12	Entropy	Tanh	Softmax
2	MLP 11–14–5	96,457	95,568	96,356	BFGS 10	Entropy	Logistic	Softmax
3	RBF 11–5–5	89,607	95,347	94,809	RBFT	SOS	Gaussian	Identity

* Составлено авторами.

лургии России до 2020 года и на перспективу до 2030 года, а также учитывают ожидаемые изменения качественной структуры потребительских рынков металлопродукции. Таким образом, все условия гипотезы о правильном распределении прогнозных величин были соблюдены, а их значения могут быть приняты для дальнейшего анализа.

Шестой этап. Сформирован алгоритм построения математической модели распознавания образов и этапов перепозиционирования РМК, разработанной на базе нейросетевой модели классификации [28]. Особенностью нейросетевого подхода является возможность модели правильно реагировать на новые, не предъявляемые ей в процессе обучения данные (принцип обучаемости) и способность запоминать изменения в функционировании объекта моделирования при получении новых данных (принцип адаптивности). Большой вклад в развитие нейросетевого прогнозирования внесли такие ученые, как Б. Видроу, М. Минский, С. Пайперт, Д. Хопфилд, М. Хофф и др. [29–31].

Нейронные сети построены на базе прикладного программного продукта Statistica. На основе аппроксимированных математических функций главных компонент произведена оценка изменения параметров технологического образа РМК с использованием таблицы прогнозных значений входных переменных. Полученные значения главных компонент в совокупности с переменными, определяющими удельный вес основных пяти сегментов потребительского рынка металлопродукции, формируют информационную базу для построения нейронных сетей. В целях улучшения обучаемости сетей база данных разделена на обучающую, контрольную и тестовую подвыборки.

В результате обучения отобраны наиболее адекватные сети, которые могут быть исполь-

зованы как в виде ансамбля, так и по отдельности (табл. 6).

По данным приведенной таблицы можно увидеть, что лучшей производительностью обладает сеть № 1. MLP 11–20–5. Для подтверждения выбора оптимальной сети построены матрицы ошибок, проанализированы данные описательной статистики и проведен анализ распределения доверительных уровней на адекватность. Производительность учтена на всех трех подвыборках. Результаты сравнительного анализа подтвердили правильность выбора сети.

Отобранная нейронная сеть имеет вид многослойного персептрона с одиннадцатью нейронами на входном слое, двадцатью на скрытом (w_i), и пятью выходными нейронами. Сеть имеет структуру прямого распространения (рис. 3).

Входные нейроны сети включают параметры, описываемые главными компонентами ($Factor_{1,1, \dots, 4}$) и удельный вес основных металлоемких секторов, формирующих внутренний потребительский рынок металлопродукции ($market_{1, \dots, 5}$). Функция активации нейронов на скрытом слое ($w_i = 1, \dots, 20$) имеет вид гиперболического тангенса, на выходном слое (*Technological Shape*) использована функция Softmax. При этом суммирование производится по всем нейронам выходного слоя ($TS_{1, \dots, 5}$), а сумма всех выходов слоя равна единице при любых значениях сигнала. Это определяет этапы перепозиционирования РМК с определенной долей вероятности.

В процессе обработки данных через обученную сеть по доверительным уровням сопоставляются исходные значения образа или этапа перепозиционирования и значения, предсказанные сетью. Затем определяется вероятность принадлежности РМК по заданным наблюдениям к одному из этапов перепози-

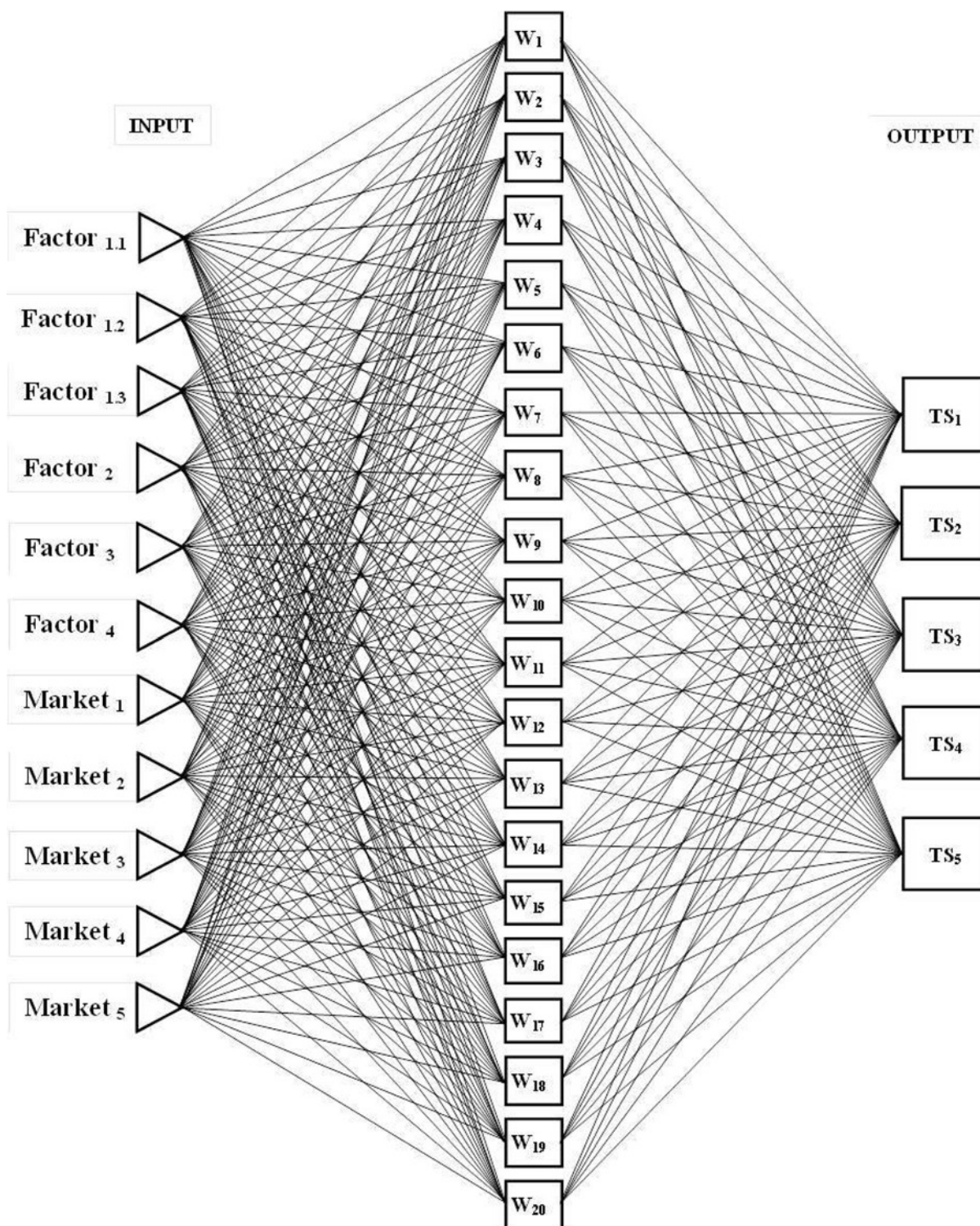


Рис. 3. Схема нейронной сети MLP 11–20–5

ционирования или ожидаемому образу в целом (рис. 4).

Точки на поверхности графика (рис. 4) представляют собой значения выходного сигнала сети, а сама поверхность — аппроксимация, созданная сетью. Абсолютное большинство точек распределено по поверхности, что подтверждает высокий уровень

доверия принадлежности прогнозного значения, выданного сетью, к конкретным этапам перепозиционирования.

Высокая точность полученной модели позволяет с большой степенью вероятности с позиции заданных условий оценить технологический образ металлургического комплекса региона.

Confidence (2 этап_shape), Confidence (3 этап_shape), Confidence (Образ будущего_shape)
[1.MLP 11-20-5]

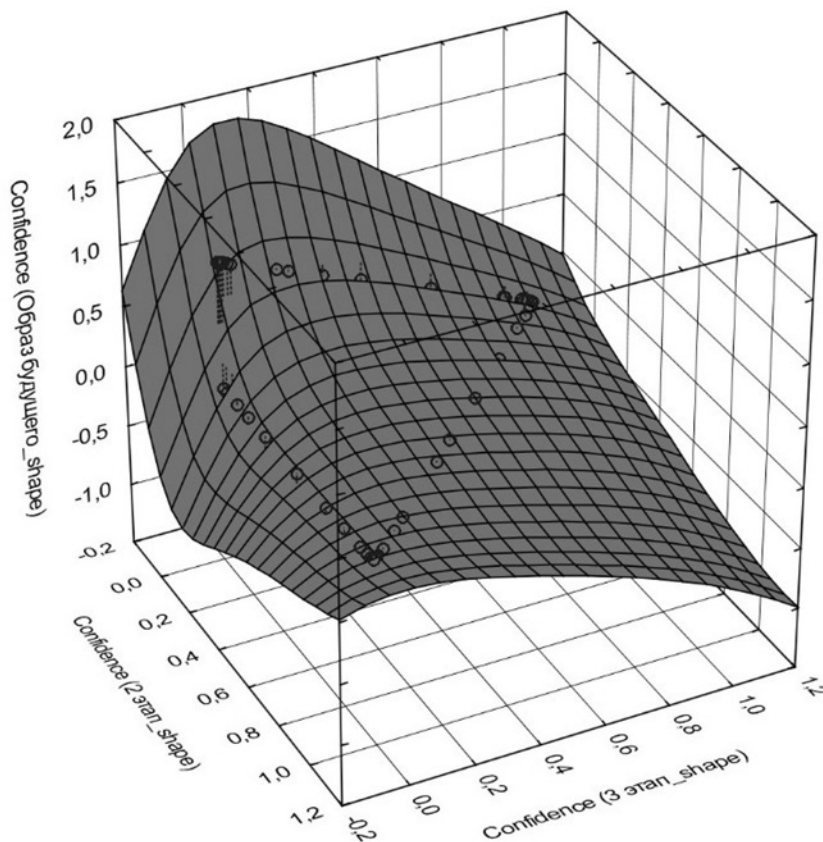


Рис. 4. График «X-Y-Z» отнесения наблюдений к различным этапам перепозиционирования РМК по доверительным уровням отобранной сети

Заключение

Апробация разработанного методологического подхода подтверждает правомерность применения индикаторов, характеризующих параметры технологического образа металлургии Урала и меняющейся структуры перспективных рынков металлопродукции. Учет взаимодействия различных параметров создает синергетический эффект, позволяющий отразить качественное изменение функционирования регионального металлургического комплекса. На базе предложенной методологии создан алгоритм оценки возможности перепозиционирования РМК, удовлетворяющий критериям технологической перспективности, социально-экономической эффективности и экологической привлекательности.

Расчеты показали, что существует реальная возможность поэтапного перепозиционирования регионального металлургического комплекса и достижения нового технологического образа к 2050 г. Его особенностью будут сетевое взаимодействие конкурентоспособных, структурно сбалансированных производств, металлопродукция которых по комплексу потребительских свойств соответствует мировому уровню или, в ряде случаев, их превосходит, возможность удовлетворения возрастающих качественных потребностей традиционных отраслей экономики, обеспечение индивидуализированных потребностей высокотехнологичного сектора в наукоемких товарах и услугах.

Благодарность

Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ № 16–36–00097 «Экономико-математическое моделирование процесса перепозиционирования регионального металлургического комплекса в условиях новой индустриализации экономики».

Список источников

1. Индустриальный потенциал регионов России. Оценка и резервы роста / Гайнанов Д. А., Губарев Р. В., Дзюба Е. И., Файзуллин Ф. С. // Социологические исследования. — 2017. — № 1. — С. 106–116.

2. Оценка эффективности регионов РФ с учетом интеллектуального капитала, характеристик готовности к инновациям, уровня благосостояния и качества жизни населения / Макаров В. Л., Айвазян С. А., Афанасьев М. Ю., Бахтизин А. Р., Нанавян А. М. // Экономика региона. — 2014. — № 4. — С. 9–30.
3. Клименко М. С. Современные методологические подходы к оценке потенциала регионального промышленного развития на примере отдельных субъектов Южного федерального округа // Региональная экономика. Теория и практика. — 2009. — № 36 (129). — С. 65–70.
4. Акбердина В. В., Гребенкин А. В., Бухвалов Н. Ю. Моделирование инновационного резонанса в индустриальных регионах // Экономика региона. — 2015. — № 4. — С. 289–308. Doi: 10.17059/2015-4-23.
5. Бодрунов С. Д. Реиндустриализация: социально-экономические параметры реинтеграции производства, науки и образования // Социологические исследования. — 2016. — № 2. — С. 20–28.
6. Новая промышленная политика России в контексте обеспечения технологической независимости / Отв. ред. Е. Б. Ленчук. СПб.: Алетейя, 2016. — 336 с.
7. Бодрунов С. Д. Грядущее. Новое индустриальное общество: перезагрузка. — СПб.: НИР им. С. Ю. Витте, 2016. — 328 с.
8. van Neuss L. The Economic Forces behind Deindustrialization: An Empirical Investigation. — HEC — University of Liège, 2016. — 50 p.
9. Kudina A., Pitelis C. De-industrialisation, comparative economic performance and FDI inflows in emerging economies. // International Business Review. — 2014. — 23(5). — pp. 887–896. Doi: 10.1016/j.ibusrev.2014.02.001.
10. Tregenta F. Deindustrialization, structural change and sustainable economic growth. — United Nations University Background Paper. — 2015. — No. 2015–2032. — 63 p.
11. Cowell M. Dealing with Deindustrialization: Adaptive Resilience in American Midwestern regions. — Routledge, Taylor & Francis Group. — Typeset in Sabon by Swales and Willis Ltd, Exeter, Devon, UK, 2014. — 131 p.
12. Бауман З. Текущая современность / Пер. с англ. С. А. Комарова; под ред. Ю. В. Асочакова — СПб.: Питер, 2008. — 240 с.
13. Кирдина С. Г., Клейнер Г. Б. Социальное прогнозирование как междисциплинарный проект // Социологические исследования. — 2016. — № 12. — С. 44–51.
14. Дасковский В., Киселев В. Структурно-инвестиционная политика в целях устойчивого роста и модернизации экономики // Экономист. — 2017. — № 3. — С. 3–23.
15. Романова О. А. Формирование и развитие высокотехнологичного сектора в условиях новой индустриализации // Вестник Южно-Уральского государственного университета. — 2016. — Т. 10. — № 4. — С. 60–69. — Doi: 10.14529/em160415. — (Экономика и менеджмент).
16. Романова О. А., Сиротин Д. В. Новый технологический облик базовых отраслей промышленных регионов РФ // Экономические и социальные перемены. Факты, тенденции, прогноз. — 2015. — № 5. — С. 27–43. — Doi: 10.15838/esc/2015.5.41.2.
17. Романова О. А., Пономарева А. О. Стратегические ориентиры формирования нового технологического облика Большого Урала // Новая индустриализация. Мировое, национальное, региональное измерение. Материалы международной научно-практической конференции. — Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. ун-та, 2016. — Т. 1. — С. 140–143.
18. Теория принятия решений и распознавания образов. Курс лекций: учебное пособие / С. Д. Панин. — М.: Изд. МГТУ им. Н. Э. Баумана. — 2017. — 239 с.
19. Татаркин А. И., Романова О. А., Акбердина В. В. Промышленность индустриального региона. Потенциал, приоритеты и динамика экономико-технологического развития. — Екатеринбург: УРО РАН, 2014. — 632 с.
20. Устинов В. С. Анализ потребления металлопродукции в машиностроительном комплексе России // Научные труды. Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. — 2012. — Т. 10. — С. 280–301.
21. Ефимова К. В., Хейнонен В. А. Проведение анализа располагаемых ресурсов с использованием методик выделения главных компонент // Приложение математики в экономических и технических исследованиях. — 2015. — № 1 (5). — С. 35–39.
22. Актуализация приоритетов научно-технологического развития России. Проблемы и решения / Н. Г. Куракова, В. Г. Зинов, Л. А. Цветкова, О. А. Ерёмченко, В. С. Голомысов. — М.: Изд. дом «Дело» РАНХиГС, 2014. — 80 с.
23. Буданов И. А., Устинов В. С. Инновационно-инвестиционные процессы развития металлургического производства в России // Научные труды. Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. — 2015. — № 13. — С. 324–347.
24. Глуценко А. Н. Фундаментальные факторы и перспективы развития черной металлургии Украины // Бизнес информ. — 2014. — № 4. — С. 162–169.
25. Moreno R., Paci R., Usei S. Spatial spillovers and innovation activity in European regions // Environment and Planning A. — 2005. — Vol. 37. — Iss. 10. — Pp. 1793–1812.
26. Мухатдинов Н. Х., Бродов А. А., Косырев К. Л. Стратегия развития чёрной металлургии России на период 2014–2020 годы и на перспективу до 2030 года // Мат-лы XIII Международного Конгресса сталеплавателей. М., Полевской. — М.: Эзапринт, 2014. — С. 18–21.

27. Козицын А. А., Дудинская М. В. Конкурентоспособность и экономическая безопасность — приоритетные задачи металлургического комплекса региона и его лидеров в условиях нестабильности // Экономика региона. — 2015. — № 3 (43). — С. 204–215. Doi: 10.17059/2015–3–17.
28. Esposito A., Marinaro M., Oricchio D., Scarpetta S. Approximation of Continuous and Discontinuous Mappings by a Growing Neural RBF-based Algorithm // Neural Networks. — 2000. — Vol. 13. — No. 6. — Pp. 651–665.
29. Hopfield J. Neural networks and physical system with emergent collective computational properties // Proceeding of the National Academy of Sciences of the USA. — 1982. — Vol. 79. — No. 8. — Pp. 2554–2558. Doi:10.1073/pnas.79.8.2554.
30. Minsky M. L., Papert S. S. Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry. — MIT Press, Cambridge, MA, 1969. — 258 p.
31. Widrow B., Hoff M. E. Adaptive switching circuits // IRE WESCON, NY. — 1960. — Pp. 96–104.

Информация об авторах

Романова Ольга Александровна — доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН; Scopus Author ID: 24512702800 (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29; e-mail: econ@uran.ru).

Сиротин Дмитрий Владимирович — младший научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН; Scopus Author ID: 57194002454 (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29; e-mail: sirotind.umk@mail.ru).

For citation: Romanova, O. A. & Sirotin, D. V. (2017). The Desired Image of the Future Economy of the Industrial Region: Development Trends and Evaluation Methodology. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 13(3), 746–763

O. A. Romanova, D. V. Sirotin

Institute of Economics of the Ural Branch of RAS (Ekaterinburg, Russian Federation; e-mail: econ@uran.ru)

The Desired Image of the Future Economy of the Industrial Region: Development Trends and Evaluation Methodology

In the article, the authors emphasize that industrial regions play an important role in the increasing of technological independence of Russia. We show that the decline in the share of processing industries in the gross regional product can not be treated as a negative de-industrialization of the economy. The article proves that the increase in the speed of changes, instability of socio-economic systems, the diverse risks predetermine the need to develop new methodological approaches to predictive research. The studies aimed at developing a technology for the design of the desired image of the future and the methodology for its evaluation are of high importance. For the initial stage of the research, the authors propose the methodological approach for assessing the desired image of the future of metallurgy as one of the most important industry of the region. We propose the term of «technological image of the regional metallurgy». We show that repositioning the image of the regional metallurgical complex is quite a long process. This has determined the need to define the stages of repositioning. The proposed methodology of the evaluation of desired future includes the methodological provisions to quantify the characteristics of goals achieved at the respective stages of the repositioning of the metallurgy. The methodological approach to the design of the desired image of the future implies the following stages: the identification of the priority areas of the technological development of regional metallurgy on the basis of bibliometric and patent analysis; the evaluation of dynamics of the development of the structure of metal products domestic consumption based on comparative analysis and relevant analytical methods as well as its forecasting; the design of the factor model, allowing to identify the parameters quantifying the technological image of the regional metallurgy based on the principal components method; systematization of predicted values of the parameters defining the stages of repositioning and designing the new technological image of the regional metallurgy; the development of mathematical model for the recognition of the technological image of a regional metallurgy on the basis of neural networks.

Keywords: industrial region, de-industrialization, image of the future, repositioning, technological image of regional metallurgy, evaluation methodology, forecasting, principal component method, regression analysis, neural networks

Acknowledgments

The article has been prepared with the support of the Russian Foundation for Basic Research № 16–36–00097 «Economic and mathematical modelling of the regional metallurgical complex repositioning process in the conditions of new industrialization of the economy».

References

- Gainanov, D. A., Gubarev, R. V., Dzyuba, E. I. & Fayzullin, F. S. (2017). Industrialnyy potentsial regionov Rossii. Otsenka i rezervy rosta [Industrial potential of Russian regions: estimation and growth reserves]. *Sotsiologicheskie issledovaniya [Sociological Studies]*, 1, 106–116. (In Russ.)
- Makarov, V. L., Ayvazyan, S. A., Afanasyev, M. Yu., Bakhtizin, A. R. & Nanavyan, A. M. (2014). Otsenka effektivnosti regionov RF s uchetom intellektualnogo kapitala, kharakteristik gotovnosti k innovatsiyam, urovnya blagosostoyaniya i kachestva zhizni naseleniya [The Estimation Of The Regions' Efficiency Of The Russian Federation Including The Intellectual Capital, The Characteristics Of Readiness Of Innovation, Level Of Well-Being, And Quality Of Life]. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 4, 9–30. (In Russ.)

3. Klimenko, M. S. (2009). Sovremennyye metodologicheskie podkhody k otsenke potentsiala regionalnogo promyshlennogo razvitiya na primere otdelnykh subektov Yuzhnogo federalnogo okruga [Modern methodological approaches to the evaluation of the regional industrial development potential on the example of certain subjects of the Southern Federal District]. *Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika [Regional Economics: Theory and Practice]*, 36(129), 65–70. (In Russ.)
4. Akberdina, V. V., Grebenkin, A. V. & Bukhvalov, N. Yu. (2015). Modelirovanie innovatsionnogo rezonansa v industrialnykh regionakh [Simulation of Innovative Resonance in the Industrial Regions]. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 4, 289–308. Doi: 10.17059/2015-4-23. (In Russ.)
5. Bodrunov, S. D. (2016). Reindustrializatsiya: sotsialno-ekonomicheskie parametry reintegratsii proizvodstva, nauki i obrazovaniya [Re-industrialization: socio-economic parameters of reintegrating production, science and education]. *Sotsiologicheskie issledovaniya [Sociological Studies]*, 2, 20–28. (In Russ.)
6. Lenchuk, E. B. (Ed.). (2016). *Novaya promyshlennaya politika Rossii v kontekste obespecheniya tekhnologicheskoy nezavisimosti [New industrial policy of Russia in the context of technological independence support]*. St. Peterburg: Aleteyya Publ., 336. (In Russ.)
7. Bodrunov, S. D. (2016). *Gryadushcheye. Novoye industrialnoye obshchestvo: perezagruzka [Future. New industrial society: reset]*. St. Peterburg: NIR im. S. Yu. Vitte Publ., 328. (In Russ.)
8. Van Neuss, L. (2016). *The Economic Forces behind Deindustrialization: An Empirical Investigation*. HEC — University of Liège, 50.
9. Kudina, A. & Pitelis, C. (2014). De-industrialisation, comparative economic performance and FDI inflows in emerging economies. *International Business Review*, 23(5), 887–896. Doi: 10.1016/j.ibusrev.2014.02.001.
10. Tregenna, F. (2015). Deindustrialization, structural change and sustainable economic growth. *United Nations University Background Paper, 2015–2032*, 63.
11. Cowell, M. (2014). *Dealing with Deindustrialization: Adaptive Resilience in American Midwestern regions*. Routledge, Taylor & Francis Group. Typeset in Sabon by Swales and Willis Ltd, Exeter, Devon, UK, 131.
12. Bauman, Z. (2008). *Tekuchaya sovremennost [Liquid modernity]*. Trans. from English by S. A. Komarova; In: Yu. V. Asochakova (Ed.). St. Peterburg: Piter Publ., 240. (In Russ.)
13. Kirdina, S. G. & Kleiner, G. B. (2016). Sotsialnoye prognozirovaniye kak mezhdistsiplinarynyy proekt [Social Norms: From Attempts of Definition Towards New Theoretical Questions and Theories of Normativity]. *Sotsiologicheskie issledovaniya [Sociological Studies]*, 12, 44–51. (In Russ.)
14. Daskovsky, V. & Kiselev, V. (2017). Strukturno-investitsionnaya politika v tselyakh ustoychivogo rosta i modernizatsii ekonomiki [Structural and investment policy for the stable growth and modernization of economy]. *Ekonomist [Economist]*, 3, 3–23. (In Russ.)
15. Romanova, O. A. (2016). Formirovaniye i razvitiye vysokotekhnologichnogo sektora v usloviyakh novoy industrializatsii [Hi-tech sector shaping and development under the conditions of new industrialisation]. *Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the South Ural State University]*, 10(4), 60–69. Doi: 10.14529/em160415. (Series: Economics and Management). (In Russ.)
16. Romanova, O. A. & Sirotin, D. V. (2015). Novyy tekhnologicheskyy oblik bazovykh otrasley promyshlennykh regionov RF [New Technological Shape of Basic Branches of RF Industrial Regions]. *Ekonomicheskie i sotsialnyye peremeny. Fakty, tendentsii, prognoz [Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast]*, 5, 27–43. Doi: 10.15838/esc/2015.5.41.2. (In Russ.)
17. Romanova, O. A. & Ponomareva, A. O. (2016). Strategicheskie orientiry formirovaniya novogo tekhnologicheskogo oblika Bolshogo Urala [Strategic reference points for the development of new technological image of the Big Urals]. *Novaya industrializatsiya. Mirovoye, natsionalnoye, regionalnoye izmerenie. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [New industrialization. World, national, regional measurement. Proceedings of the international scientific and practical conference]*. Ekaterinburg: Ural. gos. un-ta Publ., 1, 140–143. (In Russ.)
18. Panin, S. D. (2017). *Teoriya prinyatiya resheniy i raspoznavaniya obrazov. Kurs lektsiy: uchebnoye posobie [Theory of decision-making and recognition of images. Course of lectures: textbook]*. Moscow: MGТУ im. N. E. Baumana Publ. 239. (In Russ.)
19. Tatarin, A. I., Romanova, O. A. & Akberdina, V. V. (2014). *Promyshlennost industrialnogo regiona. Potentsial, priority i dinamika ekonomiko-tekhnologicheskogo razvitiya [Industry of the industrial region. Potential, priorities and dynamics of economical and technological development]*. Ekaterinburg: UrO RAN Publ., 632. (In Russ.)
20. Ustinov, V. S. (2012). Analiz potrebleniya metalloproduktov v mashinostroitelnom komplekse Rossii [The Analysis of Metal Products Consumption in a Machine Building Complex of Russia]. *Nauchnyye trudy. Institut narodnokhozyaystvennogo prognozirovaniya RAN [Scientific Works. Institute of Economic Forecasting of RAS]*, 10, 280–301. (In Russ.)
21. Efimova, K. V. & Kheinonen, V. A. (2015). Provedeniye analiza raspolagaemykh resursov s ispolzovaniem metodik vydeleniya glavnykh komponent [Analysis of available resources by the technique of principal component]. *Prilozhenie matematiki v ekonomicheskikh i tekhnicheskikh issledovaniyakh [The application of mathematics in economic and technical studies]*, 1(5), 35–39. (In Russ.)
22. Kurakova, N. G., Zinov, V. G., Tsvetkova, L. A., Eryomchenko, O. A. & Golomysov, V. S. (2014). *Aktualizatsiya priorityetov nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossii: problemy i resheniya [Updating the priorities of scientific and technological development of Russia: problems and solutions]*. Moscow: Delo RANKhiGS Publ., 80. (In Russ.)

23. Budanov, I. A. & Ustinov, V. S. (2015). Innovatsionno-investitsionnyye protsessy razvitiya metallurgicheskogo proizvodstva v Rossii [Innovation and Investment Processes of Metallurgy Development in Russia]. *Nauchnyye trudy. Institut narodnokhozyaystvennogo prognozirovaniya RAN [Scientific Works. Institute of Economic Forecasting of RAS]*, 13, 324–347. (In Russ.)
24. Glushchenko, A. N. (2014). Fundamentalnyye faktory i perspektivy razvitiya chyornoy metallurgii Ukrainy [Fundamental Factors and Prospects of Development of Ferrous Metallurgy in Ukraine]. *Biznes inform [Business Inform]*, 4, 162–169. (In Russ.)
25. Moreno, R., Paci, R. & Usei, S. (2005). Spatial spillovers and innovation activity in European regions. *Environment and Planning A*, 37(10), 1793–1812.
26. Mukhatdinov, N. Kh., Brodov, A. A. & Kosyrev, K. L. (2014). Strategiya razvitiya chyornoy metallurgii Rossii na period 2014–2020 gody i na perspektivu do 2030 goda [The strategy of the development of ferrous metallurgy of Russia for 2014–2020 and until 2030]. *Materialy XIII Mezhdunarodnogo Kongressa staleplavilshchikov. M. Polevskoy [Proceedings of the XIII International Congress of Steelmakers. Moscow, Polevskoy]*. Moscow: Ezaprint Publ., 18–21. (In Russ.)
27. Kozitsyn, A. A. & Dudinskaya, M. V. (2015). Konkurentosposobnost i ekonomicheskaya bezopasnost — priorityetnyye zadachi metallurgicheskogo kompleksa regiona i ego liderov v usloviyakh nestabilnosti [Competitiveness and Economic Security — Priority Problems of the Region's Metallurgical Complex and Its Leaders in the Conditions Of Instability]. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 3(43), 204–215. Doi: 10.17059/2015–3–17. (In Russ.)
28. Esposito, A., Marinaro, M., Oricchio, D. & Scarpetta, S. (2000). Approximation of Continuous and Discontinuous Mappings by a Growing Neural RBF-based Algorithm. *Neural Networks*, 13(6), 651–665.
29. Hopfield, J. (1982). Neural networks and physical system with emergent collective computational properties. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the USA*, 79(8), 2554–2558. Doi:10.1073/pnas.79.8.2554.
30. Minsky, M. L. & Papert, S. S. (1969). *Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry*. MIT Press, Cambridge, MA, 258.
31. Widrow, B. & Hoff, M. E. (1960). *Adaptive switching circuits*. IRE WESCON, NY, 96–104.

Authors

Olga Aleksandrovna Romanova — Doctor of Economics, Professor, Chief Research Associate, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS; Scopus Author ID: 24512702800 (29, Moskovskaya St., Ekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: econ@uran.ru).

Dmitry Vladimirovich Sirotin — Research Assistant, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS; Scopus Author ID: 57194002454 (29, Moskovskaya St., Ekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: sirotind.umk@mail.ru).