

УДК 659.1

¹*Н. И. Ломакин*, ²*Е. А. Радионова*, ³*А. В. Горбунова*, ¹*А. Ю. Заруднева*,
¹*С. А. Наумова*, ¹*Т. А. Крутышева*

¹ Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград,
email: tel9033176642@yahoo.com

²Волгоградский филиал РЭУ им. Г.В. Плеханова, г. Волгоград, email: elena-2003@mail.ru

³Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградский государственный
технический университет, Волгоградская обл., г. Волжский, email: alinavictory@mail.ru

НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВВП РОССИИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ

Ключевые слова: AI-система, ВВП, прогноз, грузооборот, нейросеть, цифровая экономика.

Представлена разработанная AI-модель, предназначенная для прогнозирования ВВП России на основе совокупности данных, отражающих развитие реального сектора экономики за 2011 – 2019 гг., включая динамику грузооборота. Исследованы теоретические основы прогнозирования ВВП в условиях рыночной неопределённости и формирования цифровой экономики. Рассмотрен опыт применения систем искусственного интеллекта для сбора и обработки Big Data в целях прогнозирования временных рядов. Выдвинута и доказана гипотеза, что с помощью AI-модели, можно получить прогноз ВВП России на следующий год на основе совокупности данных, отражающих развитие реального сектора экономики за 2011 – 2019 гг., включая динамику грузооборота.

¹*N. I. Lomakin*, ²*E. A. Radionova*, ³*A. V. Gorbunova*, ¹*A. Yu. Zarudneva*, ¹*S. A. Naumova*,
¹*T. A. Krutyshcheva*

¹Volgograd State Technical University, Volgograd, email: tel9033176642@yahoo.com

²Volgograd branch of the PRUE G.V. Plekhanov, Volgograd, email: elena-2003@mail.ru

³Volzhsky Polytechnic Institute (branch) Volgograd State Technical University, Volgograd
region, Volzhsky, email: alinavictory@mail.ru

NEURAL NETWORK MODEL FOR FORECASTING RUSSIAN GDP IN THE CONDITIONS OF DIGITALIZATION OF THE ECONOMY

Keywords: AI system, GDP, forecast, cargo turnover, neural network, digital economy.

The developed AI-model is presented, designed to predict Russia's GDP based on a set of data reflecting the development of the real sector of the economy for 2011 – 2019, including the dynamics of freight turnover. The theoretical foundations of GDP forecasting in conditions of market uncertainty and the formation of a digital economy have been investigated. The experience of using artificial intelligence systems for collecting and processing Big Data in order to predict time series is considered. A hypothesis was put forward and proved that using the AI-model, it is possible to obtain a forecast of Russia's GDP for the next year based on a set of data reflecting the development of the real sector of the economy for 2011 – 2019, including the dynamics of freight turnover.

Актуальность исследования состоит в том, что выдвинута и доказана гипотеза, что с помощью разработанной AI-системы, можно получить прогноз ВВП России на следующий год на основе совокупности данных, отражающих развитие реального сектора экономики за 2011 – 2019 гг., включая динамику грузооборота.

Как известно, существует множество методов и моделей прогнозирования. Прогнозирование временных рядов в условиях рыночной неопределённости имеет важное значение, однако,

несмотря на множество проведенных научных разработок, отдельные аспекты проблемы остаются недостаточно изученными и требуют дополнительных исследований.

В настоящей статье затрагивается проблема, использования систем искусственного интеллекта, в целях прогнозирования ВВП России на основе динамики параметров реального сектора экономики, включая грузооборот и некоторых макроэкономических показателей. Решение поставленной проблемы имеет большую практическую

значимость, поскольку, улучшение точности прогнозирования ВВП страны позволяет повысить эффективность экономики, благодаря обеспечению сбалансированности развития и межотраслевого взаимодействия.

Цель исследования

Выдвинуть и доказать гипотезу, что с помощью нейросети можно получить прогноз ВВП России на следующий год на основе совокупности данных, отражающих развитие реального сектора экономики за 2011 – 2019 гг., включая динамику грузооборота.

Материал и методы исследования

В работе применялись такие методы исследования, как: монографический, аналитический, расчетно-конструктивный и нелинейная математическая модель, а также анализ, моделирование, изучение и обобщение.

Результаты исследования и их обсуждение

1.1. Применение искусственного интеллекта и прогноз ВВП РФ

Создание и продвижение области науки о данных и аналитики с точки зрения совершенствования теоретических основ, алгоритмов и моделей, оценки и экспериментов, приложений и систем по конкретным вопросам имеет важное значение в современных условиях.

Актуальность исследования – в том, что с появлением нового технологического уклада «Индустрия 4.0» возникают предпосылки стремительного развития цифровой экономики, которые приводят к трансформации и появлению новых экономических отношений, основанных на автоматизации бизнес-процессов, применении систем искусственного интеллекта. В этой связи вопросы достижения устойчивости российской экономики в условиях нарастания рыночной неопределенности и риска в условиях цифровизации требуют к себе еще большего внимания, выдвигая на передний план проблему прогнозирования размера ВВП страны.

Как известно, валовой внутренний продукт (англ. gross domestic product), общепринятое сокращение – ВВП (англ.

GDP) представляет собой макроэкономический показатель, который отражает рыночную стоимость всех конечных товаров и услуг, иными словами – товаров, предназначенных для непосредственного употребления, использования или применения, которые были произведены за год во всех отраслях экономики на территории государства для потребления, экспорта и накопления, независимо от национальной принадлежности использованных факторов производства [1].

Проведенный анализ показал, что имеет место нелинейная зависимость между динамикой ВВП и объемом грузооборота (рис. 1).

Необходимо более глубокое исследование зависимости между ВВП и прочими параметрами.

Что бы дать оценку роли транспортной системы России в мировом транспортном хозяйстве, важно рассматривать транспорт страны в целом, причем, сравнение можно провести по следующим параметрам: доля транспорта как отрасли (области деятельности) во внутреннем валовом продукте (ВВП) страны, доля грузооборота и пассажиро-оборота по видам транспорта, протяженность и густота транспортной сети и др. Как известно, транспорт занимает весомое место в формировании ВВП России, примерно на одном уровне с такими странами, как Германия, Франция, Япония и Великобритания. Характерно, что в странах с развитой рыночной экономикой значительно более весомую долю грузооборота, чем в России, выполняет автомобильный транспорт, что касается пассажирооборота, то в этих странах автомобильный транспорт занимает ведущее место [2]. Так, доля транспортировки и хранения составила 6,3% от ВВП России в 2018 г. [3].

1.2. Нейросеть Perseptron для прогноза

Программа Perseptron для прогноза ВВП сформирована на платформе Deductor. Deductor – аналитическая платформа, разработанная компанией BaseGroup Labs. В Deductor встроены самые востребованные алгоритмы анализа (деревья решений, нейронные сети, самоорганизующиеся карты и т. д.), есть

десятки способов визуализации и предусмотрена интеграция с множеством источников/приемников данных.

Нейросеть Perseptron, сформированная на платформе Deductor была обучена на исходных данных, вошедших в датасет, которые в значительной мере получены с web-сайта Росстата [4] (таблица 1).

В ходе анализа, обращают на себя следующие факты: 1) в грузообороте России на автомобильные дороги

приходится, год от года, не более 5%; 2) грузооборот России – это трубопроводы и железные дороги, именно эти транспортные артерии работают на экспорт – приносят стране доллары; 3) Экспорт России – это транспортировка крупнотоннажных товаров, а для экспорта нефти и газа используются трубопроводы. В свою очередь, для экспорта тяжёлых грузов и на дальние расстояния железные дороги представляют собой наиболее экономичный вид транспорта.

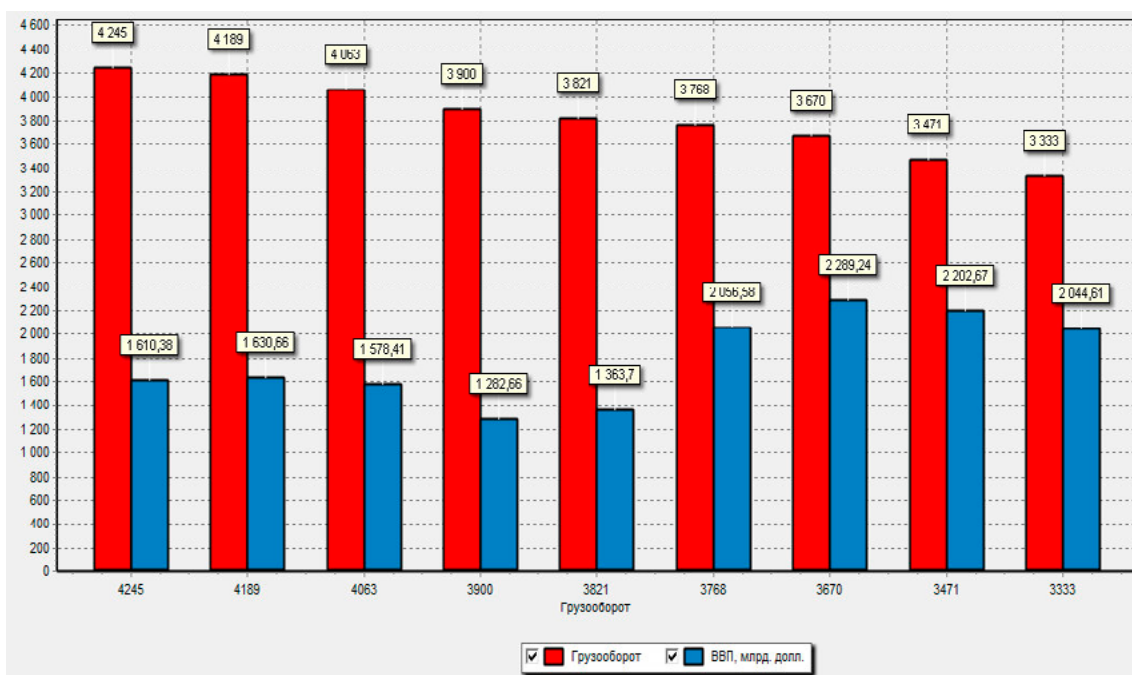


Рис. 1. Диаграмма динамики грузооборота и ВВП России (2011-2019 гг.)

Таблица 1

Исходные данные для AI-модели

Грузооборот	Аэрофлот, акции, руб.	Ютэйр, акции, руб.	Дальневосточное морское пароходство, акции, руб.	Новороссийский морской торговый порт, акции, руб.	Перевезено млрд.т ЖД	Перевезено млрд.т Авто	Перевезено млрд.т Трубо	ВВП, млрд. долл.	Индекс РТС	Курс доллара, руб.	Прогноз ВВП, млрд. долл.
4245	106,78	7,17	8,86	9,05	1399	5735	608	1610,38	1517	61,98	1610,38
4189	112,06	7,7	5,01	6,89	1411	5544	603	1630,66	1068	69,83	1630,66
4063	142,12	8,9	6,1	8,12	1384	5404	589	1578,41	1154	57,61	1578,41
3900	160,06	8,9	3,26	6,53	1325	5397	578	1282,66	1152	61,27	1282,66
3821	57,2	11,26	2,64	3,51	1329	5357	578	1363,7	757	73,6	1363,7
3768	34,52	8,56	2,99	1,6	1375	5417	566	2056,58	790	55,91	2056,58
3670	73,56	23,23	3,91	2,78	1381	5635	558	2289,24	1442	32,89	2289,24
3471	45,08	24,53	9,65	2,9	1421	5842	555	2202,67	1526	30,56	2202,67
3333	51,4	24,53	8,34	2,8	1382	5663	576	2044,61	1381	32,2	2044,61

Разработанный персептрон содержит 11 параметров на входном слое, в том числе: грузооборот (млрд. т/км), аэрофлот, акции, (руб.), Ютэйр, акции, (руб.), Дальневосточное морское пароходство, акции, (руб.), Новороссийский морской торговый порт, акции, (руб.), Перевезено ЖД (млрд. т), перевезено авто (млрд. т), перевезено трубопр. (млрд. т), ВВП, (млрд. долл.), индекс РТС, курс доллара, руб. Кроме того, имеется два скрытых слоя по 2 и 1 узлу, соответственно, и выходной слой с одним параметром – прогноз ВВП, (млрд. долл.).

Персептрон был сформирован и использовался на платформе Deductor. Граф нейросети представлен на рис. 2.

Использование функции «что-если» позволяет получить прогнозное значение размера ВВП в зависимости от величины входных параметров (рис. 3).

Так, например, подставив в модель современные значения, можем получить прогноз ВВП на следующий

2020 год. Грузооборот транспорта в России за 2020 год, согласно предварительным данным, уменьшился по сравнению с показателем за 2019 год на 4,9% и составил почти 5,4 трлн т/км, сообщает ТАСС со ссылкой на доклад Росстата. Далее, на конец 2020 г. имеем следующие параметры: 71,44 руб. акции Аэрофлот, 6,70 руб. акции UTAR, 13,6 руб. – акции ДВМП, 9,90 руб. – акции NMTP, погрузка на сети ОАО «Российские железные дороги» в 2020 году составила 1 млрд 243,6 млн тонн, что на 2,7% меньше, чем за предыдущий год (вводим 1339), перевозки автотранспортом за отчетный 2020 год составили более 5,4 млрд тонн – на 6,2% меньше, чем было перевезено в 2019 году. (вводим 5316,345), транспортировка трубопроводным транспортом составила 1,06 млрд тонн, что ниже показателя 2019 года на 8,4% (вводим 556,928), 1398 – индекс РТС на конец 2020 г. ВВП за 2019 г. 1610,38 млрд. долл. 73,87 руб. – курс доллара.

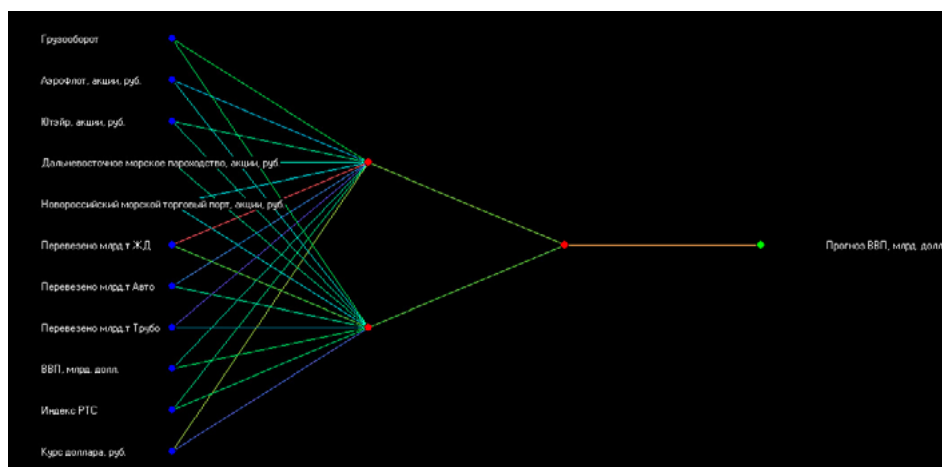


Рис. 2. Граф нейросети персептрон

Полюс	Значение
Входные	
9.0 Грузооборот	4245
9.0 Аэрофлот, акции, руб.	106,78
9.0 Ютэйр, акции, руб.	7,17
9.0 Дальневосточное морское пароходство, акции, руб.	8,86
9.0 Новороссийский морской торговый порт, акции, руб.	9,05
9.0 Перевезено млрд. т ЖД	1339
9.0 Перевезено млрд. т Авто	5735
9.0 Перевезено млрд. т Трубо	600
9.0 ВВП, млрд. долл.	1610,38
9.0 Индекс РТС	1517
9.0 Курс доллара, руб.	61,98
Выходные	
9.0 Прогноз ВВП, млрд. долл.	1610,39907721001

Рис. 3. Функция «что-если»

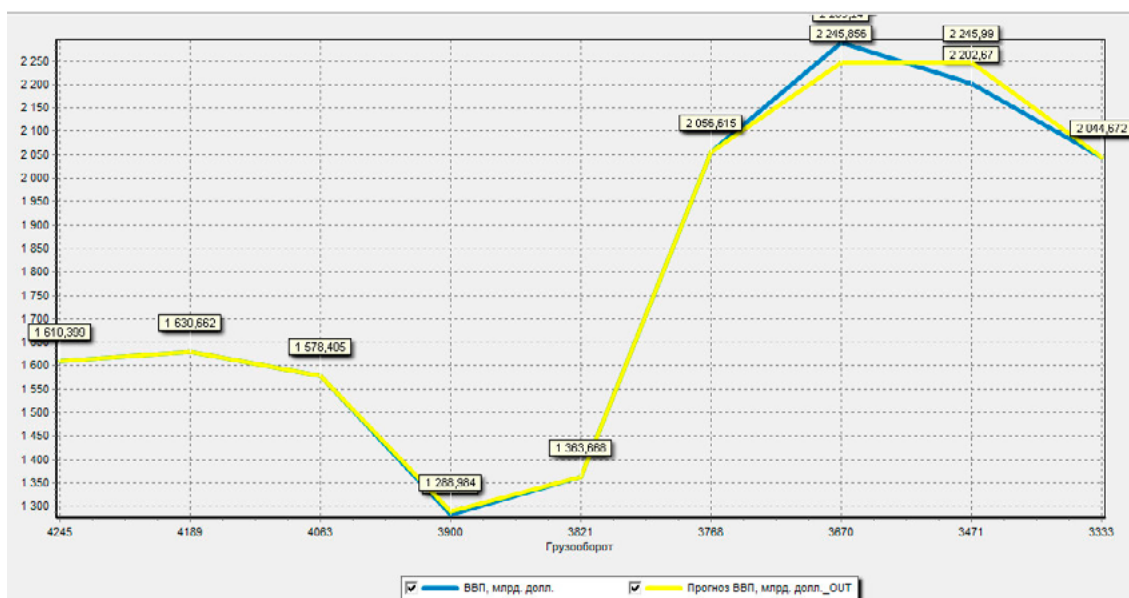


Рис. 4. Кривые «факт-прогноз» ВВП

Подставив свежие значения входных параметров в нейросетевую модель, получим прогнозную величину ВВП РФ в 2020 г. в долларах 1289,0513 млрд. долл., что составляет 0,8805% от его фактического значения 1464 млрд. долларов. Ошибка составила 11,95%.

Что касается России, то 2020 был не самым удачным годом для экономики страны. ВВП РФ в 2020 году упал до 1464 млрд. долларов или 123 млрд. долларов, что составляет 4,12%. При этом, по показателю ВВП на душу населения, Россия занимает 66 место в мире [5].

Точность прогноза по данным, включенных в модель можно проанализировать на основе сравнения фактических и прогнозных значений ВВП нейросети, ошибка не превышает 4,73% (рис. 4).

Как известно, временной ряд – это ряд последовательных значений, характеризующих изменение некоторого показателя во времени. Анализ временных рядов представляет собой совокупность математико-статистических методов анализа, направленных на выявление структуры временных рядов и для их прогнозирования. Математические модели временных рядов могут иметь различные формы и представлять различные стохастические процессы.

Отечественный опыт свидетельствует о том, что системы искусственного интеллекта находят все более широкое применение в решении практических задач на крупных предприятиях, в банках и ИТ-компаниях, а также на предприятиях реального сектора экономики.

Следует констатировать, что в России сложился довольно низкий уровень применения цифровых инноваций, по сравнению с зарубежными компаниями развитых стран и продолжает оставаться на низком уровне. Научный интерес представляют модель ценообразования капитальных активов Дженсена, Фишера и Майрона [6]. Фама и Макбет сочли необходимым рассматривать риск как категорию, в которой наблюдается доходность и равновесие [7].

Практика показывает, что применение систем искусственного интеллекта позволяет решать широкий круг проблем. Например, важное значение имеет поиск оптимальных решений в области создания организационных механизмов выделения субсидий на общественный транспорт в Санкт-Петербурге [8, с. 4706-4711], для оптимизации управления инновационным процессом на производственном предприятии [9]. В предложенной нейросетевой модели предпринята попытка найти закономер-

ности и увязать величину ВВП страны, используя следующие 11 параметров на входном слое, в том числе: грузооборот (млрд. т/км), аэрофлот, акции, (руб.), Ютэйр, акции, (руб.), Дальневосточное морское пароходство, акции, (руб.), Новороссийский морской торговый порт, акции, (руб.), Перевезено ЖД (млрд. т), перевезено авто (млрд. т), перевезено трубопр. (млрд. т), ВВП, (млрд. долл.), индекс РТС, курс доллара, руб.

Тогда как AI-модели, рассмотренные в более ранних исследованиях, опирались на использование иных подходов и параметров. Так, например, Ломакин Н.И. с соавторами сформировали нейро-прогноз ВВП глобальной экономики по факторам, включая вклад предпринимательства и энергопотребление [10, с. 255-259], кроме того, был проведен интеллектуальный поиск закономерностей глобального ВВП путём квантования данных вклада предпринимательства и инноваций [11, с. 124-126], а так же был использован искусственный интеллект в исследовании вклада предпринимательства и энергетического менеджмента ВВП глобальной экономики [12, с. 260-263].

Как показывает практика, искусственный интеллект находит все более широкое применение в условиях цифровизации экономики, для которых характерно внедрение технологий

«Индустрия 4.0». Внимание многих ученых сфокусировано на исследование технологических процессов, обусловленных внедрением цифровой экономики.

Выводы

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

Во-первых, важное значение имеет использование нейросетевых алгоритмов, позволяющих получить точный прогноз ВВП страны, создавая предпосылки к сбалансированному и эффективному развитию экономики в современных условиях.

Во-вторых, доказана выдвинутая гипотеза, что с помощью нейросети можно получить прогноз ВВП России на следующий год на основе совокупности данных, отражающих развитие реального сектора экономики за 2011 – 2019 гг., включая динамику грузооборота.

В-третьих, предложенное решение имеет большое практическое значение. Была получена прогнозная величина ВВП РФ в 2020 г. в долларах 1289,0513 млрд. долл., что составляет 0,8805% от его фактического значения 1464 млрд. долларов. Ошибка составила 11,95%, что свидетельствует о том, что имеются определенные резервы для совершенствования, поскольку на данных, использованных для обучения нейросети, не превышала 4,73%.

Библиографический список

1. Валовой внутренний продукт [Электронный ресурс] – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%> (дата обращения 18 апреля 2021 г.)
2. Место транспортной системы России в мире. международные транспортные коридоры транспорт РФ в сравнении с транспортом других стран [Электронный ресурс] – URL: https://studref.com/303146/tehnika/mesto_transportnoy_sistemy_rossii_mire_mezhdunarodnye_transportnye_koridory/ (дата обращения 18 апреля 2021 г.)
3. Структура ВВП России 2021 по отраслям [Электронный ресурс] – URL: <https://bankiros.ru/wiki/term/struktura-vvp-rossii-po-otraslam> (дата обращения 18 апреля 2021 г.)
4. Росстат: Основные показатели транспорта [Электронный ресурс] – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/23455?print=1> (дата обращения 18 апреля 2021 г.)
5. Насколько вырос ВВП России и стран мира в 2020 году [Электронный ресурс] – URL: <http://bs-life.ru/makroekonomika/vvp2021.html> (дата обращения 18 апреля 2021 г.)
6. Jensen M., Fischer V. and Myron V. The Capital Asset Pricing Model: some empirical tests // Praeger Publishers Inc. 1972.
7. Eugene F. Fama and James D. MacBeth Risk, Return and Equilibrium: Empirical Tests // Journal of Political Economy, 1973. Vol. 81(3)

8. Kulachinskaya A., Kravchenko V., Bezdenezhnykh T. Organizational mechanisms of allocation of subsidies for public transport in St. Petersburg // Proceedings of the 31st International Business Information Management Association Conference. – 2018. – С. 4706-4711.

9. Demidenko D.S. Malevskaia-Malevich E.D., Dubolazova Y.A., Victorova N.G. Optimization of the innovation process management at a manufacturing enterprise // Proceedings of the 31st International Business Information Management Association Conference. – 2018. – С. 996-1003.

10. Интеллектуальный анализ и нейро-прогноз ВВП глобальной экономики по факторам, включая вклад предпринимательства и энергопотребление [Электронный ресурс] / Н.И. Ломакин, Ли Джун, Г.М. Кондрашов, В.В. Покидова, И.А. Уланова, А.Ф. Московцев, А.В. Копылов, И.А. Самородова, О.Н. Максимова, А.В. Горбунова // Современные исследования социальных проблем: электрон. науч. журнал. – 2017. – Т. 8, № 1-2. – С. 255-259. – Режим доступа: <http://ej.soc-journal.ru>.

11. Интеллектуальный поиск закономерностей глобального ВВП путём квантования данных вклада предпринимательства и инноваций / Н.И. Ломакин, Г.И. Лукьянов, О.Н. Максимова, И.А. Самородова, А.В. Масленников, И.О. Колодкин // Наука Красноярья. – 2017. – Т. 6, № 3-3. – С. 124-126.

12. Искусственный интеллект в исследовании вклада предпринимательства и энергетического менеджмента ВВП глобальной экономики [Электронный ресурс] / Н.И. Ломакин, Ли Джун, Г.М. Кондрашов, В.В. Покидова, А.Ф. Московцев, А.В. Копылов, А.П. Тюков, И.А. Самородова, О.Н. Максимова, А.В. Горбунова, Я.А. Попова // Современные исследования социальных проблем: электрон. науч. журнал. – 2017. – Т. 8, № 1-2. – С. 260-263. – Режим доступа: <http://ej.soc-journal.ru>.