УДК 338

***В. М. Пономарев***
Чайковский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова», Чайковский, e-mail: chti@chti.ru

***С. В. Пономарева***
ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, e-mail: psvpon@mail.ru

***А. А. Жигит***
ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, e-mail: laqlol1996@mail.ru

# СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ, АДАПТАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Ключевые слова:** стратегическое планирование, искусственный интеллект, инновации, промышленные предприятия, ракетно-космическая промышленность, искусственные нейронные сети.

В научной статье рассмотрены проблемы планирования, адаптации и применения искусственного интеллекта в космической промышленности Российской Федерации. Искусственный интеллект в космической промышленности сегодня воспринимается учёными, во многих областях научных знаний, как новые научные открытия и инновации. Искусственный интеллект при помощи нейронных сетей может распознавать схемы, некоторые закономерности, делать выводы, анализировать сценарии, видеть перспективу, стратегически и критически мыслить, предлагать наилучшее решение проблем. Но только человек, на основе предложенного инструментария искусственным интеллектом сможет принять релевантное управленческое решение, при этом не навредить человечеству. Ранее считалось, что искусственным интеллектом занимались только математики, но в последние годы многие учёные заинтересовались отдельными аспектами развития и применения искусственного интеллекта в промышленности. Самой передовой и благодатной почвой для развития искусственного интеллекта считаем космическую промышленность, так как, несомненно, она поддерживается государственными органами и первыми лицами государства. Сейчас учёные всего мира относятся к искусственному интеллекту как новому инструменту, который идентифицирует объекты с невероятной для биологического интеллекта скоростью. При активном применении искусственного интеллекта в космической промышленности должны наблюдаться следующие положительные сдвиги: уменьшатся риски в расчетах, увеличится память обрабатываемой информации, ускорится обработка информации, появится вариативность. Искусственный интеллект не способен просчитывать и извлекать собственную выгоду, как человек, думая только в заданном профессиональном направлении. Искусственные нейронные сети нашли своё применение для планирования и прогнозирования краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных тенденций в экономической сфере промышленных предприятий. В статье авторами представлено обобщение терминологического аппарата в области искусственных нейронных сетей, была дана характеристика биологическим и искусственным нейронным сетям прямого действия и с обратными связями, проведён анализ статистических данных по высокотехнологичным предприятиям.

***V. M. Ponomarev***
Tchaikovsky Institute of Technology (branch) of Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov, Tchaikovsky, e-mail: chti@chti.ru

***S. V. Ponomareva***
Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: psvpon@mail.ru

***A. A. Zhigit***
Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: laqlol1996@mail.ru

# STRATEGIC PLANNING, ADAPTATION AND APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN THE ROCKET-SPACE INDUSTRY OF THE RUSSIAN FEDERATION

**Keywords:** strategic planning, artificial intelligence, innovations, industrial enterprises, rocket and space industry, artificial neural networks.

The scientific article deals with the problems of planning, adaptation and application of artificial intelligence in the space industry of the Russian Federation. Artificial intelligence in the space industry today is perceived by scientists, in many fields of scientific knowledge, as new scientific discoveries and innovations. Artificial intelligence with the help of neural networks can recognize patterns, some patterns, draw conclusions, analyze scenarios, see the future, strategically and critically think, offer the best solution to problems. But only a person, on the basis of the proposed tools by artificial intelligence, will be able to take the relevant management decision, without harming humanity. Previously it was thought that only mathematicians were engaged in artificial intelligence, but in recent years many scientists have become interested in certain aspects of the development and application of artificial intelligence in industry. We consider the space industry to be the most advanced and fertile ground for the development of artificial intelligence, since, undoubtedly, it is supported by government agencies and top officials of the state. Now scientists around the world refer to artificial intelligence as a new tool that identifies objects with an incredible speed for biological intelligence. With the active use of artificial intelligence in the space industry, the following positive developments should be observed: the risks in calculations will decrease, the memory of the processed information will increase, information processing will accelerate, variability will appear. Artificial intelligence is not able to calculate and derive its own benefit, as a person, thinking only in a given professional direction. Artificial neural networks have been used for planning and forecasting short-term, medium-term and long-term trends in the economic sphere of industrial enterprises. In the article, the authors presented a generalization of the terminological apparatus in the field of artificial neural networks, described the biological and artificial direct-acting neural networks and feedbacks, analyzed statistical data on high-tech enterprises.

## Введение

Ракетно-космическая промышленность Российской Федерации (далее – РКП России), как правопреемник советской государственной космической индустрии нуждается в постоянной модернизации научно-технической базы. РКП России сегодня несомненный мировой лидер, опережающий все страны – это около 100 организаций, в которых занято 250 тыс. чел. Ракетно-космическая промышленность, как высокотехнологичная отрасль обеспечивает военно-экономическую безопасность Российской Федерации, она специализируется на производстве ракетного оружия, космической технике и научных разработках инноваций.

Решающую роль в современной прорывной науке играет помощь искусственного интеллекта в различных областях знаний, в сферах деятельности и пр. Актуальность темы исследования научной статьи связана с развитием цифровизации и индустриализации в Российской Федерации, а также с применением новых прогрессивных подходов в ракетно-космической промышленности. Авторы научной статьи считают возможным акцентировать внимание учёных на применении искусственного интеллекта в комической промышленности. Учёные всего мира объединяют свои усилия в исследованиях искусственного интеллекта и нейронных сетей, они делятся своими наработками и научными изысканиями в физике, математике, химии, биологии и пр. Научная проблема, которая остро стоит перед всеми учёными – быстрейшее внедрение искусственного интеллекта в высокотехнологичные компании Российской Федерации, в том числе в ракетно-космическую промышленность.

**Цель исследования** – на основе проведённого анализа материалов исследования представить научной общественности умозаключения по применению инструментов искусственного интеллекта в деятельность ракетно-космической промышленности Российской Федерации.

## Материал и методы исследования

В результате проведённых исследований и обработки научного материала были применены следующие методы научного познания: анализ, синтез, дедукция.

Степень изученности материалов исследования и обзор литературы. Помнению авторов, тема исследования недостаточно изучена в зарубежной и отечественной научной литературе. Целесообразно отметить, что практически отсутствует отраслевой привязки и практического опыта применения искусственных нейронных сетей в ракетно-космической промышленности. Считаем, что тема исследования требует более детальной проработки, как в концептуальном, так и практическом аспекте, но отмечаем вклад в науку следующих авторов: А.А. Хачатурян рассматривал проблемы цифровизации и индустриализации промышленных предприятий

российской Федерации [1]; И.В. Железнова рассматривала внутрифирменное планирование и математическое моделирование на промышленных предприятиях [2]; М.Л.И. Анфимова представила научной общественности методический инструментарий оценки инновационного развития ракетно-космической промышленности РФ [3]; У.В. Афтахова, Е.С. Лобова создали многофакторная модель внутрифирменного планирования высокотехнологических отечественных компаний в индустриальных регионах [4, с. 213–222]; Г.Е. Белоногов представил искусственный интеллект как космическую необходимость [5, с. 383–385]; А.В. Гаврилов изучил искусственный интеллект и будущее цивилизации [6, с. 78–81]; Д.В. Есипова дала характеристику искусственному интеллекту [7, с. 129–131]; К.Х. Зоидов, Д.И. Серебрянский рассмотрели отдельные аспекты стратегического планирования и перспективы применения искусственных нейронных сетей в нефтегазовой отечественной промышленности [8, с. 15–24]; а также планирование и применение искусственного интеллекта в космической промышленности [9]; Р.А. Иманов, И.А. Стафеева изучали стратегическое планирование и контроллинг инноваций промышленного предприятия [10]; Р.А. Иманов, Д.И. Серебрянский рассматривали развитие искусственного интеллекта в отечественном промышленном производстве [11, с. 5–11]; В.А. Иноземцев выявил возможность компьютерного моделирования знания в искусственном интеллекте [12, с. 76–83]; В.В. Котлярова, А.М. Бабаев, М.А. Шемякина представили философские и аксиологические аспекты проблемы применения искусственного интеллекта [13, с. 187–191]; Д.А. Кошелев изучил место искусственного интеллекта в информационных технологиях [14, с. 53–55]; Н.О. Макаренко, Л.В. Ерыгина изучили проблемы коммерциализации инноваций на предприятиях ракетно-космической промышленности [15, с. 486–487]; М.П. Малыхина, Д.А. Герасимов представили мультиагентные системы искусственного интеллекта [16, с. 476–484]; А.В. Остапенко, А.И. Косырева провели комплексную оценку уровня технологического развития предприятий ракетно-космической промышленности [17, с. 59–63]; а также представили основные типовые показатели оценки уровня технологического развития предприятий ракетно-космической промышленности [18, с. 63–66]; авторы научной статьи изучили ранее стратегическое планирование инноваций в машиностроительных промышленных предприятиях Российской Федерации [20, с. 144–150]; Л. Раткин представил нанотехнологичные разработки для авиационно-космической промышленности [21, с. 20–23]; А.С. Славянов, Е.Ю. Хрусталёв выявили риски и приоритеты стратегии развития отечественной ракетно-космической промышленности [22, с. 1057–1071]; С.Е. Цыбулевский, М.Н. Горынцева представила детерминанты, обусловливающие формирование конкурентоспособной ракетно-космической промышленности на примере зарубежного опыта [23, с. 916–919] и др.

## Результаты исследования и их обсуждение

Целесообразно отметить, что учёные всего мира считают, что при помощи искусственного интеллекта у людей (человечества) открываются безграничные способности, которыми можно пользоваться в созидательных целях, в том числе в промышленности и дальнейшем освоении космоса. Авторы считают, что для освоения космоса необходимо выполнить два условия:

– во-первых, искусственный интеллект должен быть умнее человека;

– во-вторых, искусственный интеллект должен восприниматься как новая форма жизни (разумные существа, способные учиться дальше).

Известен тот факт, что с помощью нейросетевых алгоритмов создаются нейронные сети (Neural network) для современных персональных компьютеров. Искусственный интеллект, анализируя информацию, создаёт сложные и нетривиальные зависимости, что чрезвычайно полезно и важно для космической промышленности и человечества в целом. Авторы считают, что учёными-математиками должны создаваться больше математических моделей, построенных для космической промышленности. Уже существующий терминологический задел следует обобщить (табл. 1).

**Таблица 1**

Обобщение терминологического аппарата в области нейронных сетей
[Источник: составлено авторами]

| № п/п | Термин и обозначения | Характеристика термина |
|---|---|---|
| 1 | Синапсы ($w$) | Синаптические веса |
| 2 | $S$ | Ячейка нейрона |
| 3 | Аксон | Мысль |
| 4 | Нейронные сети | 1) математическая модель;<br>2) одно из направлений в разработке систем искусственного интеллекта;<br>3) система соединенных и взаимодействующих между собой простых процессов;<br>4) структура соединенных между собой нейронов |
| 5 | Входы ($X$) | Входной вектор |
| 6 | Выходы ($Y$) | Выходные сигналы |
| 7 | Input | Входной сигнал |
| 8 | Hidden | Скрытый сигнал |
| 9 | Output | Выходной сигнал |
| 10 | $K$ | Порог нейрона |
| 11 | $F$ | Функция передачи |
| 12 | $H$ | Нейрон |
| 13 | Веса выходного слоя | Фактические и желаемые значения выходов (состоит из линейных элементов). |
| 14 | Скрытый слой | Состоит из радиальных элементов |
| 15 | Входной слой | Одномерный массив |
| 16 | $F(v)$ | Активационная функция |
| 17 | Формальный нейрон | Узел искусственной нейронной сети, являющийся упрощенной моделью естественного нейрона |
| 18 | Нейрон | Нервная клетка |
| 19 | Искусственный нейрон | Сумматор всех входящих сигналов |
| 20 | Свёрточная нейронная сеть (convolutional neural networks, CNN) | Специальная архитектура искусственных нейронных сетей (обеспечивают частичную устойчивость к изменениям масштаба, смещениям, поворотам, смене ракурса и прочим искажениям) |
| 21 | Глубинные свёрточные нейронные сети (deep convolutional neural networks, DCNN) | К концу CNN прикрепляют FFNN для дальнейшей обработки данных |
| 22 | Развёртывающие нейронные сети (deconvolutional networks, DN) | Являются обратными к свёрточным нейронным сетям |
| 23 | Радиально базисные функции | Вид многослойной нейронной сети |
| 24 | Однослойные нейронные сети | Сигналы с входного слоя сразу подаются на выходной слой |
| 25 | Обучение нейронной сети | Процесс, в котором параметры нейронной сети настраиваются посредством моделирования |
| 26 | Выходной слой (output layer) | Слой нейронов (узлов), выходные сигналы которых образуют выходной сигнал нейронной сети |
| 27 | Нейронные сети встречного распространения | Гибридные сети, состоящие из входного слоя нейронов и слоев нейронов Кохонена и Гроссберга |
| 28 | Нейронные сети прямого распространения | Очень прямолинейны, передают информацию от входа к выходу |
| 29 | Слой | Содержит совокупность нейронов с едиными входными сигналами |
| 30 | Перцептрон (или персептрон) Розенблатта | Математическая или компьютерная модель восприятия информации мозгом (кибернетическая модель мозга). Нейронная сеть будет способна к воспроизведению любой логической функции |

**Таблица 2**

Биологические и искусственные нейронные сети прямого действия и с обратными связями [Источник: составлено авторами]

| Наименование биологических и искусственных нейронных сетей | Признак применения и действия |
|---|---|
| Однослойные нейронные сети | Нейронные сети прямого действия |
| Многослойные нейронные сети | |
| Биологическая нейронная сеть (биологические нейронные пути) | Ряд взаимосвязанных нейронов, чья активность определяет узнаваемый линейный путь |
| Соревновательные сети | Рекуррентные нейронные сети (с обратными связями) |
| Сети Кохонена | |
| Сети Хопфилда (полносвязная нейронная сеть с симметричной матрицей связей) | |
| Сети Гроссберга | Нейронная сеть встречного распространения (превосходят возможности однослойных сетей) |
| Адаптивная нейро-нечеткая система вывода | Искусственная нейронная сеть, основанная на нечеткой системе вывода Такаги-Сугено |
| Сеть типа «deep belief» | Сеть состоит из нескольких соединённых RBM или VAE (обучаются поблочно) |
| Перцептрон с одним скрытым слоем | Искусственные нейронные сети |
| Перцептрон с пороговой передаточной функцией | |
| Перцептрон с прямым распространением сигнала | |

Из табл. 1 следует, что терминологическая база в области искусственных нейронных сетей многообразна, сложна для восприятия, содержит специфические понятия в этой области знаний. Также авторами предлагается рассмотреть биологические и искусственные нейронные сети прямого действия и с обратными связями (табл. 2).

Из табл. 2 следует, что перечисленные и описанные биологические (перцептрон) и искусственные нейронные сети прямого действия и с обратными связями находят своё место только в компьютерной индустрии и биологии. Выявить причины медленного внедрения искусственных нейронных сетей позволят официальные статистические данные. Рассмотрим число организаций, выполняющих научные исследования и разработки в 2018 г. (рис. 1).

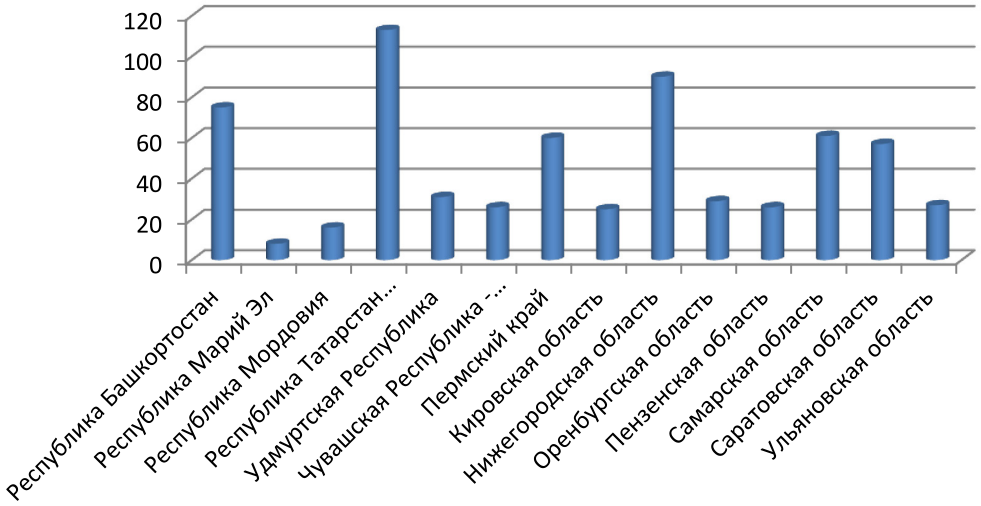


*Рис. 1. Статистические данные, характеризующие число организаций, выполняющих научные исследования и разработки в Приволжском округе Российской Федерации за январь-декабрь 2018 г., ед. [Источник: составлено авторами по [19]*

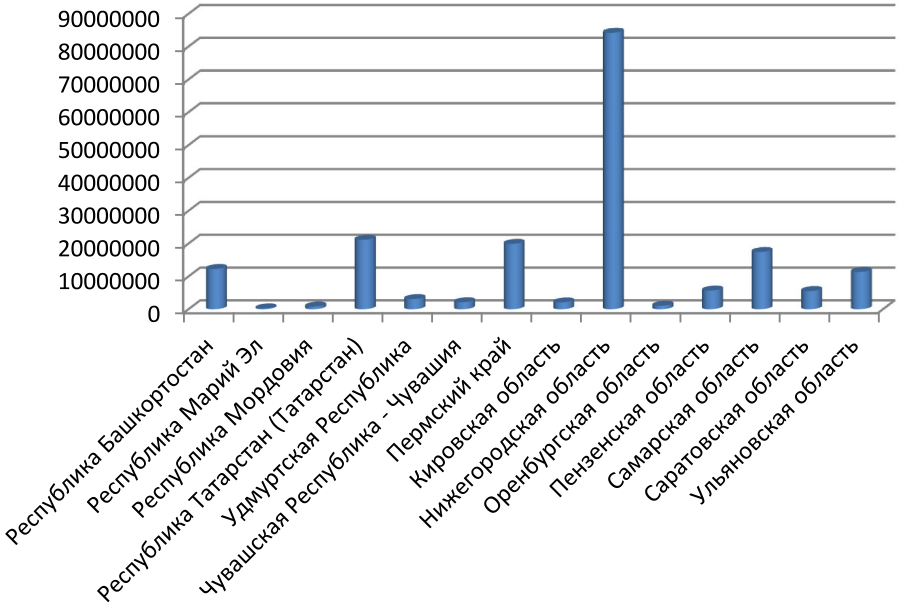


*Рис. 2. Статистические данные, характеризующие затраты на научные исследования и разработки в Приволжском округе Российской Федерации за январь-декабрь 2018 г., тыс. руб. [Источник: составлено авторами по [19]*

Из статистических данных, представленных на рис. 1 следует, что в Приволжском округе Российской Федерации лидером по числу организаций, выполняющих научные исследования и разработки является Республика Татарстан – 113 организаций; Нижегородская область занимает второе место – 90 организаций; Пермский край – 60 организаций. Минимальное значение у Республики Марий Эл – 8 организаций. Считаем целесообразным рассмотреть финансовую сторону вопроса, т. е. затраты на научные исследования и разработки выделяемые организациям Приволжского округа Российской Федерации в 2018 г. (рис. 2).

Из данных представленных на рис. 2 следует, что высокий уровень затрат на научные исследования и разработки в Приволжском округе Российской Федерации приходится на Нижегородскую область – 84220672,4 тыс. руб., затем следует Республика Татарстан – 21167140,9 тыс. руб. Пермский край замыкает тройку лидеров – 19915411,6 тыс. руб. Далее рассмотрим статистические данные, характеризующие индекс производства по высокотехнологичным обрабатывающим видам экономической деятельности, в % за 2017 г. (рис. 3) и 2018 г. (рис. 4).

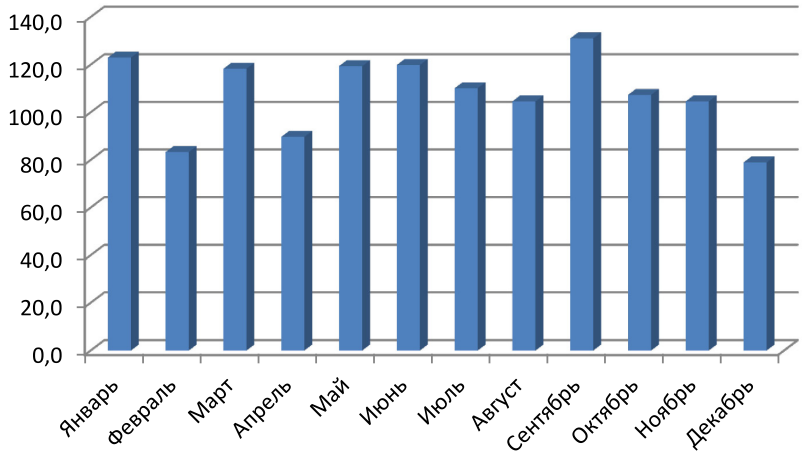


*Рис. 3. Статистические данные, характеризующие индекс производства по высокотехнологичным обрабатывающим видам экономической деятельности, в % за 2017 г. [Источник: составлено авторами по [19]*

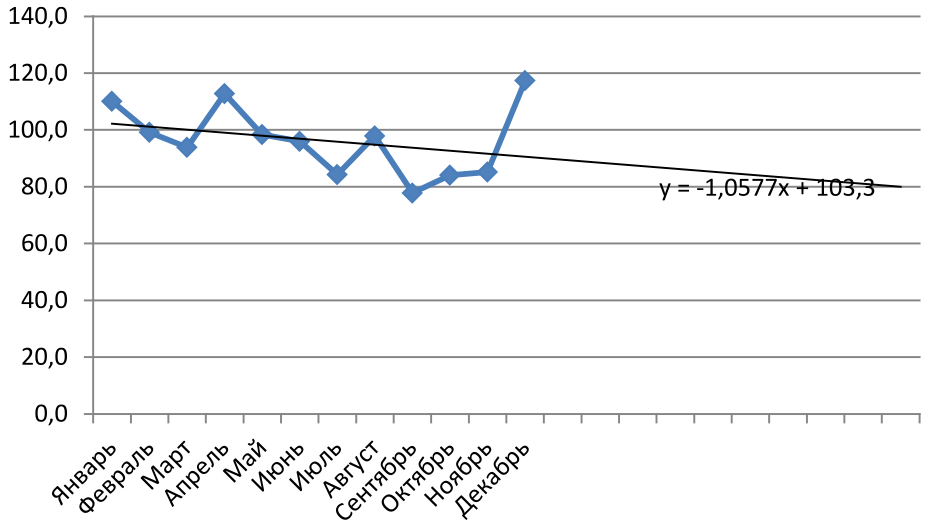


*Рис. 4. Статистические данные и линия тренда, характеризующие индекс производства по высокотехнологичным обрабатывающим видам экономической деятельности, в % за 2018 г. [Источник: составлено авторами по [19]*

Из статистических данных, представленных на рис. 3 и 4 следует, что в 2017 г. наивысший индекс производства по высокотехнологичным обрабатывающим видам экономической деятельности наблюдался в январе 2017 г. – 123,0 %, наименьшее значение в декабре 2017 г. – 79,0 %. В 2018 г. ситуация изменилась и наивысшее значение в декабре 2018 г. – 117,4 %, а наименьшее значение в сентябре 2018 г. – 77,8 %.

## Заключение

Последние годы являются экономически сложными для всех предприятий машиностроения, ракетно-космическая промышленность, поддерживаемая государством, нуждается в обновлении научно-технической базы и программных средств. Искусственные нейронные сети уже активно используются во многих сферах, но больше в компьютерной форме. В статье авторами представлено обобщение терминологического аппарата в области искусственных нейронных сетей, была дана характеристика биологическим и искусственным нейронным сетям прямого действия и с обратными связями. В статье авторами были рассмотрены статистические данные о количестве предприятий занимающихся научными разработками в Приволжском округе Российской Федерации, а также проанализирован индекс производства по высокотехнологичным видам экономической деятельности. В заключение авторы построили линейный тренд, который намечает отрицательную динамику в развитии промышленности. Более активное внедрение искусственного интеллекта позволило бы ракетно-космической промышленности поддерживать лидирующие позиции в мире.

*Библиографический список*

1. Khachaturyan A., Ponomareva S. Scientific and technical development of Russia's high-tech companies in the context of introducing the conception "Industry 4.0" and the digital economy development. SHS Web of Conferences. 2018. Vol. 55. 01020. P. 1–6. https://doi.org/10.1051/shsconf/20185501020 ICPSE 2018.

2. Ponomareva S.V., Zheleznova I.V. Intrafirm planning and mathematical modeling of owner's equity in industrial enterprises // International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018. IOP Publishing. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1015 (2018) 032106 (doi :10.1088/1742-6596/1015/3/032106).

3. Анфимова М.Л.И. Методический инструментарий оценки инновационного развития ракетно-космической промышленности РФ: дис. ... канд. экон. наук / Российский университет дружбы народов. М., 2016.

4. Афтахова У.В., Пономарева С.В., Лобова Е.С. Многофакторная модель внутрифирменного планирования высокотехнологических отечественных компаний в индустриальных регионах // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2018. Т. 11. №3. С. 213–222.

5. Белоногов Г.Е. Искусственный интеллект как космическая необходимость // Евразийский юридический журнал. 2015. №12 (91). С. 383–385.

6. Гаврилов А.В. Искусственный интеллект и будущее цивилизации // Современные научные исследования и инновации. 2015. №5–1 (49). С. 78–81.

7. Есипова Д.В. Искусственный интеллект // Новая наука: Стратегии и векторы развития. 2015. №5–2. С. 129–131.

8. Зоидов К.Х., Пономарева С.В., Серебрянский Д.И. Стратегическое планирование и перспективы применения искусственных нейронных сетей в нефтегазовой отечественной промышленности // Региональные проблемы преобразования экономики. 2018. №9 (95). С. 15–24.

9. Зоидов К.Х., Пономарева С.В., Серебрянский Д.И. Планирование и применение искусственного интеллекта в космической промышленности: от философии до перспектив // Седьмой международный форум «Россия в XXI веке: глобальные вызовы и перспективы развития» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.russia-globalchallenge.ru/conf2018/material/ (10.01.2019).

10. Иманов Р.А., Пономарева С.В., Стафеева И.А. Стратегическое планирование и контроллинг инноваций промышленного предприятия // Вестник ЦЭМИ РАН. 2018. Вып. 1 [Электронный ресурс]. Доступ для зарегистрированных пользователей: URL: http://cemi.jes.su/s111111110000060-9-1 (дата обращения: 15.11.2018).

11. Иманов Р.А., Пономарева С.В., Серебрянский Д.И. Развитие цифровой экономики: искусственный интеллект в отечественном промышленном производстве // Региональные проблемы преобразования экономики. 2018. №6 (92). С. 5–11. DOI 10.26726/1812-7096-2018-6-5-11.

12. Иноземцев В.А. Компьютерное моделирование знания в искусственном интеллекте // Известия Московского государственного университета МАМИ. 2015. Т. 5. №3 (25). С. 76–83.

13. Котлярова В.В., Бабаев А.М., Шемякина М.А. Искусственный интеллект: философские и аксиологические аспекты проблемы // Научный альманах. 2015. №12–3 (14). С. 187–191.

14. Кошелев Д.А. Искусственный интеллект в информационных технологиях // Символ науки. 2016. №1–2 (13). С. 53–55.

15. Макаренко Н.О., Ерыгина Л.В. Проблемы коммерциализации инноваций на предприятиях ракетно-космической промышленности // Решетневские чтения. 2017. Т. 2. №21. С. 486–487.

16. Малыхина М.П., Герасимов Д.А. Мультиагентные системы искусственного интеллекта // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2018. №3. С. 476–484.

17. Остапенко А.В., Косырева А.И. Комплексная оценка уровня технологического развития предприятий ракетно-космической промышленности // Вестник научных конференций. 2017. №5–3 (21). С. 59–63.

18. Остапенко А.В., Косырева А.И. Основные типовые показатели оценки уровня технологического развития предприятий ракетно-космической промышленности // Вестник научных конференций. 2017. №5–3 (21). С. 63–66.

19. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс] // URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/economydevelopment/# (дата обращения: 07.04.2019).

20. Пономарев В.М., Пономарева С.В., Жигит А.А. Внедрение и стратегическое планирование инноваций в машиностроительных промышленных предприятиях Российской Федерации // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. №4. С. 144–150.

21. Раткин Л. Нанотехнологичные разработки для авиационно-космической промышленности // Наноиндустрия. 2017. №5 (76). С. 20–23.

22. Славянов А.С., Хрусталёв Е.Ю. Риски и приоритеты стратегии развития отечественной ракетно-космической промышленности // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. №129. С. 1057–1071.

23. Цыбулевский С.Е., Горынцева М.Н. Детерминанты, обусловливающие формирование конкурентоспособной ракетно-космической промышленности на примере зарубежного опыта // Экономика и предпринимательство. 2017. №11 (88). С. 916–919.