

DOI: 10.18721/JE.12116
УДК: 338.27

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАРУБЕЖНЫХ РЫНКОВ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

А.Г. Сомов, В.А. Дуболазов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Статья посвящена проблеме вывода инновационного продукта на зарубежный рынок. В качестве инновационного продукта рассматриваются инспекционно-досмотровые комплексы (ИДК) российского производства. ИДК являются незаменимым помощником для работников таможни и органов власти, обеспечивающих национальную безопасность. Они позволяют осуществлять проверку грузовых автомобилей и контейнеров для выявления возможных контрабандных вложений, оружия, взрывчатых веществ, наркотиков и т. п. Для исследования зарубежных рынков и прогнозирования данных о размещении ИДК используются адаптированный авторами метод нейронных сетей и метод нечетких множеств с проверкой ошибки прогнозирования методом ARIMA. Преимущество метода ARIMA, прежде всего, в том, что он позволяет описывать поведение различных типов временных рядов с разной структурой, включая циклы деловой активности. Также при его использовании не нужны данные о независимых переменных. Построение моделей и прогнозирование по ним осуществляются на основе информации, содержащейся во временной структуре самого исходного ряда. Анализируемый мировой рынок возможного использования ИДК представлен 243 странами, исследование проводилось по тринадцати параметрам, связанным с количественной оценкой потенциальных мест размещения ИДК в этих странах, и более двадцати экономическим параметрам стран. Сегментация стран на основе нечетких множеств осуществлялась с помощью алгоритма ANFIS, который генерирует выходные данные с одной переменной на основе метода нечеткого вывода. В результате формируются дифференциальные сегменты стран: высококонкурентный, низкоконкурентный и смешанный. Для каждого сегмента разрабатывается собственная маркетинговая политика, включающая модификацию продукта под конкретный рынок и разработку стратегии выхода на него. Для этого используется полученная расширенная таблица социокультурных индексов, дающих возможность развивать и адаптировать продукт под конкретные социокультурные особенности страны. В заключение рассматриваются проблемы оценки экономической эффективности вывода на рынок нового продукта для сформированных сегментов стран и анализа устойчивости полученных решений.

Ключевые слова: нечеткие множества, нейронные сети, технология Big Data, инновационный продукт, зарубежный рынок, инспекционно-досмотровые комплексы

Ссылка при цитировании: Сомов А.Г., Дуболазов В.А. Исследование зарубежных рынков инновационных продуктов с использованием теории нечетких множеств и нейронных сетей // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2019. Т. 12, № 1. С. 191–200. DOI: 10.18721/JE.12116

ANALYSIS OF FOREIGN MARKETS OF INNOVATIVE PRODUCTS BY THEORY OF FUZZY SETS AND NEURAL NETWORKS

A.G. Somov, V.A. Dubolazov

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation

The article is dedicated to the problem of launching an innovative product in the foreign market. The article considers X-ray cargo inspection systems made in Russia as an innovative product. An X-ray cargo inspection system is an indispensable tool for customs officials and

national security authorities. It allows to inspect loaded vehicles and containers to identify possible contraband investments, weapons, explosives, drugs, etc. For analysis of foreign markets and forecasting data on placing X-ray cargo inspection systems, we have used the neural networks method and the fuzzy sets method with checking the prediction error by the ARIMA method. The advantage of the ARIMA method is that it allows to describe the behavior of different types of time series with different structures, including business cycles. Besides, data on independent variable are not necessary for using the method. Models are built and predicted based on the data contained in the time structure of the original series. The analyzed global market for possible use of X-ray cargo inspection systems consisted of 243 countries, the study was conducted for 13 parameters related to quantitative assessment of potential locations of X-ray cargo inspection systems in these countries, and more than 20 economic parameters of the countries. Segmentation of countries based on fuzzy sets was carried out using the ANFIS algorithm, which generates output data with one variable based on the fuzzy inference method. As a result, differential segments of countries are formed: highly competitive, low-competitive and mixed. Each segment has its own marketing policy, including product modification for a specific market and development of a strategy for entering this market. For this purpose, we have used an extended table of socio-cultural indices, allowing to develop and adapt the product to the specific socio-cultural characteristics of the country. In conclusion, the problems of assessing the economic efficiency of the market launch of a new product for formed segments of countries and analysis of stability of solutions are considered.

Keywords: fuzzy sets, neural networks, Big Data technology, innovative product, foreign market, X-ray cargo inspection systems

Citation: A.G. Somov, V.A. Dubolozov, Analysis of foreign markets of innovative products by theory of fuzzy sets and neural networks, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 12 (1) (2019) 191–200. DOI: 10.18721/JE.12116

Введение. В условиях глобализации для компаний, осуществляющих продажи на зарубежных рынках, важно конкурентное преимущество, связанное с затратами на размещение производства, изготовление продуктов, логистику поставок, распределенную систему запасов материалов и запасных частей в цепи их поставок. Важно также преимущество, связанное с расширением рынка сбыта, использованием более дешевых трудовых ресурсов, возможностью экономии на налогах и т. д. Следовательно, исследование потенциала зарубежных рынков, особенно для продуктов динамичных инновационных компаний, весьма актуальная проблема.

В качестве примера инновационного продукта в исследовании приводятся инспекционно-досмотровые комплексы (ИДК) (рис. 1), разрабатываемые ООО «Скантрониксистемс», позволяющие с высокой пропускной способностью анализировать содержимое транспортных средств и контейнеров без ручного досмотра. Компания активно продвигает свой продукт, в том числе на зарубежный рынок.

Существуют различные типы ИДК в зависимости от области их применения: стационарные, мобильные, ИДК для досмотра железнодорожных вагонов, контейнеров и т. д. На рис. 2 представлен ИДК стационарного типа.

Основные характеристики ИДК: включает в себя само оборудование, программное обеспечение и сервисное обслуживание; разрабатывается обычно для глубокого B2B и B2G рынка; существует широкая линейка модификаций базового варианта ИДК; возможна адаптация продукта в соответствии с потребностями клиентов; необходимы постоянные инновации, чтобы быть актуальным на рынке данного продукта; длительный цикл изготовления, модернизации и адаптации продукта для конкретного потребителя – от одного до трех лет; длительный цикл заключения сделки – около одного года; установка, наладка оборудования и обучение персонала – полгода и более; невозможность быстрой передачи и освоения технологии производства; требуется послепродажное обслуживание и обучение персонала клиента – до двух лет после ввода в эксплуатацию; обязательно

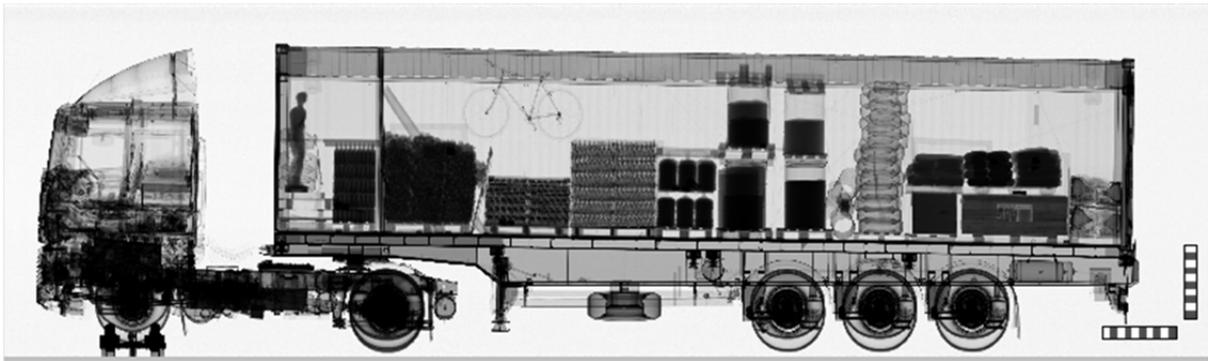


Рис. 1. Рентгеновское изображение, полученное с помощью ИДК
Fig. 1. X-ray image obtained with the help of inspection system



Рис. 2. ИДК стационарный СТ-6035 [3]
Fig. 2. Cargo X-ray system CT-6035 [3]

высокопрофессиональное сервисное обслуживание и обслуживание в постгарантийный период; необходима постоянная модернизация оборудования и программного обеспечения; первоначальный и конечный покупатель, как правило, не являются одним и тем же лицом, поэтому необходимо заблаговременно модифицировать характеристики оборудования на несколько лет вперед и начинать процесс подготовки продаж еще до того, как клиент подумал о приобретении данного продукта.

Цель данного исследования – изучение потенциала рынков инновационных продуктов на основе усовершенствования и адаптации мето-

дов теории нейронных сетей прямого распространения и нечетких множеств. Демонстрируется использование предложенных методов и технологии Big Data на примере потенциала зарубежных рынков для инспекционно-досмотровых комплексов, разрабатываемых и активно продвигаемых на рынок ООО «Скантрониксистемс».

Методика исследования.

Основные этапы исследования зарубежного рынка ИДК следующие.

Этап 1. Выбор возможных мест размещения ИДК, которыми могут быть морские порты,

атомные электростанции (АЭС) (действующие и проектируемые), аэропорты, вертолетные порты, пограничные пункты досмотра (ПД) транспорта, железнодорожные ПД, логистические центры, крупные заводы, пригородные ПД, военные объекты, крупные тепловые электростанции, ГЭС.

Этап 2. Расчет потенциального количества мест размещения ИДК в различных странах с использованием технологии Big Data на основе открытых баз экономических данных (см. таблицу).

Big Data или большие данные – это серия подходов, инструментов и методов обработки структурированных и неструктурированных данных огромных объёмов и значительного многообразия для получения полезных и понятных человеку результатов. Один из основных источников получения больших данных – интернет-сайты. Источники, из которых можно получить большие объёмы данных и на основании их построить прогноз, используя различные языки программирования: The World Bank, Atlas Media, Nation Master, Международный валютный фонд, ООН, Data Market и др. [11, 12, 14, 16, 20–25].

Этап 3. Прогнозирование количества ИДК для различных стран на 2020 и 2025 гг. с помо-

щью нейронных сетей, с проверкой прогноза методом ARIMA.

Временные ряды количества ИДК составляются как линейная табличная зависимость мест размещения ИДК, часть рядов составлена по косвенным зависимостям.

Прогнозирование производится на основе данных Big Data для каждой страны на 2020 и 2025 гг. (см. рис. 3) по разработанному нами алгоритму в следующей последовательности (на примере экспорта товаров и услуг):

а) загружаются данные временных рядов экспорта товаров и услуг с 1960 по 2017 гг., полученные из открытых источников [11–25];

б) данные подготавливаются особым образом для нейронной сети [7] в виде двух столбцов: один – входные данные, второй – выходные;

в) данные разделяются на два сегмента: страны с большим экспортом и страны с малым экспортом (без сегментирования возможна большая ошибка прогнозирования);

г) проводится обучение нейронной сети, получается рабочая модель эксперимента;

д) по рабочей модели производят расчеты, в которых в качестве входных данных используют столбец, до первичного обучения выходной.

Потенциальное количество мест размещения ИДК для разных стран (фрагмент)

Potential number of X-ray systems for different countries (fragment)

Место размещения ИДК	Argentina	Belarus	Brazil	Bulgaria	Canada	China	Czech Republic	France
Морские порты	55	1	81	2	239	172	2	159
АЭС	3	1	3	2	19	49	6	59
Аэропорты	569	33	2047	34	734	254	64	232
Вертолетные порты	2	1	13	1	26	47	1	1
Пограничные ПД	40	11	37	50	144	95	44	103
Железнодорожные ПД	185	28	143	21	233	430	47	148
Логистические центры	17	4	81	3	14	542	4	27
Заводы	76	38	243	29	465	2252	147	578
Пригородные ПД	9	3	51	3	12	183	3	3
Военные объекты	5	8	0	11	48	56	0	127
Дорожные ПД	23	9	158	2	104	411	13	103
ГЭС	22	5	100	1	1	220	1	7
ТЭЦ	119	33	531	43	619	5398	88	561
Всего	1126	173	3487	202	2658	10108	421	2108

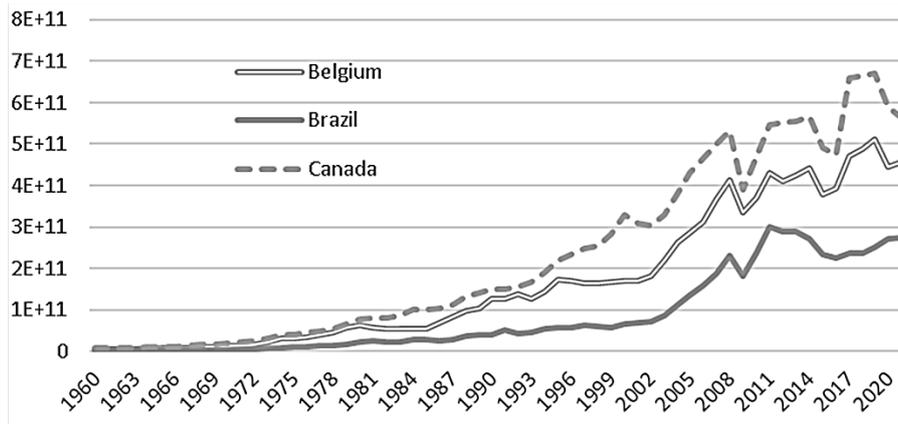


Рис. 3. Результат прогнозирования экспорта товаров и услуг, долл. (для Бельгии, Бразилии, Канады).
По оси абсцисс – год, по оси ординат – полный экспорт, долл. США

Fig. 3. The results of forecasting of export of goods and services, USD (Belgium, Brazil, Canada).
X-axis – year, y-axis – total export, dollars USA

Один из результатов прогнозирования представлен на рис. 3. Подробнее данная методика представлена в [15].

Для проверки результатов прогнозирования применен известный метод ARIMA (интегрированная модель авторегрессии скользящего среднего Бокса–Дженкинса), хорошо применимый для прогнозирования поведения временных рядов, имеющих трендовую и циклическую составляющие (подробнее см. [4, 5, 10]). Полная таблица результатов прогнозирования представлена в [7].

Этап 4. Сегментирование (методом нечетких множеств) стран в зависимости от конкурентной составляющей прогнозируемого количества мест размещения ИДК на три сегмента: высококонкурентный, низкоконкурентный и смешанный.

В зависимости от уровня конкуренции меняется подход к созданию и реализации продукта. На высококонкурентном сегменте рынка необходимо разрабатывать продукт с максимальным количеством инноваций либо быть лидером рынка и добиваться успеха доступной ценой. На низкоконкурентном сегменте проще с инновационной составляющей продукта, больше вероятность успешности вывода продукта и меньше риски, но необходимо учитывать покупательскую способность стран. И наконец, на смешанном сегменте присутствует небольшая конку-

ренция компаний, поставляющих системы ИДК, а также больше покупательская способность стран.

Для конкурентного сегментирования стран использован метод нейро-нечеткого вывода ANFIS [1, 4, 10, 17], позволяющий построить, обучить и протестировать адаптивную нейро-нечеткую модель. Этот метод представляет собой нейронную сеть, базирующуюся на нечеткой системе вывода Такаги–Сугено (Takagi–Sugeno). Метод соединяет нейронные сети и принципы нечеткой логики, следовательно, обладает потенциальным преимуществом обоих.

Для конкурентного сегментирования стран для ИДК метод ANFIS использован по следующим выбранным экспертами экономическим параметрам: экспорт рентгеновской техники, импорт рентгеновской техники, ВВП, численность населения.

Этап 5. Анализ самых перспективных стран в рамках низкоконкурентного сегмента с максимальным потребным количеством мест для ИДК.

Для примера взяты три страны: Колумбия, Саудовская Аравия, Вьетнам. Из рис. 4 виден последовательный рост потенциального количества ИДК в этих странах в 2020 и 2025 гг., что говорит о перспективности инвестирования средств на разработку и изготовление ИДК для данных стран.

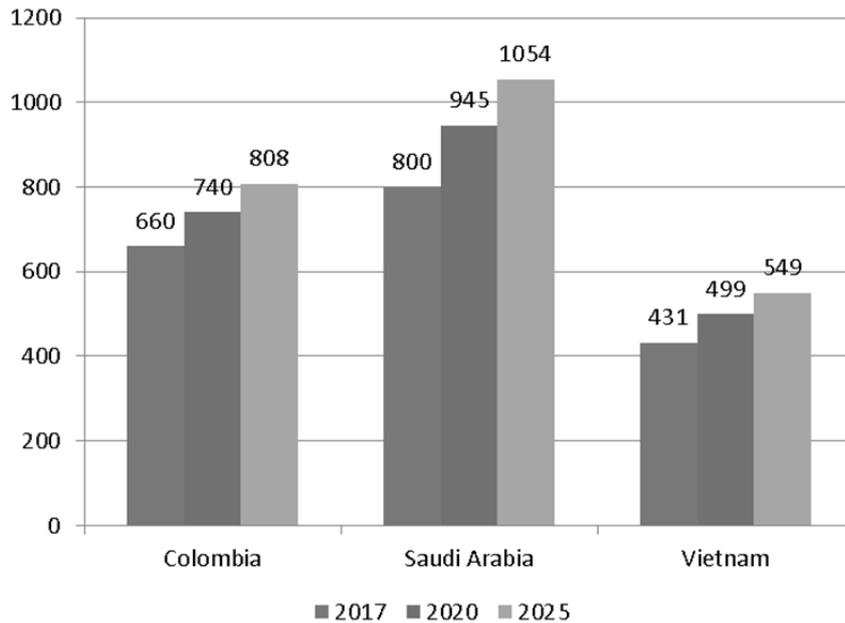


Рис. 4. Количество ИДК на 2017, 2020, 2025 гг. По оси ординат – количество ИДК, по оси абсцисс страны

Fig. 4. The number of X-ray systems for 2017, 2020, 2025. On the ordinate axis, the number of X-ray cargo inspection systems, on the abscissa axis – countries

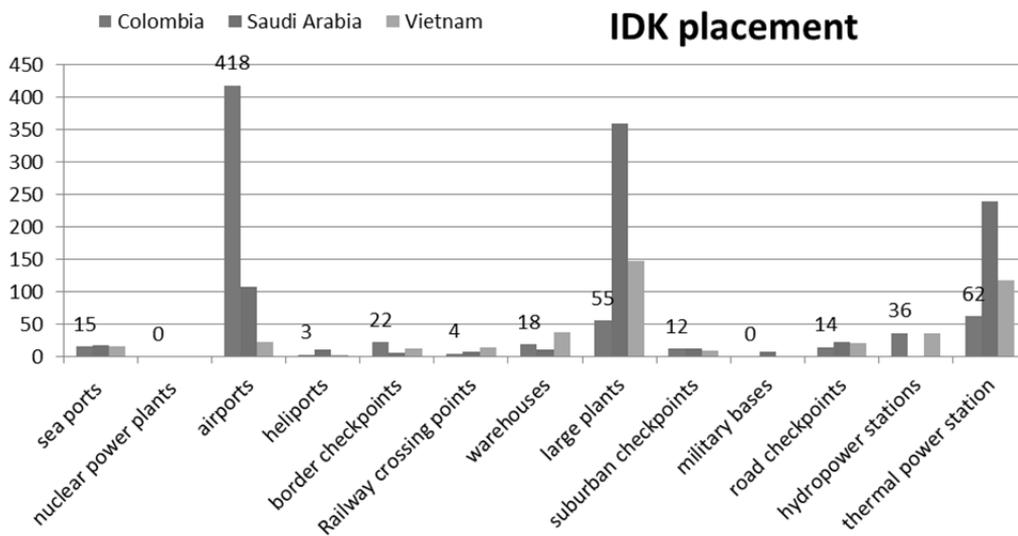


Рис. 5. Распределение разных типов ИДК. По оси ординат – количество ИДК, по оси абсцисс – типы ИДК

Fig. 5. Different types of X-ray systems. Y-axis – the number of X-ray cargo inspection systems, x-axis – types X-ray cargo inspection systems

Этап 6. Анализ наиболее привлекательных типов ИДК для конкретных стран.

Рис. 5 показывает распределение количества разных типов ИДК для трех рассматриваемых стран. Например, для Колумбии наиболее перспективным является тип аэропортных ИДК, для Саудовской Аравии – ИДК, размещенных

на крупных заводах и электростанциях, аналогично для Вьетнама. Таким образом, для каждого сегмента разрабатывается собственная маркетинговая политика, включающая модификацию продукта под конкретный рынок и разработку стратегии выхода на данный рынок.

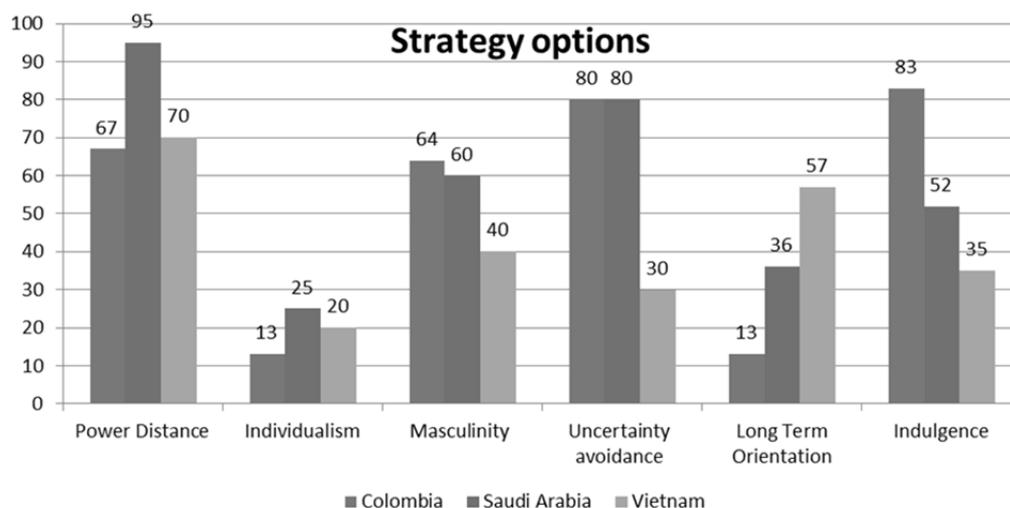


Рис. 6. Социокультурные индексы. По оси ординат – величина индекса по относительной шкале от 0 до 100
Fig. 6. Cultural indices. Y-axis: the index value – scale from 0 to 100

Этап 7. Расчет коммерческой эффективности проекта.

Кроме затрат на проектирование и изготовление ИДК, учтены затраты на логистику, literacy rate, инфляция и другие динамические параметры. Расчет проводится классическим методом NPV. Параметр literacy rate используется, так как он учитывает затраты на обучение персонала, обслуживающего ИДК, для разных стран, которые рассчитываются исходя из индекса грамотности населения (literacy rate). При низком уровне literacy rate затраты на присутствие собственного персонала компании – изготовителя ИДК в стране размещения оборудования возрастают.

Этап 8. Анализ социокультурных индексов Г. Хофстеде для соответствующей страны с целью подготовки к выводу продукта на зарубежный рынок.

На рис. 6 показаны результаты моделирования по шести социокультурным индексам Г. Хофстеде [6, 9, 13]. Большое значение индекса «Indulgence (индульгенция)» говорит о высоком ожидании клиентом комфортности оборудования либо, наоборот, предпочитается более аскетичный дизайн. Это дает возможность развития и модификации продукта под «культурные» запросы клиента. Индексы «Individualism (индивидуализм)» и «Power Distance (индекс дистанции власти)» показывают, как принимаются решения в компаниях страны –

одним человеком или группой людей, что важно при планировании формата переговоров на поставку оборудования и общей стратегии выхода на рынок соответствующей страны. Индекс «Long Term Orientation (долгосрочная ориентация)» показывает, насколько население данной страны склонно к долгосрочному либо краткосрочному планированию при принятии решений, что играет роль при планировании сроков контракта и гарантийного обслуживания.

Этап 9. Проверка устойчивости полученных результатов к неточности входных данных.

Для этого вносится пятидесятипроцентная вариация в исходные данные и наблюдается корреляция выходных данных. Так, по результатам исследования выявлена линейная или квазилинейная зависимость результатов от вариации начальных данных. Поэтому анализ проводился по методам абсолютного отклонения и среднеквадратичного отклонения. При пятидесятипроцентной вариации исходных данных наблюдаются изменения значений от 2 до 10% выходных данных (в зависимости от исследуемого сегмента и года прогнозирования). Таким образом, отмечается хорошая устойчивость модели.

Результаты исследования. Итак, предложены адаптированные нами методы нейронных сетей и нечетких множеств для исследования рынка

зарубежных стран и прогнозирования размещения в них инновационного продукта с проверкой ошибки прогнозирования методом ARIMA. С использованием технологии Big Data на основе экономических данных зарубежных стран из открытых источников произведена сегментация стран по уровню и целесообразности вывода на их рынок ИДК. С помощью адаптированных методов нейронных сетей и нечетких множеств выявлена потребность в типах ИДК и спрогнозировано их потребное количество для нескольких стран на 2020 и 2025 гг. Произведен анализ устойчивости полученных результатов к точности исходных данных. Выполнен расчет расширенных социокультурных индексов Г. Хофстеде, важных при планировании выхода на рынок соответствующей страны.

Для производителей российских ИДК разработана интегрированная система анализа и сегментирования данных с использованием нечетких множеств и нейронных сетей, включающая сбор и анализ первичных экономических данных, их прогнозирование, сегментацию, анализ экономической эффективности, модификацию и развитие инновационного продукта под страновые и социокультурные запросы.

Таким образом, продемонстрирована возможность практического применения нейрон-

ных сетей и нечетких множеств, а также технологии Big Data для исследования рынков инновационных продуктов.

Выводы. Приведенные материалы и результаты исследования показали реальную применимость и полезность их в экономических исследованиях в том числе рынков различных продуктов, методологии нейронных сетей и нечетких множеств, что это не мода, а количественные методы и инструментарий, дающие хорошие и практически полезные результаты. Большие возможности для экономических исследований, особенно на макроуровне, как показал наш опыт, дает технология Big Data. На наш взгляд, данные методы должны получать все более широкое распространение в различных областях экономических исследований, их надо активно использовать в учебном процессе, особенно при подготовке магистров экономических направлений.

Дальнейшее развитие рассмотренного метода – интегрирование его в графическую среду имитационного моделирования Simulink с созданием автономного приложения на базе MATLAB Compiler™, позволит эффективно проводить анализ экономических данных в рамках выстроенной модели и прогнозирование потенциала рынков различных продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Дуболазов В.А., Сомов А.Г.** Прогнозирование и оценка экономических данных при помощи адаптивной системы нейро-нечеткого вывода ANFIS // Экономика и менеджмент систем управления: [науч.-практ. журнал]. 2017. №4.4 (26). С. 411–417.
- [2] **Квасов Б.И.** Численные методы анализа и линейной алгебры. Использование MATLAB и SCILAB. СПб.: Лань, 2016. 328 с.
- [3] Компания «Скантроник Системс». URL: <http://scantronicsystems.com> (дата обращения: 19.08.2018).
- [4] **Леоненков А.В.** Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ Петербург, 2005. 736 с.
- [5] **Сомов А.Г., Пономарева О.А.** Прогнозирование временных рядов экономических данных с использованием ARIMA процессов с целью вывода на рынок инновационных продуктов // Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли: сб. тр. науч. и учеб.-практ. конф. 2017. Ч. 1. С. 340–350.
- [6] Ссылка на полную версию начальных и выходных данных по культурным индексам. URL: <https://yadi.sk/d/BWjxhRuq3Tj8xa> (дата обращения: 25.08.2018).
- [7] Ссылка на таблицу результатов по прогнозированию данных. URL: <https://yadi.sk/d/-T517kFE3Twr8A> (дата обращения: 19.08.2018).
- [8] **Хайкин С.** Нейронные сети: полный курс. М.: Вильямс, 2016. 1104 с.
- [9] **Юсьма Ю.А., Сомов А.Г.** Расчет полной таблицы культурных индексов Герта Хофстеде методом нейронных сетей // Инжиниринг предприятий и управление знаниями : матер. XXI Рос. науч. конф., 2018.
- [10] Abraham: Adaptation of Fuzzy Inference System Using Neural Learning // StudFuzz. 2005. Vol. 181. P. 53–83.

- [11] All countries. URL: <http://www.allcountries.org> (дата обращения: 19.08.2018).
- [12] An interactive list of countries including their populations, as well as land sizes and densities. URL: <http://www.worldatlas.com/aatlas/populations/ctypopl.htm> (дата обращения: 19.08.2018).
- [13] Country Comparison Tool. URL: <https://www.hofstede-insights.com> (дата обращения: 15.08.2018).
- [14] Current List of Coal PowerPlants. URL: <http://globalenergyobservatory.org/list.php?db=PowerPlants&type=Coal> (дата обращения: 01.08.2018).
- [15] **Dubolazov V., Somov A.** Interval approach of time series forecasting by neural networks for the decision support system, *Business Technologies*, 2018 (Scopus).
- [16] International Atomic Energy Agency, IAEA Topical Booklets and Overviews. URL: <http://www.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalReactorsByCountry.aspx> (дата обращения: 10.05.2018).
- [17] **Jang J.-S.R.** ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system // *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.* 1993. Vol. 23, no. 3. P. 665–685.
- [18] **Jang, J.S.R., Sun, C.T.** Neuro-Fuzzy Modeling and Control // *Proceedings of the IEEE*. 1995. No. 83. P. 378–406.
- [19] **Murphy K.P.** *Machine Learning: A Probabilistic Perspective*. Cambr., Mass., MIT Press (2012).
- [20] Social Progress Index. URL: <http://www.socialprogressindex.com/> (дата обращения: 11.08.2018).
- [21] The Observatory of Economic Complexity, Export, import of X-ray systems. URL: <http://atlas.media.mit.edu/> (дата обращения: 19.08.2018).
- [22] The U.S. Department of Commerce's International Trade Administration manages Export.gov. URL: <http://www.export.gov/index.asp> (дата обращения: 10.08.2018).
- [23] UNCTAD Statistics. URL: <http://unctad.org/en/Pages/Statistics.aspx> (дата обращения: 21.08.2018).
- [24] World Energy Outlook. URL: <http://www.worldenergyoutlook.org> (дата обращения: 20.08.2018).
- [25] World Bank Open Data. URL: <https://data.worldbank.org> (дата обращения: 19.08.2018).

СОМОВ Андрей Георгиевич. E-mail: somovspb@yandex.ru

ДУБОЛАЗОВ Виктор Андреевич. E-mail: dubolazov-va@mail.ru

Статья поступила в редакцию: 07.09.2018

REFERENCES

- [1] **V.A. Dubolazov, A.G. Somov,** Forecasting and evaluation of economic data using the adaptive system of neuro-fuzzy inference ANFIS, *Economics and Management Systems Management: a scientific and practical journal*, 4.4 (26) (2017) 411–417.
- [2] **B.I. Kvasov,** *Numerical methods of analysis and linear algebra. The use of MATLAB and SCILAB.* SPb.: Lan', 2016.
- [3] Company «Scantronic systems». URL: <http://scantronicsystems.com> (date accessed 19.08.2018).
- [4] **A.V. Leonenko,** *Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTECH*, Petersburg, 2005.
- [5] **A.G. Somov, O.A. Ponomareva,** Forecasting time series of economic data using ARIMA processes to bring innovative products to market, *Fundamental and applied research in the field of management, economy and trade: coll. work. scientific. and training-practical conf.*, 1 (2017) 340–350.
- [6] Reference to the full version of the initial and output data on cultural indices. URL: <https://yadi.sk/d/BWjxhRuq3Tj8xa> (accessed August 25, 2018).
- [7] Reference to the table of results on data forecasting. URL: <https://yadi.sk/d/-T517kFE3Twp8A> (accessed August 19, 2018).
- [8] **S. Haykin,** *Neural networks: full course.* Moscow: Williams, 2016.
- [9] **Yu.A. Yusma, A.G. Somov,** Calculation of the complete table of cultural indices by Hertha Hofstede by the method of neural networks, *Conference: Enterprise Engineering and Knowledge Management*, 2018.
- [10] Abraham: Adaptation of Fuzzy Inference System Using Neural Learning, *StudFuzz*, 181 (2005) 53–83.
- [11] All countries. URL: <http://www.allcountries.org> (accessed August 19, 2018).
- [12] An interactive list of countries including their populations, as well as land sizes and densities. URL: <http://www.worldatlas.com/aatlas/populations/ctypopl.htm> (accessed August 19, 2018).
- [13] Country Comparison Tool, URL: <https://www.hofstede-insights.com> (accessed August 15, 2018).
- [14] Current List of Coal PowerPlants. URL: <http://globalenergyobservatory.org/list.php?db=PowerPlants&type=Coal> (accessed August 01, 2018).
- [15] **V. Dubolazov, A. Somov,** Interval approach of time series forecasting by neural networks for the decision support system, *Business Technologies*, 2018 (Scopus).
- [16] International Atomic Energy Agency, IAEA Topical Booklets and Overviews. URL: <http://www.iaea.org>

org/PRIS/WorldStatistics/OperationalReactorsByCountry.aspx, (accessed May 10, 2018).

[17] **J.-S.R. Jang**, ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system, *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.*, 23 (3) (1993) 665–685.

[18] **J.S.R. Jang, C.T. Sun**, Neuro-Fuzzy Modeling and Control, *Proceedings of the IEEE*, 83, (1995) 378–406.

[19] **K.P. Murphy**, *Machine Learning: A Probabilistic Perspective*. Cambr., Mass., MIT Press (2012).

[20] Social Progress Index. URL: <http://www.socialprogressindex.com/> (accessed August 11, 2018).

[21] The Observatory of Economic Complexity, Export, import of X-ray systems. URL: <http://atlas.media.mit.edu/> (accessed August 19, 2018).

[22] The U.S. Department of Commerce's International Trade Administration manages Export.gov. URL: <http://www.export.gov/index.asp> (accessed August 10, 2018).

[23] UNCTAD Statistics. URL: <http://unctad.org/en/Pages/Statistics.aspx> (accessed August 21, 2018).

[24] World Energy Outlook. URL: <http://www.worldenergyoutlook.org> (accessed August 20, 2018).

[25] World Bank Open Data, URL: <https://data.worldbank.org> (accessed August 19, 2018).

SOMOV Andrei G. E-mail: somovspb@yandex.ru

DUBOLAZOV Victor A. E-mail: dubolazov-va@mail.ru