

## Интеллектуальное измерение и оценка результатов деятельности таможенных органов

Горемыкина Галина Ивановна<sup>1</sup>

Канд. физ.-мат. наук, доц. каф. математических методов в экономике

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8047-5393>, e-mail: Goremykina.GI@rea.ru

Гупанова Юлия Евгеньевна<sup>2</sup>

Д-р экон. наук, проф. каф. экономики таможенного дела

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5213-413X>, e-mail: u.gupanova@customs-academy.ru

<sup>1</sup>Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 117997, Стремянный пер., 36, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Российская таможенная академия, 140015, Комсомольский пр-т, 4, г. Люберцы, Московская обл., Россия

---

### Аннотация

Новая Стратегия развития таможенной службы Российской Федерации до 2030 г. одним из своих основополагающих принципов называет оптимизацию и совершенствование таможенного администрирования. Намечившаяся тенденция приводит к увеличению обязательности развития формализованных средств моделирования и анализа процессов управления в таможенной сфере. Измерение результатов деятельности — один из самых эффективных управленческих инструментов. Взяв за основу базовые положения Национальной технологической инициативы, авторы статьи продолжили картоаж проблемы измерения результатов функционирования таможенных органов по ключевым направлениям их деятельности в контексте квалитологической системной трансформации таможенного института, обусловленной его интеллектуализацией в условиях цифровой экономики. Целью исследования является создание модели измерения и оценки результатов деятельности таможенных органов. Для конкретизации общей методологии описана модель измерения и оценки степени достижения цели по направлению «Финансы». В основу исследования положен когнитивный подход, позволяющий описывать интеллектуальную среду деятельности таможенных органов и модели эвальвации и управления на основе алгоритмов нечеткой логики. Реализация технологии представления знаний экспертов предметной области осуществляется на основе построения прескриптивной логической продукционной модели, позволяющей формализовать экспертные знания в виде имплицативных высказываний с привлечением нечетких формулировок в антецедентах и консеквентах, и использующих в качестве логического вывода обобщенный *modus ponens*. Компьютерная разработка математической модели проводится в пакете прикладных программ Fuzzy Logic Toolbox for Matlab.

---

**Ключевые слова:** модель измерения, когнитивные технологии, интеллектуальные технологии, система показателей, таможенные органы, финансы, оценка, искусственный интеллект, нечеткая логика, MatLab

---

**Цитирование:** Горемыкина Г.И., Гупанова Ю.Е. Интеллектуальное измерение и оценка результатов деятельности таможенных органов // Управление. 2023. Т. 11. № 1. С. 16–28. DOI: 10.26425/2309-3633-2023-11-1-16-28

---



# Intellectual measurement and evaluation of the results of customs authorities' activities

**Galina I. Goremykina<sup>1</sup>**

Cand. Sci. (Phys. and Math.), Assoc. Prof. at the Mathematical Methods in Economics Department

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8047-5393>, e-mail: Goremykina.GI@rea.ru

**Yuliya E. Gupanova<sup>2</sup>**

Dr. Sci. (Econ.), Prof. at the Economics of Customs Department

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5213-413X>, e-mail: u.gupanova@customs-academy.ru

<sup>1</sup>Plekhanov Russian University of Economics, 36, Stremyanny per., Moscow 117997, Russia

<sup>2</sup>Russian Customs Academy, 4, Komsomolsky prospekt, Lyubertsy, Moscow Oblast 140015, Russia

## Abstract

The new Strategy for the Development of the Customs Service of the Russian Federation until 2030 calls optimization and improvement of customs administration as one of its fundamental principles. The emerging trend leads to an increase in the obligatoriness of the development of formalized means of modeling and analysis of management processes in the customs sphere. Performance measurement is one of the most effective management tools. In this article, the authors, taking as a basis the basic provisions of the National Technological Initiative, continued mapping the problem of measuring the results of the customs authorities functioning in key areas of their activities in the context of the qualilogical system transformation of the customs institution, due to the process of its intellectualization in the digital economy. The purpose of the study is to create a model for measuring the results of the customs authorities' activities. To specify the general methodology, a model for measuring the degree of achievement the goal in the "Finance" direction is described. The study is based on a cognitive approach that allows describing the intellectual environment of customs authorities and models of evaluation and management based on fuzzy logic algorithms. The implementation of the technology for presenting experts' knowledge in the subject area is carried out on the basis of constructing a prescriptive logical production model that allows formalizing expert knowledge in the form of implicative statements involving fuzzy formulations in antecedents and consequents, and using a generalized modus ponens as a logical conclusion. Computer development of a mathematical model is carried out in the Fuzzy Logic Toolbox for Matlab application software package.

**Keywords:** measurement model, cognitive (intelligent) technologies, balanced scorecard, customs authorities, finance, evaluation, artificial intelligence, fuzzy logic, MatLab

**For citation:** Goremykina G.I., Gupanova Yu.E. (2023) Intellectual measurement and evaluation of the results of customs authorities' activities. *Upravlenie / Management (Russia)*, 11 (1), pp. 16–28. DOI: 10.26425/2309-3633-2023-11-1-16-28



## Введение / Introduction

Один из важнейших целевых ориентиров развития таможенных органов направлен на повышение качества таможенного администрирования, реализацию на должном уровне инструментов обеспечения национальной безопасности и ее важнейшей составной части — экономической безопасности — при осуществлении внешнеторговой деятельности. Реализация данного ориентира невозможна без соответствующей системы и инструментария измерения результатов деятельности таможенных органов, отвечающих современным условиям их развития. Цель — это требуемое состояние объекта управления, которое должно быть достигнуто, а измерение результатов деятельности — один из самых эффективных управленческих инструментов, позволяющий произвести оценку степени достижения цели и на основании полученной оценки совершить управленческие воздействия в случае необходимости.

Поскольку основной функционал таможенных органов связан, с одной стороны, с обеспечением экономической безопасности и реализацией контрольно-надзорных мероприятий, а с другой — нацелен на развитие внешней торговли, то и измерение результатов их деятельности имеет несколько важных направлений.

Развитие таможенных органов Российской Федерации в стратегической перспективе направлено на формирование качественно новой таможенной службы, функционирующей на принципах цифровизации и интеллектуализации деятельности и характеризующейся способностью быстро реагировать на возможные угрозы, информационным единством, результативностью для государства и оперативностью реализации контроля для законопослушного бизнеса<sup>1</sup>. Это позволяет выделить ключевые направления оценки результатов деятельности Федеральной таможенной службы Российской Федерации (далее — ФТС России).

При этом вопросы оценки результатов деятельности таможенных органов с точки зрения измерения результативности и эффективности на текущий момент недостаточно изучены и проработаны в экономической литературе. Как правило, эти направления разграничиваются применительно к деятельности государственных органов, что видится вполне закономерным с позиции наличия двух общетеоре-

тических подходов оценки: целевого и затратного. Целевой подход в этом контексте предполагает измерение степени достижения поставленных целей, затратный же отражает соотношение между затраченными ресурсами и полученными результатами деятельности. Это в определенной степени закономерно и для таможенных органов, для которых указанные подходы также применяются на практике.

Принимая во внимание сложность для таможенных органов точной формализации полученной экономической выгоды в качестве результата работы в силу особого статуса казенных учреждений, финансируемых из федерального бюджета, необходимо отметить, что измерение результативности имеет большие перспективы по сравнению с оценкой эффективности деятельности.

Развитие подходов к измерению результативности деятельности таможенных органов базируется на возможностях применения методов интеллектуального моделирования и актуального экономико-математического аппарата и должно быть направлено на мониторинг динамики показателей развития таможенных органов, а также создание информационной базы для принятия управленческих решений.

## Литературный обзор / Literature review

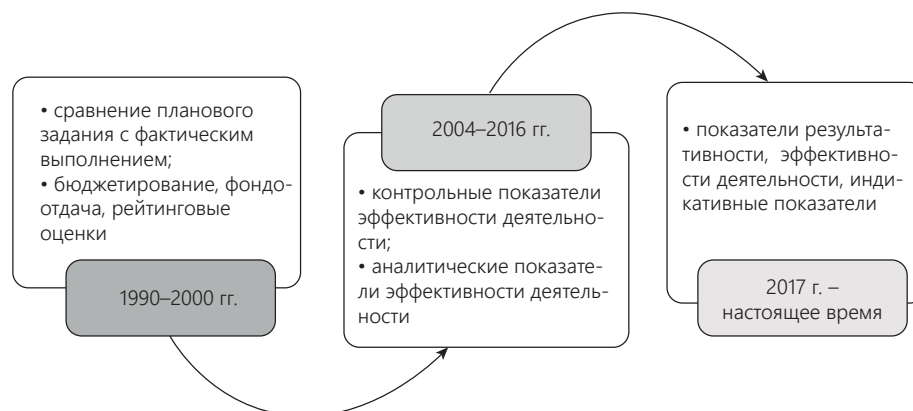
Измерение результативности деятельности таможенных органов в Российской Федерации прошло определенный путь эволюции, показанный на рисунке 1.

Как видно из данных рисунка 1, измерение результативности деятельности таможенных органов началось со сравнения планового задания по перечислению таможенных платежей и фактически достигнутых показателей перечисления данных платежей. Этот показатель и на сегодняшний день остается важнейшим показателем оценки реализации фискальной функции таможенных органов.

Система оценки результатов деятельности таможенных органов прошла определенные этапы развития. На данный момент результативность деятельности таможенных органов оценивается по системе показателей эффективности, результативности, индикативных показателей. Эта система дает достаточно детальное представление о ключевых результатах работы в силу большого числа показателей и позволяет выявлять резервы повышения качества деятельности в целом.

В то же время система по своей сути является внутриведомственной и не ориентирована на учет потребительских оценок, а также не позволяет получать интегральную оценку результатов деятельности таможенной службы в целом (показатели

<sup>1</sup> Федеральная таможенная служба Российской Федерации. Стратегия развития ФТС России до 2030 года. Режим доступа: <https://customs.gov.ru/activity/programmy-razvitiya/strategiya-razvitiya-fts-rossii-do-2030-goda> (дата обращения: 25.12.2022).



Составлено авторами по материалам исследования / Compiled by the authors on the materials of the study

**Рис. 1.** Эволюция подходов к измерению результатов деятельности таможенных органов в России  
 Fig. 1. Evolution of the approaches of measuring the results of customs authorities activity in Russia

утверждены для отдельных уровней системы). Кроме того, существенным недостатком является сложность ее реализации на практике в связи с объемом методик расчета показателей, а также большим числом самих показателей оценки. Также она не позволяет выделить и оценить вклад отдельного таможенного органа или уровня системы в достижение ключевых целей.

Исследование зарубежного опыта измерения результатов деятельности таможенных органов показало, что перспективным вариантом решения обозначенных проблемных аспектов является использование таких методов как: интеллектуальный анализ данных, потребительские оценки (индексы восприятия), механизмы мониторинга данных<sup>2</sup> [Morales-Fusco et al., 2016; Bobrova, 2017].

Все многообразие подходов к оценке результатов деятельности таможенных органов целесообразно разделить на две группы методов: количественные методы (оценка времени, затрат и прочего) и качественные (экспертные) модели, позволяющие получать комбинированные оценки по разным направлениям деятельности.

Следует отметить, что первый подход на сегодняшний день нашел достаточное применение в национальной системе оценивания деятельности государственных, в том числе таможенных, органов, но несмотря на это, он недостаточно информативен для оценки и обоснования управленческих решений. Это указывает на необходимость развития и допол-

нения методов количественной оценки методологией качественного (экспертного) моделирования оценки результатов деятельности таможенных органов с учетом ключевых направлений оценки и стратегических перспектив развития таможенной службы.

В условиях квалитологической системной трансформации таможенного института, обусловленной в условиях цифровой экономики процессом его интеллектуализации, основой формирования качественно новых инструментов управления становятся когнитивные (интеллектуальные) технологии, такие как нечеткое моделирование, нейросетевые алгоритмы, эволюционные вычисления, гибридное моделирование. Подтверждением данной тезы могут служить исследования М.В. Бойковой и Д.В. Губарева [2021], Ю.Е. Гупановой, Г.И. Горемыкиной и З.В. Удаловой [Goremykina et al., 2019], В.В. Макрусева, Ю.Ю. Савды, М.В. Бойковой и А.Е. Суглобова [Makrusev et al., 2019], М.А. Юдиной и Л.О. Камаевой [2021], С. Фенга [Feng, 2022] и других. Для такого комплексного фундаментального изменения требуется творческое осмысление потенциала каждой новой технологии с последующим пересмотром годегетики применения количественных методов в экономической и финансовой сферах. Как отмечают И.В. Грошев и А.В. Жерегеля, «каждая конкретная ситуация и компания требуют уникального набора подходов и инструментов» [Грошев, Жерегеля, 2021, с. 17].

В данном исследовании измерения экономических и финансовых показателей результатов деятельности таможенных органов проводились с привлечением экспертов предметной области. Это повлекло за собой необходимость решения проблемы представления знаний с последующей их формализацией и имитацией на компьютере

<sup>2</sup> Ireland R., Cantens Th., Yasui T. (2011). An overview of performance measurement in customs administrations. WCO Research Paper, No. 13. Режим доступа: [https://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/global/pdf/topics/research/research-paper-series/13\\_performance\\_measurement\\_2011.pdf?la=en](https://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/global/pdf/topics/research/research-paper-series/13_performance_measurement_2011.pdf?la=en) (дата обращения: 20.12.2022).

[Горемыкина, 2021]. Указанная проблема является одной из центральных проблем в исследованиях искусственного интеллекта [Finn, 2020]. В работе она решается на основе когнитивного подхода к созданию математических моделей, в основу которого положена методология интеллектуального моделирования на базе нечеткой логики. Моделирование знаний на языке нечеткой логики, являющееся адекватным средством формализации правдоподобных рассуждений, позволило воспроизвести человеческий способ мышления и дало возможность построить фактические схемы рассуждений, которыми пользовались эксперты, с последующей их компьютерной реализацией. Применяемый в настоящей статье подход отражает общую тенденцию цифровой трансформации методов и моделей измерений в инновационную методологию интеллектуальных измерений [Прокопчина, 2021; Фомин и др., 2022; Синчуков, 2022; Макрусов, Рыжова, 2021; Boltürk, 2022; Mikheyenkova, 2020].

Интегральные критерии оценки деятельности таможенной службы в целом, учитывающие в том числе и потребительские предпочтения, закреплены федеральным законом от 3 августа 2018 г. № 289-ФЗ «О таможенном регулировании в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»<sup>3</sup>.

По мнению авторов, данные подходы весьма значимы с точки зрения оценки комплексного результата и требуют своего дальнейшего развития. В качестве направления такого развития авторами ранее было обосновано использование системы сбалансированных показателей как системной методологии, позволяющей проводить комплексную оценку реализации ключевых целей и направлений развития таможенной службы [Горемыкина, Гупанова, 2018]. Реализация данной методологии предполагает выделение стратегических перспектив оценки. В качестве последних, с учетом существующих подходов к оценке деятельности таможенных органов, в той же указанной выше работе было доказательно обосновано применение следующих проекций сбалансированной системы показателей: экономическая безопасность, финансы, клиенты, обучение и развитие. Эти направления комплексно отражают реализацию

таких функций таможенных органов как: обеспечение экономической безопасности, собираемость таможенных платежей (фискальная функция), создание условий для ведения внешнеэкономической деятельности (далее – ВЭД) и развитие таможенных органов на основе инновационных технологий в их деятельности, «с учетом основных трендов мирового развития, исходя из приоритета сетевых технологий, сконцентрированных вокруг человека как конечного потребителя»<sup>4</sup>. Кроме того, предложенная методология позволяет оценивать вклад отдельных уровней таможенной службы в достижение их стратегических целей.

### Теория и методы / Theory and methods

Для конкретизации общей методологии разработаем модель интеллектуального измерения степени достижения цели по направлению «Финансы», которое отражает полноту собираемости таможенных платежей в федеральный бюджет и в целом реализацию фискальной функции таможенных органов. В качестве показателей, характеризующих это направление, были взяты показатели в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 29 сентября 2012 г. № 994 «Об утверждении Положения о системе показателей работы таможенных органов Российской Федерации, порядке и методике их мониторинга»<sup>5</sup> (всего 3 показателя) (рисунки 2 и 3).

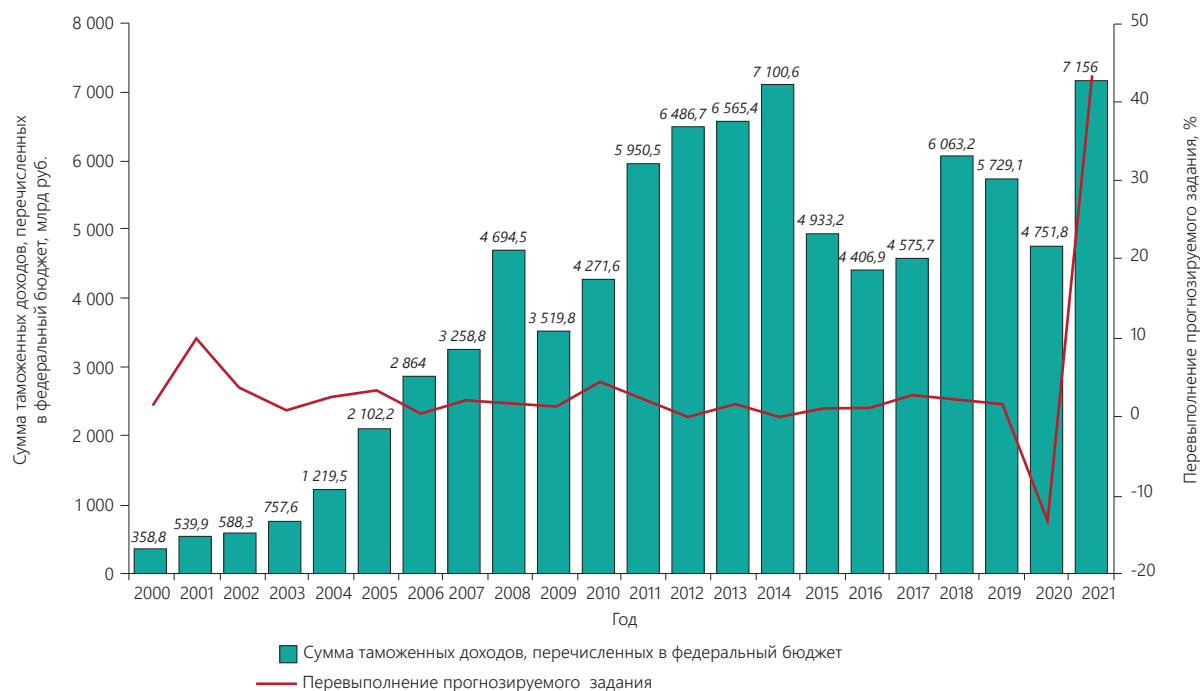
Первый показатель — уровень выполнения прогнозируемого задания по администрируемым таможенными органами доходам в федеральный бюджет (показатель 4) рассчитывался на протяжении всего процесса эволюции системы оценки деятельности таможенных органов, поэтому эмпирическая база данного показателя охватывает большой период наблюдения. Динамика изменения данного показателя за последние 22 года приведена на рисунке 2.

<sup>4</sup> *Национальная технологическая инициатива*. Программа мер по формированию принципиально новых рынков и созданию условий для глобального технологического лидерства России к 2035 году. Режим доступа: <https://nti2035.ru/nti/> (дата обращения: 15.12.2022).

<sup>5</sup> *Правительство Российской Федерации*. Постановление от 29.09.2012 № 994 «Об утверждении Положения о системе показателей работы таможенных органов Российской Федерации, порядке и методике их мониторинга». Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_135976/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_135976/) (дата обращения: 22.12.2022).

<sup>3</sup> Федеральный закон от 03.08.2018 № 289-ФЗ «О таможенном регулировании в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_304093/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304093/) (дата обращения: 21.12.2022).





Составлено авторами по данным официальной таможенной статистики Российской Федерации<sup>6</sup> / Compiled by the authors according to the official customs statistics of the Russian Federation<sup>6</sup>

**Рис. 2.** Динамика перевыполнения прогнозируемого задания по администрируемым таможенными органами доходам в российский федеральный бюджет за 2000–2021 гг.

Fig. 2. Dynamics of over-fulfillment of the projected task for revenues administered by customs authorities to the Russian federal budget for 2000–2021

Как видно из рисунка 2, динамика показателя за рассматриваемый период имеет устойчивую тенденцию роста с колебаниями в отдельные годы, обусловленными такими факторами как: последствия кризиса 2008 г., налоговый маневр 2014 г., связанный со снижением величины экспортных пошлин, изменения в структуре и объемах товарооборота, экономические санкции последних лет и другое. При этом прогнозируемое задание по перечислению таможенных доходов до 2020 г. перевыполнялось на уровне от 0 % до 10 %, что свидетельствует, с одной стороны, о высоком качестве планирования данных показателей, а с другой стороны — об эффективности реализации фискальной функции таможенными органами. В 2020 г. в связи с пандемией COVID-19 впервые за долгое время наблюдалось недовыполнение показателя от его начального уровня (при переоценке начального планового значения к концу года процент превышения составил 7,7 %), но при стабилизации ситуации в 2021 г. достигнуто пиковое превышение в 43,5 %.

Статистические данные по двум другим показателям (показатели 5 и 6) достаточно однородны и в целом

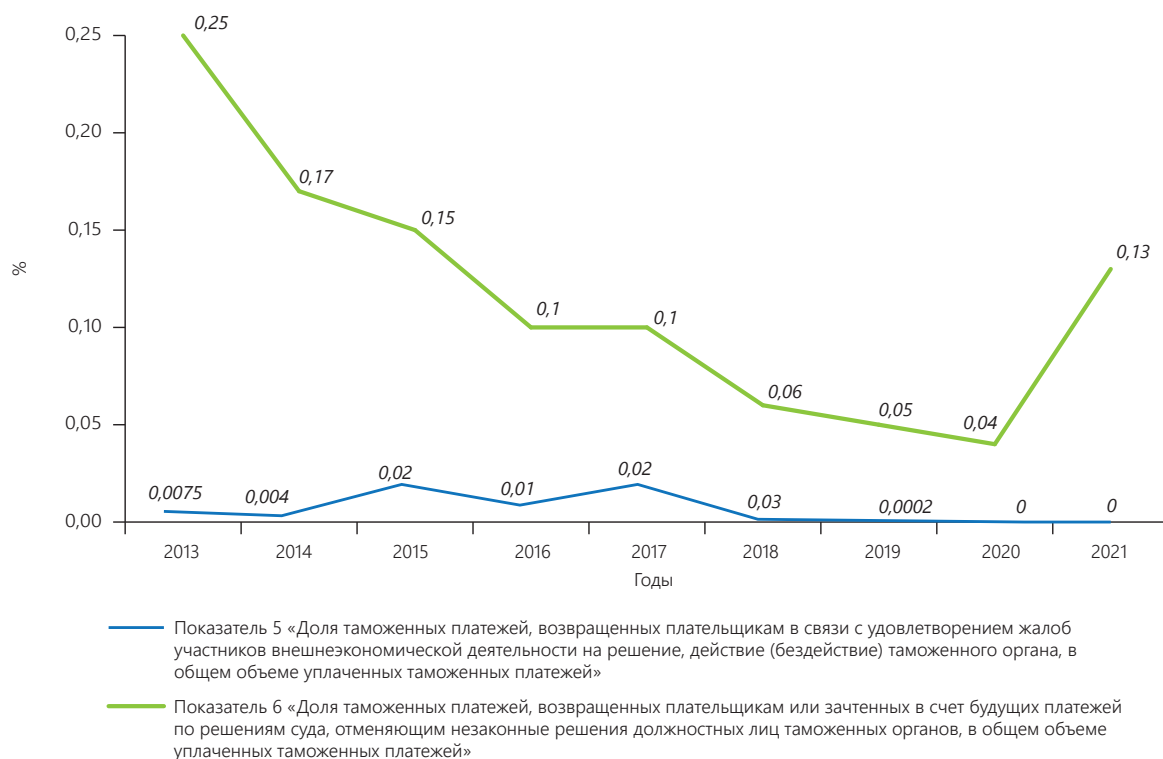
свидетельствуют об эффективной реализации функции взимания таможенных платежей. Расчет данных показателей осуществляется с 2013 г. (рисунок 3).

Модель измерения может быть описана функциональным отношением между множествами входных и выходной величин, где выходная величина является измеряемой, значение которой зависит от значения входных величин, участвующих в измерении. В процессе измерения в условиях нестохастической неопределенности, обусловленной детерминированной зашумленностью или исключительностью данных, недостаточностью числа статистических наблюдений, могут возникнуть различные внешние и внутренние помехи, которые внесут погрешность в результат измерения. Поэтому задачу построения модели измерения степени достижения цели по направлению «Финансы» будем рассматривать как задачу поиска нечеткой логической функции следующего вида.

$$Y: \{(x_1; x_2)\} \rightarrow [0; 1], \quad (1)$$

где  $Y$  — оценка степени достижения цели по направлению «Финансы»;  $x_1$  — величина отклонения от прогнозируемого выполненного задания по администрируемым таможенными органами доходам

<sup>6</sup> Федеральная таможенная служба Российской Федерации. Справочные и аналитические материалы. Режим доступа: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 20.12.2022).



Составлено авторами по данным официальной таможенной статистики Российской Федерации<sup>7</sup> / Compiled by the authors according to the official customs statistics of the Russian Federation<sup>7</sup>

**Рис. 3.** Динамика показателей 5 и 6 за 2013–2021 гг.

Fig. 3. Dynamics of indicators 5 and 6 for 2013–2021

в федеральный бюджет;  $x_2$  – суммарная доля таможенных платежей, возвращенных плательщикам в связи с удовлетворением жалоб участников ВЭД на решение, действие (бездействие) таможенного органа, в общем объеме уплаченных таможенных платежей и возвращенных плательщикам или зачтенных в счет будущих платежей по решениям суда, отменяющим незаконные решения должностных лиц таможенных органов, в общем объеме уплаченных таможенных платежей;  $(x_1; x_2)$  – вектор ключевых показателей результативности.

Измерение осуществим на основе экспертной базы знаний, применив в качестве логического вывода generalized modus ponens, а в качестве моделирующего алгоритма используем алгоритм Е.Н. Mamdani [Mamdani, Assilian, 1975] со следующей детерминацией:

$$\bigcup_{j=1}^{r_j} \left( \bigcap_{a=1}^2 x_a = t_a^{\beta l} \text{ с весом } \omega_{\beta l} \right) \Rightarrow (Y = d_{\beta}), \quad \beta = \overline{1; m}, \quad (2)$$

где  $x_a$  – входная переменная;  $t_a^{\beta l}$  – нечеткий терм переменной  $x_a$  в строке с номером  $\beta l$ ;  $r_j$  – количество правил в базе знаний;  $m$  – количество термов выходного параметра  $Y$ ;  $\omega_{\beta l}$  – вес правила с номером

$\beta l$  ( $\omega_{\beta l} \in [0; 1]$ );  $\cup$  – нечеткая дизъюнкция;  $\cap$  – нечеткая конъюнкция.

При моделировании нечеткой логической функции (1) осуществлялись эксперименты, в процессе которых рассматривались различные виды функций принадлежности и количество термов в лингвистических переменных  $x_1$  и  $Y$ . В данной работе описываются результаты, полученные для случая, когда при формализации нечетких множеств использовалась гауссова функция принадлежности:

$$\mu(x) = \exp\left(-\left(\frac{x-b}{a}\right)^2\right), \quad (3)$$

где  $a$  – коэффициент концентрации функции принадлежности;  $b$  – ядро нечеткого множества.

Представление информации о первом входном показателе было реализовано экспертами с помощью лингвистической переменной. Для этого были определены:

- имя переменной:  $x_1$ ;
- универсальное множество:  $[0; 10]$  (единица измерения – процент, %), на котором были заданы терм-множества с гауссовыми функциями принадлежности;
- терм-множество: {«примерно нулевое» – AZ, «положительно малое» – PS, «положительно среднее» –

<sup>7</sup> Там же.

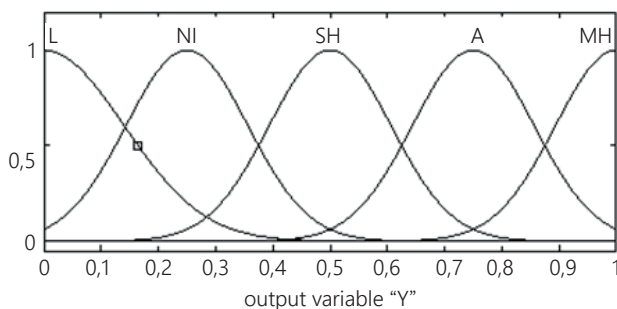
РМ, «положительно большое» – PL}. При этом лингвистические значения AZ, PS, РМ, PL эксперты задавали одновременно с помощью имен, содержащих гауссово-нечеткие значения: примерно 0 %; примерно 1,55 %; примерно 3,4 %; примерно 10 % соответственно.

Стоит обратить внимание, что универсальное множество переменной  $x_1$  не содержит отрицательные значения. Их отсутствие объясняется тем, что, если происходит невыполнение плана по данному показателю, то степень достижения цели автоматически таксировается специалистами как неприемлемо низкая и цель считается недостигнутой.

Представление информации о втором входном показателе было реализовано экспертами также с помощью лингвистической переменной. Для этого были определены:

- имя переменной:  $x_2$ ;
- универсальное множество:  $[0; 0,2575]$  (единица измерения – процент, %), на котором были специфицированы терм-множества с гауссовыми функциями принадлежности;
- терм-множество: {«низкая» – L, «средняя» – М, «высокая» – Н}; лингвистические гауссово-нечеткие значения М, L, Н соответственно: примерно 0 %, примерно 0,135 %; примерно 0,2575 %.

Диапазон изменения выходной переменной был разбит экспертами на пять интервалов, соответствующих следующим лингвистическим термам: ниже планового значения (L); плановое значение (NI); немного выше планового значения (SH); выше планового значения (A); намного выше планового значения (MH). Лингвистические гауссово-нечеткие значения оценки выходной переменной представлены на рисунке 4.



Составлено авторами по материалам исследования / Compiled by the authors on the materials of the study

Рис. 4. Функции принадлежности выходной переменной Y  
Fig. 4. Membership functions of the output variable Y

Детерминацию (2) с помощью сформулированных экспертами продукционных правил репрезентуем

в виде многомерной матрицы, представленной в таблице 1.

Таблица 1

База знаний (правил), моделирующих отображение (1)

Table 1. Knowledge base (rules) modeling mapping (1)

| Переменная $x_1$ | Переменная $x_2$ |    |    |
|------------------|------------------|----|----|
|                  | L                | M  | H  |
| AZ               | NI               | NI | SH |
| PS               | SH               | NI | L  |
| PM               | A                | NI | NI |
| PL               | MH               | A  | A  |

Составлено авторами по материалам исследования / Compiled by the authors on the materials of the study

На пересечении значений лингвистических входных переменных указано значение лингвистической выходной переменной.

База знаний была подвергнута процессу верификации на соответствие требованиям полноты и непротиворечивости. Проверка полноты осуществлялась по двум позициям: является ли база знаний лингвистически полной и является ли она численно полной. Обозначим через  $(T_{11}; T_{12}; T_{13}; T_{14})$ ,  $(T_{21}; T_{22}; T_{23})$  и  $(T_1; T_2; T_3; T_4; T_5)$  лингвистические множества входов  $x_1$ ,  $x_2$  и выхода  $Y$  модели соответственно. Согласно таблице 1, каждому входному лингвистическому состоянию  $(T_{1i}; T_{2j})$  база правил ставит в соответствие лингвистическое состояние  $T_k$ , где  $i=1; 2; 3, j=1; 2; 3, k=1; 2; 3; 4; 5$ . Данный факт означает, что база правил является лингвистически полной. Противоречия в продукционных базах знаний могут трактоваться по-разному [Post, 1943]. В данной работе проверка базы знаний на наличие противоречий заключалась в обнаружении несовместимых правил, то есть правил, имеющих одинаковые антецеденты, но разные консеквенты [Piegat, 2011]. Анализ таблицы 1 показал отсутствие таких правил, что позволило сделать вывод о непротиворечивости базы знаний.

После определения реальных значений входных переменных было осуществлено их масштабирование с целью приведения к нормированному диапазону  $[0; 1]$ . Применялся следующий метод нормирования:

$$nx = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (4)$$

где  $x$  – величина, имеющая интервал изменения  $[x_{\min}; x_{\max}]$ ,  $nx$  – нормированная величина  $x$ .

Нормированные значения параметров гауссовых функций принадлежности приведены в таблице 2.



Таблица 2

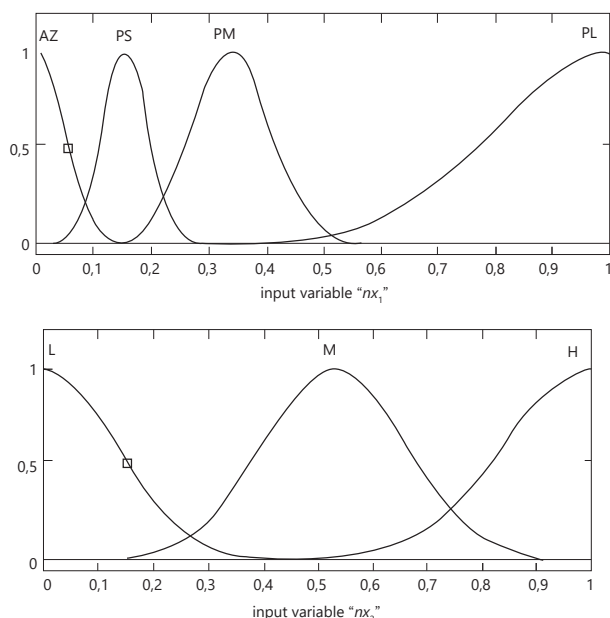
### Нормированные значения параметров гауссовых функций принадлежности

Table 2. Normalized values of Gaussian membership functions parameters

| Параметры гауссовой функции (3) | Нормированная переменная |       |      |     |        |      |      |
|---------------------------------|--------------------------|-------|------|-----|--------|------|------|
|                                 | $nx_1$                   |       |      |     | $nx_2$ |      |      |
|                                 | AZ                       | PS    | PM   | PL  | L      | M    | H    |
| <b>a</b>                        | 0,05                     | 0,040 | 0,07 | 0,2 | 0,131  | 0,13 | 0,16 |
| <b>b</b>                        | 0,00                     | 0,155 | 0,34 | 1,0 | 0,000  | 0,53 | 1,00 |

Составлено авторами по материалам исследования / Compiled by the authors on the materials of the study

Входные лингвистические нормированные переменные  $nx_1$  и  $nx_2$  представлены в графическом виде на рисунке 5.



Составлено авторами по материалам исследования / Compiled by the authors on the materials of the study

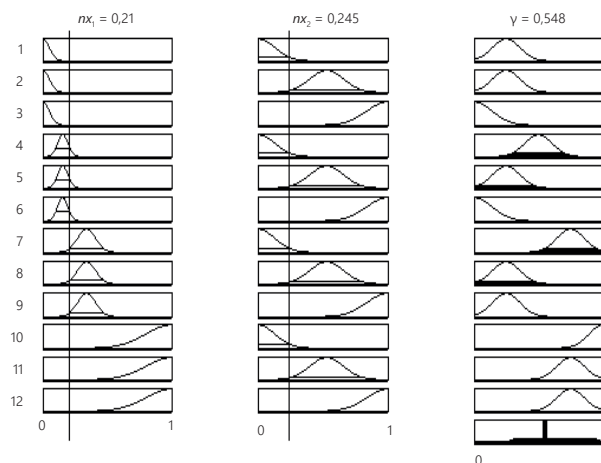
**Рис. 5.** Функции принадлежности входных нормированных переменных

Fig. 5. Membership functions of input normalized variables

Компьютерная разработка прескриптивной логической продукционной модели измерения степени достижения цели по направлению «Финансы» проводилась в пакете прикладных программ Fuzzy Logic Toolbox for Matlab.

### Основные результаты и обсуждение / Results and discussion

На рисунке 6 изображено окно вывода информации из устройства к пользователю, полученной при подаче на вход модели денормированного вектора, соответствующего данным 2018 г.



Составлено авторами по материалам исследования / Compiled by the authors on the materials of the study

**Рис. 6.** Визуализация правила базы знаний модели измерения (компьютерное отображение)

Fig. 6. Visualization of the knowledge base rule of the measurement model (computer image)

Как видно из рисунка 4, значение выходной величины  $Y$  в модели измерения (1) на входном векторе (0,21; 0,245) равно 0,548. На основе принятой в исследовании амбивалентной концепции измерения, интерпретация полученного результата такова. Количественная оценка степени достижения цели по направлению «Финансы» по вводимым данным 2018 г. составляет 0,548; качественная оценка соответствует терму «Немного выше планового значения».

Формула денормирования следует из формулы (4):

$$x = (1 - nx) \cdot x_{\min} + nx \cdot x_{\max} . \quad (5)$$

Возможность использования построенной модели в качестве компьютерного аналога концептуальной модели исследуем, исходя из анализа результатов тестирования построенной модели. Определим меру компатибельности аутпута нечеткого логического вывода объективной реальности. Валидацию модели проведем по имеющимся ретроспективным данным. В таблице 3 приведены результаты работы этой части программы.

Таблица 3

### Проверка конгруэнтности модельной и экспертной оценок

Table 3. Checking the congruence of model and expert assessments

| Год  | $nx_1$ | $nx_2$ | $Y$   | Терм | Конгруэнтность модельной и экспертной оценок |
|------|--------|--------|-------|------|----------------------------------------------|
| 2013 | 0,160  | 1,000  | 0,120 | L    | Конгруэнтны                                  |
| 2014 | 0,000  | 0,676  | 0,251 | NI   | Конгруэнтны                                  |
| 2015 | 0,110  | 0,660  | 0,252 | NI   | Конгруэнтны                                  |
| 2016 | 0,110  | 0,427  | 0,258 | NI   | Конгруэнтны                                  |

Окончание табл. 3

| Год  | $nx_1$ | $nx_2$ | $Y$   | Терм | Конгруэнтность<br>модельной<br>и экспертной оценок |
|------|--------|--------|-------|------|----------------------------------------------------|
| 2017 | 0,280  | 0,466  | 0,254 | NI   | Конгруэнтны                                        |
| 2018 | 0,210  | 0,245  | 0,548 | SH   | Конгруэнтны                                        |
| 2019 | 0,159  | 0,195  | 0,500 | SH   | Конгруэнтны                                        |

Составлено авторами по материалам исследования / Compiled by the authors on the materials of the study

Проверка на ретроспективных данных установила тестовую ситуацию и тем самым обосновала адекватность применяемого инструментария. Результаты работы модели по входным данным 2013–2019 гг. представлены на рисунке. 7.

Для финального анализа построенной нечеткой модели измерения и завершения процесса верификации ее базы знаний приведем все множество сценариев модели (рис. 8).

Рисунок 8 служит наглядной иллюстрацией того, что с любым четким входным состоянием  $((nx_1)^*; (nx_2)^*)$  связано выходное состояние  $Y^*$ , то есть выходное значение может быть вычислено для всех точек входа. Следовательно, любое четкое входное состояние приводит к активизации хотя бы одного правила (консеквента), что, согласно [Piegat, 2011], определяет базу знаний как численно полную. Это завершает процесс верификации базы знаний.

По мере накопления данных, в связи с возможной трансформацией значимых входов, изменением

требований к детализации качественной оценки и т.п., может последовать дальнейшая настройка модели, заключающаяся в изменении количества, вида или параметров функций принадлежности.

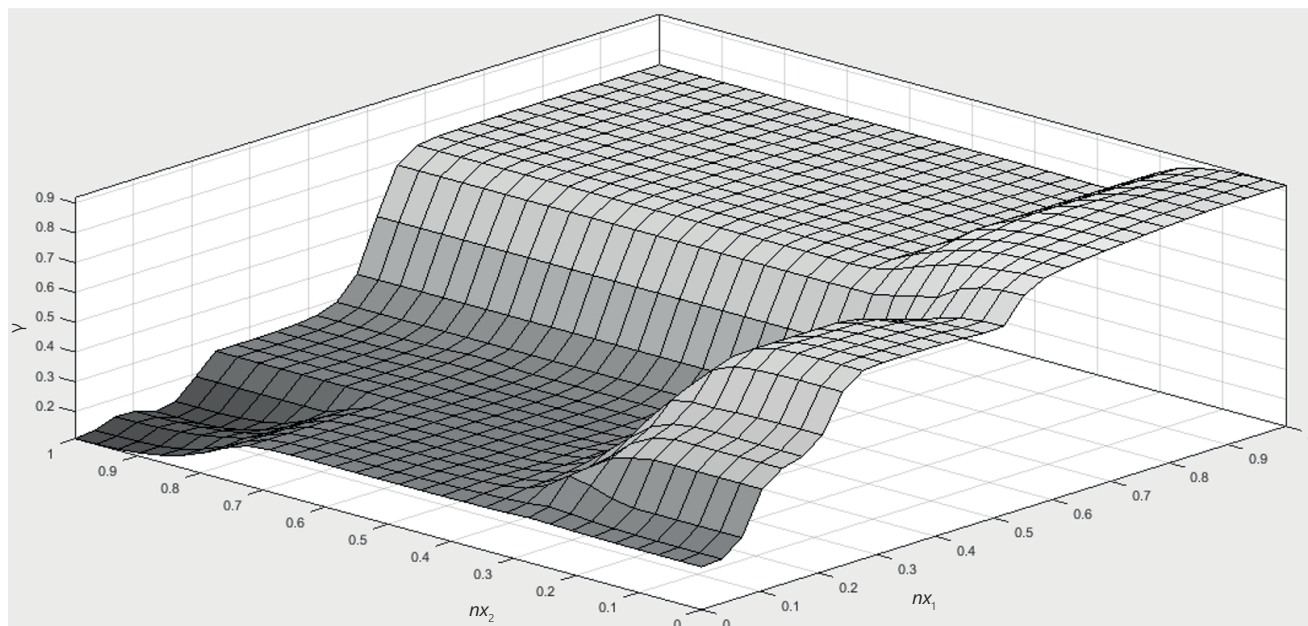
При этом важно учитывать характер исходных данных, от которых зависит возможность применения нечетких моделей измерения результатов деятельности таможенных органов. Так, за рассматриваемый период анализа в данной работе динамика исследуемых показателей была различна. Показатель, отражающий выполнение прогнозируемого задания по перечислению таможенных платежей, имеет ярко выраженные колебания, зависящие от изменения внешнеторгового оборота и обусловленные действием внешних факторов. Как отмечалось выше, такие колебания можно объяснить происходящими мировыми финансовыми кризисами, изменениями действующего законодательства, а также воздействием трудно прогнозируемых факторов, таких как пандемия COVID-19, ограничительные меры финансового и торгового характера. Наиболее существенное воздействие на колебания показателя оказали условия пандемии, приведшие к резкому сокращению внешнеторгового оборота и, как следствие, к снижению объемов таможенных платежей в 2020 г., результатом которого стало значительное недовыполнение показателя (на 13,31 %). Это обусловило необходимость пересмотра прогнозных значений и занижение прогноза на последующий 2021 г., в результате чего



Составлено авторами по материалам исследования / Compiled by the authors on the materials of the study

Рис. 7. Отображение изменения модельной оценки

Fig. 7. Displaying the model score change



Составлено авторами по материалам исследования / Compiled by the authors on the materials of the study

**Рис. 8.** 3D-модель функциональной зависимости (1) с детерминацией (2) (компьютерное отображение)

Fig. 8. 3D model of functional dependence (1) with determination (2) (computer image)

на фоне стабилизации внешнеэкономической деятельности превышение прогноза в 2021 г. составило 43,5 %. Очевидно, что действие данных факторов выбивается из общей тенденции за последние 22 года, и для корректного моделирования данные числовые значения не принимались в расчет при построении модели. Однако по мере дальнейшего накопления эмпирических данных и удлинения периода анализа представляет интерес ввод в модель в том числе данных 2020–2022 гг.

### Заключение / Conclusion

Подход, используемый в данной работе, отражает общую тенденцию цифровой трансформации методов и моделей измерений в инновационную методологию интеллектуальных измерений, позволяющую добиться синергетического эффекта

от использования технологий искусственного интеллекта и теории измерений и вследствие этого выступать основой реформирования системы измерения результатов деятельности таможенных органов в условиях смены технологических укладов.

Практическая ценность результатов исследования определяется созданием для национальных таможенных служб математического обеспечения и соответствующего компьютерного инструментария системы принятия управленческих решений через построение средства измерения, обладающего элементами искусственного интеллекта и позволяющего использовать разработанные стратегии, алгоритмы, математические модели для мониторинга и прогнозирования результатов функционирования таможенных органов по ключевым направлениям их деятельности.

### Список литературы

- Бойкова М.В., Губарев Д.В. (2021). К вопросу о цифровой трансформации таможенного администрирования // Ученые записки Санкт-Петербургского имени В.Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии. № 2(78). С. 69–73.
- Горемыкина Г.И. (2021). Интеллектуальный анализ больших данных: компьютерно ориентированный метод работы с семантикой суждений // Современные информационные технологии и ИТ-образование». Т. 17, № 4. С. 880–888. <https://doi.org/10.25559/SITITO.17.202104.880-888>

### References

- Bobrova A.V. (2017), "Assessment of the performance of Russian customs authorities", *World Customs Journal*, vol. 11, no. 2, pp. 37–48.
- Boykova M.V., Gubarev D.V. (2021), "On the issue of digital transformation of customs administration" // *Scientific Notes of the St. Petersburg Branch of the Russian Customs Academy named after V.B. Bobkov* [Uchenye zapiski Sankt-Peterburgskogo imeni V.B. Bobkova filiala Rossijskoj tamozhennoj akademii], no. 2(78), pp. 69–73, (in Russian).

- Горемыкина Г.И., Гупанова Ю.Е. (2018). Разработка методологии целевого управления по результатам деятельности таможенных органов // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. Т. 14, № 11(368). С. 1996–2011. <https://doi.org/10.24891/ni.14.11.1996>
- Грошев И.В., Жерегеля А.В. (2021). Цифровая трансформация экономики: изменение бизнес-практики и цифровое лидерство // Менеджмент в России и за рубежом. № 3. С. 10–17.
- Макрусев В.В., Рыжова А.С. (2021). Саморазвитие когнитивных таможенных технологий как доминирующий фактор в развитии таможенных систем // Экономические исследования и разработки. № 2. С. 13–19.
- Прокопчина С.В. (2021). Интеллектуальные измерения как перспективный путь к интеграции и совместному развитию методологии искусственного интеллекта и теории измерений // Мягкие измерения и вычисления. Т. 38, № 1. С. 5–17. <https://doi.org/10.36871/2618-9976.2021.01.001>
- Синчуков А.В. (2022). Общие вопросы конструирования и управления портфелем финансовых инструментов // Научные исследования и разработки. Экономика. Т. 10, № 1. С. 36–43. <https://doi.org/10.12737/2587-9111-2022-10-1-36-43>
- Фомин Г.П., Сухорукова И.В., Максимов Д.А., Алешина И.Ф. (2022). Формирование индикаторов, критериев, мер и шкал оценки рисков // Мягкие измерения и вычисления. Т. 52, № 3. С. 5–10. <https://doi.org/10.36871/2618-9976.2022.03.001>
- Юдина М.А., Камаева Л.О. (2021). Формирование и развитие системы оценки деятельности таможенных органов // Проблемы теории и практики управления. № 1. С. 113–128. <https://doi.org/10.46486/0234-4505-2021-1-113-128>
- Bobrova A.V. (2017). Assessment of the performance of Russian customs authorities // World Customs Journal. V. 11, no. 2. Pp. 37–48.
- Boltürk E. (2022). Fuzzy sets theory and applications in engineering economy // Journal of Intelligent & Fuzzy Systems. V. 42, no. 1. Pp. 37–46. <https://doi.org/10.3233/JIFS-219173>
- Feng S. (2022). Automation Control System Based on Artificial Intelligence Technology // Hung J.C., Chang J.W., Pei Y., Wu W.C. (eds.) *Innovative Computing. Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol. 791, pp. 783–791, Springer, Singapore, [https://doi.org/10.1007/978-981-16-4258-6\\_96](https://doi.org/10.1007/978-981-16-4258-6_96)
- Finn V.K. (2020). Exact Epistemology and Artificial Intelligence // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. V. 54, no. 3. Pp. 140–173. <https://doi.org/10.3103/S0005105520030073>
- Goremykina G.I., Gupanova Yu.E., Udalova Z.V. (2019). Intelligent management methodology based on the performance results of customs authorities // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Proceedings of the 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019, Rostov-on-Don September 10–13, 2019. Rostov-on-Don: Don State Technical University. Art. num. 012129.
- Mamdani E.H., Assilian S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller // International Journal of Man-Machine Studies. V. 7, no. 1. Pp. 1–13. [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(75\)80002-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(75)80002-2)
- Makrusev V.V., Savda Y.Yu., Boykova M.V., Suglobov A.E. (2018). Customs management as an institute: studying development Boltürk E. (2022), “Fuzzy sets theory and applications in engineering economy”, *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, vol. 42, no. 1, pp. 37–46, <https://doi.org/10.3233/JIFS-219173>
- Feng S. (2022), Automation Control System Based on Artificial Intelligence Technology. In: Hung J.C., Chang J.W., Pei Y., Wu W.C. (eds.) *Innovative Computing. Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol. 791, pp. 783–791, Springer, Singapore, [https://doi.org/10.1007/978-981-16-4258-6\\_96](https://doi.org/10.1007/978-981-16-4258-6_96)
- Finn V.K. (2020), “Exact Epistemology and Artificial Intelligence”, *Automatic Documentation and Mathematical Linguistics*, vol. 54, no. 3, pp. 140–173, <https://doi.org/10.3103/S0005105520030073>
- Fomin G.P., Sukhorukova I.V., Maksimov D.A., Aleshina I.F. (2022), “Formation of indicators, criteria, measures and risk assessment scales”, *Soft measurements and calculations [Myagkie izmereniya i vychisleniya]*, vol. 52, no. 3, pp. 5–10, <https://doi.org/10.36871/2618-9976.2022.03.001>, (in Russian).
- Goremykina G.I. (2021), “Big Data mining. A computer-oriented method of working with the semantics of assertions”, *Modern Information Technologies and IT-Education*, vol. 17, no. 4, pp. 880–888, <https://doi.org/10.25559/SITITO.17.202104.880-888>, (in Russian)
- Goremykina G.I., Gupanova Yu.E. (2018), “Outlining the methodology for management by objectives in line with performance results of the customs service”, *National Interests: Priorities and Security*, vol. 14, no. 11, pp. 1996–2011, <https://doi.org/10.24891/ni.14.11.1996>, (in Russian).
- Goremykina G.I., Gupanova Yu.E., Udalova Z.V. (2019), “Intelligent management methodology based on the performance results of customs authorities”, In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Proceedings of the 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019, Rostov-on-Don September 10–13, 2019*. Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia, art. num. 012129 (in Russian)
- Groshev I.V., Zheregelya A.V. (2021), “Digital transformation of the economy: changing business practices and digital leadership”, *Management in Russia and abroad*, no. 3, pp. 10–17, (in Russian).
- Makrusev V.V., Ryzhova A.S. (2021), “Self-development of cognitive customs technologies as a dominant factor in the development of customs systems”, *Economic research and development [Ekonomicheskie issledovaniya i razrabotki]*, no. 2, pp. 13–19, (in Russian).
- Makrusev V.V., Savda Y.Yu., Boykova M.V., Suglobov A.E. (2018), “Customs management as an institute: studying development trends”, *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCET)*, no. 10 (2), pp. 1802–1809.
- Mamdani E.H., Assilian S. (1975), “An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller”, *International Journal of Man-Machine Studies*, vol. 7, no. 1, pp. 1–13, [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(75\)80002-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(75)80002-2)
- Mikheyenkova, M.A. (2020). Cognitive knowledge discovery in social sciences, In: Golenkov V., Krasnoprosin V., Golovko V., Azarov E. (eds.) *Open Semantic Technologies for Intelligent System. OSTIS 2020. Communications in Computer and Information Science*. V. 1282. Springer, Cham., [https://doi.org/10.1007/978-3-030-60447-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-60447-9_4)
- Morales-Fusco P., Sauri S., Lekka A.-M., Karousos J. (2016), “Assessing customs performance in the mediterranean ports. KPI selection and best practices identification as part of the MEDNET Project”, *Transportation Research Procedia*, vol. 18, pp. 374–383, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.12.049>



trends // International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), No. 10 (2), pp. 1802–1809.

Mikheyenkova, M.A. (2020). Cognitive knowledge discovery in social sciences // Golenkov V., Krasnoproshin V., Golovko V., Azarov E. (eds.) Open Semantic Technologies for Intelligent System. OSTIS 2020. Communications in Computer and Information Science. V. 1282. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-60447-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-60447-9_4)

Morales-Fusco P., Sauri S., Lekka A.-M., Karousos J. (2016). Assessing customs performance in the mediterranean ports. KPI selection and best practices identification as part of the MEDNET Project // Transportation Research Procedia. V. 18. Pp. 374–383. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.12.049>

Piegat A. (2011). Fuzzy Modeling and Control. Heidelberg: Physica–Verlag. A Springer–Verlag Company. 798 p.

Post E.L. (1943). Formal reductions of the general combination decision problem // American Journal of Mathematics. V. 65. Pp. 197–215.

Piegat A. (2011), *Fuzzy Modeling and Control*, Physica– Verlag, A Springer–Verlag Company, Heidelberg.

Post E.L. (1943), “Formal Reductions of the General Combination Decision Problem”, *American Journal of Mathematics*, vol. 65, pp. 197–215.

Prokopchina S.V. (2021), “Intelligent measurements as a promising way to integrate and jointly develop artificial intelligence methodologies and measurement theory”, *Soft measurements and calculations [Myagkie izmereniya i vychisleniya]*, vol. 38, no. 1, pp. 5–17, <https://doi.org/10.36871/2618-9976.2021.01.001>, (in Russian).

Sinchukov A.V. (2022), “General issues of designing and managing a portfolio of financial instruments”, *Scientific research and development. Economics*, vol. 10, no. 1, pp. 36–43, <https://doi.org/10.12737/2587-9111-2022-10-1-36-43>, (in Russian).

Yudina M.A., Kamaeva L.O. (2021), “Formation and development of a system for the evaluation of customs activities”, *Problems of theory and practice of management [Problemy teorii i praktiki upravleniya]*, no. 1, pp. 113–128, <https://doi.org/10.46486/0234-4505-2021-1-113-128>, (in Russian).