

DOI: 10.15593/2499-9873/2021.1.06

УДК 004.852+323.272+323.276

А.М. Пермяков¹, Л.Н. Ясницкий^{1,2}

¹Пермский государственный национальный
исследовательский университет, Пермь, Россия

²Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», Пермь, Россия

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ СОХРАНЕНИЯ ПОРЯДКА В ГОСУДАРСТВЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Построена политолого-математическая модель, предназначенная для оценки возможности сохранения порядка в государстве. В основе модели лежит нейронная сеть, обученная на данных о состоянии множества стран в различные исторические периоды. Показана адекватность модели путем сопоставления результатов моделирования с реальным ходом исторических процессов. С помощью модели выполнена оценка значимости входных параметров. Установлено, что наиболее значимыми параметрами, оказывающими наибольшее влияние на ситуацию в стране, являются налоги, состояние экономики, доступность товаров первой необходимости.

Влияние наиболее значимых параметров на ход исторических событий продемонстрировано на примерах ситуации во Франции в период 1629–1634 гг. и в Османской империи времен 1799–1804 гг. Компьютерные эксперименты проводились методом сценарного прогнозирования: с применением нейросети проводились вычисления при переборе значений одного параметра либо небольшой фиксированной группы параметров, в то время как значения остальных параметров оставались неизменными.

Сделана попытка прогнозирования развития ситуации в Венесуэле на последующие пять лет. Выполнено большое количество вариантов прогнозов развития событий в зависимости от различных сочетаний возможных мер, принимаемых правительством для стабилизации обстановки. На основании этих прогнозов выбраны наиболее эффективные меры, позволяющие снизить напряженность в стране.

Практическая ценность исследования состоит в том, что созданная политолого-математическая модель может быть использована для оценки возможности сохранения порядка в современных государствах и определения шагов, необходимых для предотвращения либо вызова революций, гражданских войн и т.д.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нейронная сеть, история, политология, прогнозирование, государство, революция, гражданская война, предотвращение беспорядков, оппозиция, коррупция.

A.M. Permyakov¹, L.N. Yasnitsky^{1,2}

¹Perm State University, Perm, Russian Federation

²Russia National Research University
“Higher School of Economics”, Perm, Russian Federation

ESTIMATION OF A POSSIBILITY OF PRESERVING ORDER IN A STATE WITH USAGE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

A political science-mathematical model has been built, designed to assess the possibility of maintaining order in the state. The model is based on a neural network trained on data on the state of many countries in different historical periods. The adequacy of the model is shown by comparing the simulation results with the real course of historical processes. The model was used to estimate the significance of the input parameters. It was found that the most significant parameters that have the greatest impact on the situation in the country are taxes, the state of the economy, and the availability of essential goods.

The influence of the most significant parameters on the course of historical events is demonstrated by examples of the situation in France in the period 1629-1634 and in the Ottoman Empire during 1799-1804. Computer experiments were carried out by the scenario forecasting method: using a neural network, calculations were performed by enumerating the values of one parameter, or a small fixed group of parameters, while the values of the other parameters remained unchanged.

An attempt has been made to predict the development of the situation in Venezuela for the next five years. A large number of options for forecasts of the development of events were carried out, depending on various combinations of possible measures taken by the government to stabilize the situation. Based on these forecasts, the most effective measures were selected to reduce tensions in the country.

The practical value of the study lies in the fact that the created political science and mathematical model can be used to assess the possibility of maintaining order in modern states and to determine the steps necessary to prevent or trigger revolutions, civil wars, etc.

Keywords: artificial Intelligence, artificial neural network, history, political science, forecasting, state, revolution, civil war, prevention of civil disorder, opposition, corruption.

Введение

Как справедливо отмечает в своей обзорной статье С.В. Кручинин [1], «случаи использования математического аппарата в теории политики довольно скудны». Из зарубежных авторов он особо отмечает труды S. Galam [2, 3] и J.D. Morrow [4], предложивших ряд моделей, интересных в плане исследования политических процессов: модели демократического голосования, вертикали власти, принятия решений. Из отечественных авторов в обзоре [1] отмечается работа Ю.Л. Словохотова [5], посвященная математическому моделированию политических явлений.

К одному из первых опытов применения нейронных сетей в политологии, по-видимому, можно отнести публикации Л.Н. Ясницкого [6, 7], в которых приведены результаты подтвердившихся впоследствии прогнозов результатов президентских выборов в России, а также будущих рейтингов некоторых российских политических деятелей. В настоящей статье аналогичный математический аппарат применяется для построения нейросетевой модели, предназначенной для прогнозирования революций и гражданских войн в различных странах, а также для разработки эффективных мер, способствующих сохранению порядка.

В этой связи представляют интерес работы P. Collier, A. Hoeffler [8] и N. Rost, G. Schneider, J. Kleibl [9], посвященные оцениванию рисков возникновения революций и гражданских войн методом эконометрического моделирования. Авторами этих исследований анализируются события, происходившие со второй половины XX в. Остальная же история человечества, также богатая на гражданские войны и в меньшей степени на революции, остается за кадром, и, возможно, некоторые важные закономерности дестабилизации государств остаются незамеченными.

В рамках данного исследования предлагается расширить рассматриваемый временной промежуток с момента возникновения первого государства до наших дней. В качестве основы для входных параметров

нейронной сети используются входные параметры, предлагаемые в упомянутых выше работах [8, 9], с необходимыми для возможности использования на выбранном временном промежутке корректировками. Также по возможности учитывается опыт мировой истории.

В работе [8] были предложены следующие факторы, способствующие дестабилизации государства: внешнее финансирование ради эксплуатации природных ресурсов, поддержания интересов диаспоры или дестабилизации как таковой; неэффективность государственного управления, коррупция и бесхозяйственность; экономические потери; (не)образованность населения; низкая боеспособность вооруженных сил правительства, определяемая как по состоянию войск, так и по природному окружению; этническая/религиозная ненависть, политические репрессии, политическая отчужденность и экономическое неравенство.

В работе [8] для приближенной оценки вышеприведенных факторов и, следовательно, вероятности начала гражданской войны использовались следующие описательные характеристики как входные параметры для математической модели:

1. Наличие идущей войны – для оценки фактора «внешнее финансирование ради дестабилизации» и как часть оценки фактора «коррупция».
2. Отношение экспорта сырьевых продуктов к ВВП – для оценки фактора «внешнее финансирование ради эксплуатации природных ресурсов» и как часть оценки фактора «коррупция».
3. ВВП на душу населения (долл. США) – для оценки фактора «неэффективность государственного управления» и как часть оценки фактора «коррупция».
4. Доля диаспоры (в отношении к коренному населению) – для оценки фактора «финансирование для поддержания интересов диаспоры».
5. Доля мужчин со средним образованием (%) – для оценки фактора «образованность населения».
6. Темп прироста ВВП на душу населения (в среднем за прошлые 5 лет) – для оценки комплекса факторов «экономические потери» и «бесхозяйственность».
7. Предыдущие войны (процент войн от общей истории государства начиная с 1945 г.) – как часть оценки фактора «боеспособность армии».
8. Длительность мира (число месяцев от начала предыдущего конфликта) – как часть оценки фактора «боеспособность армии».
9. Доля лесов (процент от общей площади) – как часть оценки фактора «боеспособность армии».

10. Доля гористой местности (процент от общей площади) – как часть оценки фактора «боеготовность армии».

11. Географическая концентрация населения (коэффициент Джини) – как часть оценки фактора «боеготовность армии».

12. Плотность населения (человек на квадратный километр) – как часть оценки фактора «боеготовность армии».

13. Доля городского населения (процент от общей численности) – как часть оценки фактора «боеготовность армии».

14. Этническая фрагментированность (коэффициент, 0–100) – как часть оценки фактора «этническая ненависть».

15. Религиозная фрагментированность (коэффициент, 0–100) – для оценки фактора «религиозная ненависть».

16. Социальная поляризация (коэффициент, 0–0,165) – для оценки фактора «политическая отчужденность».

17. Демократичность государства (коэффициент, 0–10) – для оценки фактора «репрессии».

18. Этническое доминирование (процент основной этнической группы от всего населения; учитывается только при значении от 45 до 90 %) – как часть оценки фактора «этническая ненависть».

19. Неравенство доходов (коэффициент Джини) – как часть оценки фактора «экономическое неравенство».

20. Неравенство распределения земель (коэффициент Джини) – как часть оценки фактора «экономическое неравенство».

Оценка вероятности начала гражданской войны или революции производилась для промежутка в 5 лет. Иными словами, выделялся отдельный «эпизод» – временной период продолжительностью 5 лет, и определялось, относится ли он к «конфликтным» или «мирным» эпизодам. Конфликтными считаются эпизоды, в течение которых, например, началась гражданская война, а мирными – эпизоды, в течение которых не было серьезных беспорядков.

Как и в случае с исследованием [8], в исследовании [9] производилась оценка рисков начала гражданской войны или революции. По результатам оценки государство относилось к одной из четырех цветовых категорий: от зеленой, соответствующей минимальному риску гражданской войны/революции, до красной, соответствующей максимальному риску гражданской войны/революции; промежуточные категории – желтая и оранжевая.

В рамках исследования [9] для оценки рисков начала гражданской войны было предложено использовать следующие параметры:

- нарушение права на неприкосновенность личности (есть/нет);
- демократия (да/нет);
- анократия (*прим.*: анократия – промежуточный политический режим между демократией и автократией) (да/нет);
- политическая нестабильность (да/нет);
- военный режим (да/нет);
- незначительный внутренний конфликт (есть /нет);
- ВВП на душу населения (долл. США);
- численность населения (млн человек);
- экспортер нефти (от трети общего экспорта составляет нефть / менее трети общего экспорта составляет нефть);
- доля гористой местности (процент от общей площади государства).

Стоит отметить, что в рассматриваемом исследовании большая часть параметров может принимать только два значения – 0 или 1.

С учетом того, что для выбранного временного промежутка характерна неполнота данных и, кроме того, что реалии второй половины XX в. неприменимы ко всему выбранному временному промежутку, проведем анализ вышеперечисленных входных параметров.

Параметры с учетом ВВП на данный момент имеет смысл оставить в стороне, так как усилия на их вычисления по доступным историческим исследованиям несоизмеримо велики, что, однако, не исключает возможность использования этих параметров в будущих фундаментальных исследованиях. Вместо них для оценки состояния экономики государства имеет смысл использовать более доступные параметры: состояние экономики (оценочно), вид инфляции, доступность товаров первой необходимости, тяжесть налогов (оценочно).

Параметр с учетом среднего образования не может быть использован, поскольку как таковое понятие «среднее образование» появилось в Новое время, однако образованность населения в целом определенно стоит учесть, не забывая и про особенности каждого периода развития человечества.

Длительность мирного и военного времени также можно учесть, причем в абсолютных величинах, а именно в годах, с учетом масштабов рассматриваемого временного отрезка и без привязки к конкретному году, в отличие от варианта, предложенного в исследовании [8].

Географическая концентрация населения, плотность населения и доля городского населения хоть и могут потенциально быть учтены для оценки рисков начала гражданской войны или революции, однако в рамках данного исследования не учитываются, так как в некоторых случаях имеющихся исторических данных недостаточно даже для их приблизительной оценки.

Этническая и религиозная фрагментированность, а также этническое и религиозное доминирование нами учитываются, так как, хоть в основном точная оценка, наподобие использованной в исследовании [8], проблематична, приблизительная же оценка из 4–5 степеней вполне возможна с использованием имеющихся исторических данных и существующих исторических исследований. Имеет смысл учитывать и культурное доминирование с культурной фрагментированностью, которые потенциально также могут влиять на риск начала гражданской войны или революции.

Демократичность государства сама по себе нами не рассматривается, так как, хотя демократия как таковая и появилась достаточно давно, значительную роль демократичность стала играть лишь ко второй половине Нового времени. Однако форму правления и форму государственного устройства можно учесть, так как они с весьма значительной вероятностью могли влиять на начало гражданской войны, и учитываются нами не в виде коэффициента, а в виде формального кодирования.

Неравенство доходов и распределения земель в некоторой степени также могут быть учтены.

Доля лесов и гористой местности может быть обобщена до доли труднодоступной местности, что достаточно важно, так как таким образом будут учтены также и пустыни, и арктические пустоши, и прочие виды местности, где потенциально могут закрепиться военные силы восставших.

Политическая нестабильность, как и в случае исследования [9], нами учитывается в виде нескольких отдельных параметров.

Экспорт нефти мы обобщаем до количества природных ресурсов в целом в соответствии с идеями работы [8] о том, что гражданская война может быть спровоцирована для грабительской эксплуатации и/или захвата природных ресурсов некой третьей стороной, а также о том, что природные ресурсы могут быть использованы восставшими в качестве экономической основы своего существования.

С учетом проведенного анализа был сформирован набор входных параметров нейронной сети и выбран выходной параметр.

1. Методика моделирования

По результатам проведенных выше рассуждений, с учетом опыта предшественников было решено использовать набор входных значений из 47 параметров, охватывающих социальные, экономические и культурные аспекты государства.

Выходной параметр модели Y – степень близости ситуации в стране к беспорядку. Значение 0 будет соответствовать порядку (мирному времени), 1 – беспорядку (революционной ситуации, войне). Промежуток в 5 лет был выбран с учетом опыта предыдущих исследований.

Всего были собраны данные о 80 уникальных ситуациях в государствах. Данные о государствах, относящиеся к последнему пятидесятилетию, брались из официальных источников данных. Так, например, численность населения определялась на основе данных переписи населения, проведенной в начале рассматриваемого временного периода в рассматриваемом государстве, либо на основе прогнозов относительно рассматриваемого временного периода в рассматриваемом государстве в случае, если переписи населения на начало рассматриваемого временного периода не проводилось. Данные о государствах, выходящие за рамки последнего пятидесятилетия, собирались по существующим историческим трудам – как сугубо научным, так и научно-популярным в случае, если автор научно-популярного труда известен достоверностью своих работ.

Все множество примеров было разбито на обучающее и тестирующее в соотношении 70:10. Проектирование, оптимизация и обучение нейронной сети выполнялись с помощью нейропакета [10] по традиционной методике Пермского отделения Научного совета РАН по методологии искусственного интеллекта [11, 12]. Оптимальная структура нейронной сети представляла собой персептрон, имеющий 47 входных нейронов, один скрытый слой, в котором имеется семь нейронов, а также один выходной нейрон. В качестве активационных функций нейронов скрытого и выходного слоев использовался тангенс гиперболический, а в качестве алгоритма обучения – алгоритм упругого обратного распространения.

Затем в целях еще большего обобщения описания ситуации в государстве и уменьшения объема входных данных решено было исключить малозначимые параметры, объединить близкие по смыслу параметры в случае, если они не относятся к десяти самым значимым параметрам, и,

соответственно, оставить без изменения эти десять значимых параметров. Объективную оценку значимости параметров можно получить, например, по методике [12, 13] с помощью нейронной сети путем поочередного исключения входных параметров и наблюдения за погрешностью ее тестирования. Чем выше оказывается погрешность тестирования, тем значимее соответствующий исключенный параметр. Построенная таким способом для тестового множества гистограмма приведена на рис. 1. Высота столбцов соответствует погрешности тестирования, полученной при исключенном входном параметре, подписанном под столбцом, поэтому ее можно интерпретировать как значимость этого параметра.

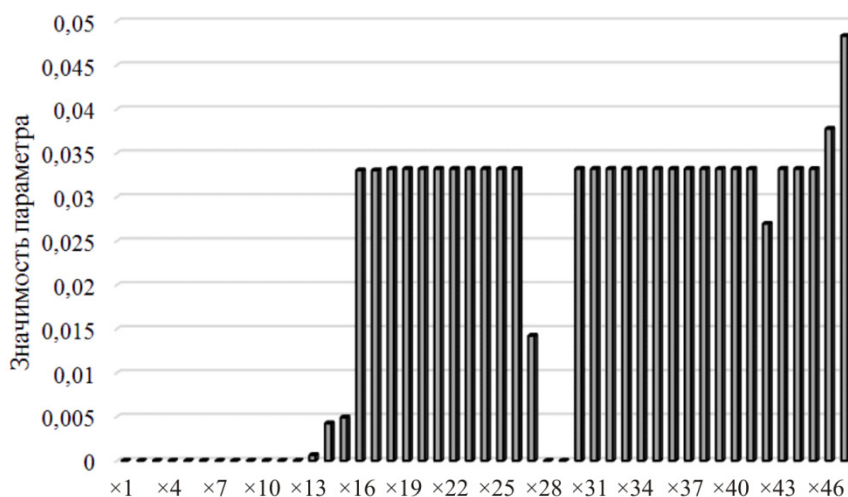


Рис. 1. Значимость изначальных входных параметров

Далее часть близких между собой параметров были объединены. Так, например, несколько параметров, отображающих отношение народонаселения к состоянию государства и текущей политике правительства, были объединены в параметр «Недовольство», а параметры, связанные с экономикой, были объединены в параметр «Состояние экономики». Кроме того, с учетом результатов, представленных на рис. 1, часть незначимых параметров были исключены из рассмотрения.

По результатам проведенных преобразований получился набор входных параметров, приведенный в табл. 1.

Набор данных описывает все те же страны, информация о которых использовалась до оптимизации входных параметров, однако в связи с изменением набора входных параметров было изменено и опи-

сание стран в наборе входных данных, чтобы оно соответствовало выбранным входным параметрам и их допустимым значениям.

Таблица 1

Входные параметры нейронной сети после операции объединения и удаления незначимых параметров

Параметр	Описание	Значения
×1	Количество природных ресурсов	0 – отсутствуют, 1 – небольшое 2 – среднее, 3 – большое
×2	Поддержка оппозиции	0 – нет, 1 – есть
×3	Грамотность населения	0 – нулевая, 1 – низкая, 2 – средняя, 3 – высокая, 4 – полная
×4	Недовольство	0 – отсутствует, 1 – низкое, 2 – среднее, 3 – высокое
×5	Этническое доминирование	0 – нет, 1 – есть
×6	Религиозное доминирование	0 – нет, 1 – есть
×7	Численность населения	Человек
×8	Длительность мира	Лет
×9	Длительность конфликтов	Лет
×10	Доля труднодоступной местности	0 – нулевая, 1 – низкая, 2 – средняя, 3 – высокая
×11	Коррупционированность	0 – нулевая, 1 – низкая, 2 – средняя, 3 – высокая, 4 – очень высокая
×12	Состояние экономики	0 – развитие, 1 – стагнация, 2 – деградация, 3 – коллапс
×13	Доступность товаров первой необходимости	0 – значительная, 1 – средняя, 2 – низкая, 3 – крайне низкая, 4 – никакая
×14	Налоги	0 – отсутствуют, 1 – низкие, 2 – средние, 3 – высокие, 4 – запредельные

Структура нейронной сети несколько изменилась, а именно число входных нейронов было уменьшено до 14, что соответствует числу входных параметров. В качестве активационных функций нейронов скрытого и выходного слоев все также использовался тангенс гиперболический, а в качестве алгоритма обучения – алгоритм упругого обратного распространения.

Обучение, тестирование нейронной сети и эксперименты над нейросетевой математической моделью также выполнялись с помощью нейропакета [10] по традиционной методике Пермского отделения Научного совета РАН по методологии искусственного интеллекта [11, 12].

2. Тестирование нейронной сети

После оптимизации и обучения нейронной сети ее прогностические свойства проверялись на примерах тестового множества, которые в процессе обучения не участвовали. Средняя квадратичная относительная ошибка тестирования нейронной сети на тестовом множестве составила менее 1 %. На рис. 2 приведена гистограмма, позволяющая в графическом виде сравнить фактические значения выходного параметра Y , характеризующего степень близости ситуации в стране к беспорядку, с его прогнозными значениями, полученными путем вычислений нейронной сети. Как видно из рисунка, они практически не различаются между собой.

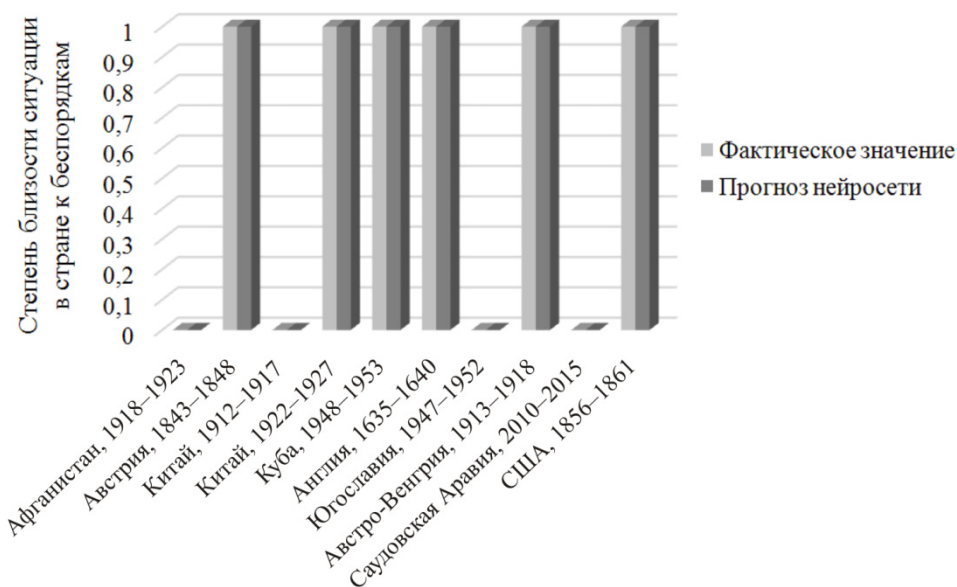


Рис. 2. Проверка нейросети на тестовом множестве

Еще раз подчеркнем, что сравнение фактических и прогнозных результатов выполнялось на тестовых примерах, которые в обучении нейронной сети не участвовали и которые нейронная сеть «не видела». Это значит, что нейросетевая математическая модель адекватна моделируемой предметной области, т.е. она ведет себя так же, как вела бы себя моделируемая предметная область в реальной ситуации. Это значит, что путем виртуального изменения входных параметров и наблюдения за реакцией сети над моделью можно ставить виртуальные ком-

пьютерные эксперименты. Другими словами, закономерности исторических процессов теперь можно моделировать и изучать методом сценарного прогнозирования.

3. Виртуальные компьютерные эксперименты

После того как на тестовых примерах оценена погрешность нейросетевой математической модели и, таким образом, доказана ее адекватность моделируемой предметной области, можно утверждать, что в пределах своей погрешности нейросетевая модель реагирует на изменения входных параметров так же, как вела бы себя сама моделируемая предметная область [14]. Следовательно, производя виртуальные изменения входных параметров модели и наблюдая за результатами нейросетевых вычислений, можно изучать закономерности моделируемой предметной области, т.е. можно выявлять и изучать закономерности исторических процессов.

Первый вопрос, на который можно получить ответ с помощью модели, – выявить значимость входных параметров, т.е. оценить степень их влияния на результат моделирования – вероятность сохранения стабильности в государстве. Объективную оценку такого влияния можно получить, например, по методике [12, 13] с помощью той же нейронной сети, путем поочередного исключения входных параметров и наблюдения за погрешностью ее тестирования. Чем выше оказывается погрешность тестирования, тем значимее соответствующий исключенный параметр. Построенная таким способом гистограмма приведена на рис. 3. Высота столбцов соответствует погрешности тестирования, полученной при исключенном входном параметре, подписанном под столбцом, поэтому ее можно интерпретировать как значимость этого параметра.

Как следует из рис. 3, наиболее значимым является параметр «Налоги», т.е. именно его изменение способно привести к заметным результатам, меняющим ситуацию в стране. Менее значимыми являются параметры «Состояние экономики», «Доступность товаров первой необходимости» и «Этническое доминирование». Значимость таких параметров, как «Количество природных ресурсов», «Поддержка оппозиции», «Грамотность населения» и «Недовольство», чрезвычайно мала.

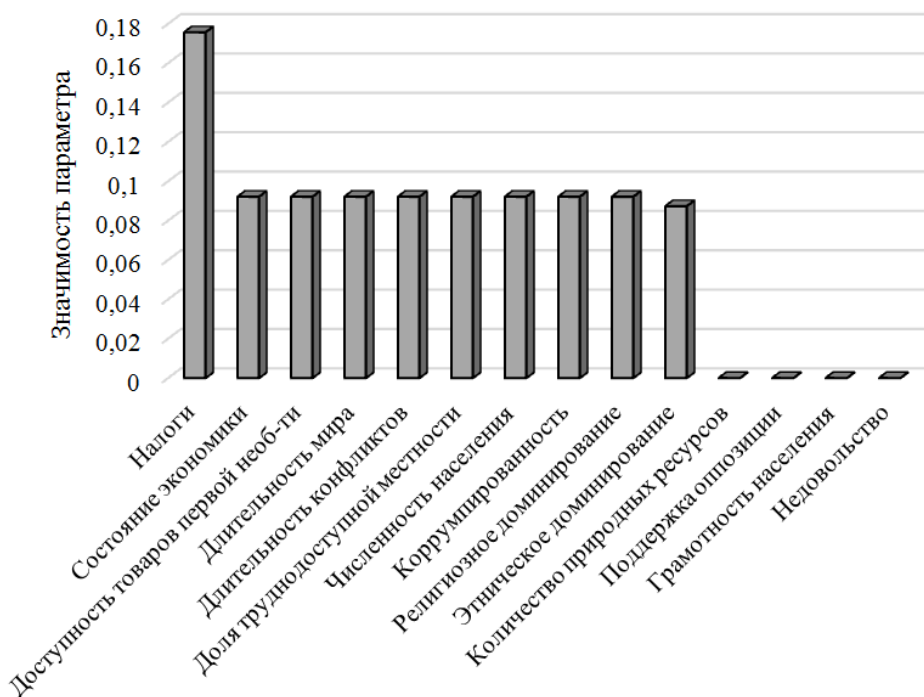


Рис. 3. Значимость входных параметров

Проведем эксперименты, моделируя ситуацию, когда изменение значимого параметра либо группы менее значимых параметров ведет к изменению ситуации в стране. Для начала рассмотрим возможное пагубное влияние на положение в стране чрезмерно завышенных налогов. В качестве объекта эксперимента возьмем Францию периода 1629–1634 гг. Несмотря на то, что в целом на внешне-политическом фронте это время выдалось беспокойным для Франции, равно как и для доброй половины Европы, ведь в это время в полном разгаре была Тридцатилетняя война и не так давно отгремели религиозные войны в самой Франции, пока что в стране было относительно спокойно. В стране были крестьянские выступления и городские бунты, вызванные тяготами войны, но до революций либо гражданских войн не доходило. Однако к концу войны в 1648 г. эти самые военные тяготы, среди которых заметнее всего стали непосильные налоги, сподвигли народ Франции на открытые военные действия против правительства в виде ряда смут, известных как Фронда, которые, по сути, являлись гражданской войной [15].

Смоделируем ситуацию, в которой налоговое бремя во Франции заметно потяжелело не в конце войны, а в середине, т.е. в рассматриваемый период 1629–1634 гг., и посмотрим, повторится ли ход чуть более отдаленных событий из реальной истории в рамках модели.

Изначальному состоянию Франции на 1629 г. соответствует вектор входных данных, приведенный ниже.

Состояние Франции на 1629 г.

Количество природных ресурсов	2
Поддержка оппозиции	0
Грамотность населения	2
Недовольство	3
Этническое доминирование	0
Религиозное доминирование	1
Численность населения	21 002 000
Длительность мира	0
Длительность конфликтов	5
Доля труднодоступной местности	1
Корруптированность	3
Состояние экономики	0
Доступность товаров первой необходимости	1
Налоги	2

Результаты компьютерных экспериментов по виртуальному изменению параметра «Налоги» в сторону утяжеления налогового бремени приведены на рис. 4. Как и следовало ожидать, переход налогов в класс «Высокие» привел страну в ситуацию, близкую скорее к началу гражданской войны, чем к сохранению мира, а последующее изменение налогов на «Запредельные» привело к состоянию, когда начало гражданской войны в рассматриваемый пятилетний промежуток стало неизбежным.

В рамках следующего примера рассмотрим степень влияния на ситуацию в стране группы не самых значимых параметров. В качестве объекта для эксперимента возьмем Османскую империю времен 1799–1804 гг.

Согласно историческим данным, в конце рассматриваемого промежутка, т.е. в 1804 г., Османскую империю ждало восстание в сербских землях и вооруженная борьба с сербским народом, которые вскоре переросли в настоящую войну за автономию Сербии в рамках империи, а с началом очередной русско-турецкой войны в 1806 г. возникли надежды

и на возрождение независимой Сербии. Считается, что причиной для начала восстания, позднее переросшего в освободительную войну, стали грабительские действия янычар в отношении сербских христиан. В связи с тем, что государственной политикой в тот период было пренебрежительно-хищническое отношение к христианам и подчиненным народам, а также в связи с нехваткой вооруженных сил, султан принял какие-либо действия лишь после массовых убийств христиан янычарами [16]. Возможно, что немаловажную роль в этой ситуации сыграла коррумпированность чиновничества и вооруженных сил Османской империи, позволившая янычарам набрать силу, с опорой на которую они из защитников государства постепенно превратились в серьезную проблему для все того же государства.

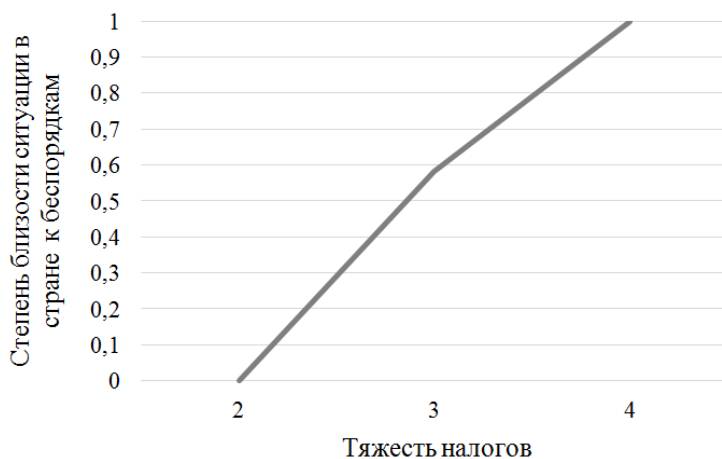


Рис. 4. Зависимость ситуации во Франции 1629–1634 гг. от тяжести налогов. Налоги: «2» – средние, «3» – высокие, «4» – запредельные

В 1826 г. во избежание подобных инцидентов янычарский корпус был распущен, причем без вооруженного мятежа янычар не обошлось. Были предприняты также действия по борьбе с коррупцией и началось изменение курса государства в сторону человеческого отношения ко всем верноподданным султана Османской империи безотносительно их религиозной или народной принадлежности [16]. Такие попытки изменения внутренней политики получили дальнейшее развитие в эпоху Танзимата. Танзимат – период модернизационных реформ в Османской империи, проводившихся с 1839 по 1876 г., самым важным принципом которого было равенство всех османских подданных перед за-

коном, который так и не был реализован в полной мере [16]. Возможно, продолжившийся постепенный распад империи связан, наравне с внешним военным вмешательством, с незаконченностью и малой эффективностью реформ.

Смоделируем ситуацию, в которой действия по борьбе с коррупцией и введению равенства перед законом всех подданных Османской империи не только были предприняты заранее, т.е. хотя бы в рассматриваемый период, а желательно – до него, но и принесли хоть какой-то реальный результат, и посмотрим, как в рамках модели изменения разной степени радикальности повлияют на ситуацию в стране.

Состоянию Османской империи в рассматриваемый период соответствует вектор параметров, приведенный ниже.

Состояние Османской империи на 1799 г.

Количество природных ресурсов	1
Поддержка оппозиции	0
Грамотность населения	2
Недовольство	2
Этническое доминирование	1
Религиозное доминирование	1
Численность населения	32 000 000
Длительность мира	0
Длительность конфликтов	12
Доля труднодоступной местности	2
Корруптированность	4
Состояние экономики	2
Доступность товаров первой необходимости	2
Налоги	3

Затем сформируем набор данных, соответствующий всем возможным 20 комбинациям, допустимым в рамках модели значений параметров «Этническое доминирование», «Религиозное доминирование» и «Корруптированность». Все 20 возможных комбинаций значений этих параметров приведены в табл. 2, где вариант № 1 соответствует реальному состоянию страны, а варианты со 2-го по 20-й являются виртуальными. Значения всех остальных параметров в рамках проводимого эксперимента оставим неизменными.

Далее с применением нейросети определим, насколько близкую к гражданской войне/революции/массовому восстанию ситуацию задает

каждый набор факторов, и посмотрим, действительно ли набор выбранных параметров влияет на ситуацию. Результаты сценарного прогнозирования представлены в виде гистограммы на рис. 5.

Таблица 2

Допустимые в рамках модели комбинации значений параметров «Этническое доминирование», «Религиозное доминирование» и «Корруптированность»

№ п/п	Этническое доминирование	Религиозное доминирование	Корруптированность
1	1	1	4
2	1	1	3
3	1	1	2
4	1	1	1
5	1	1	0
6	0	1	4
7	0	1	3
8	0	1	2
9	0	1	1
10	0	1	0
11	1	0	4
12	1	0	3
13	1	0	2
14	1	0	1
15	1	0	0
16	0	0	4
17	0	0	3
18	0	0	2
19	0	0	1
20	0	0	0

Как следует из гистограммы рис. 5, значительное изменение ситуации в лучшую сторону происходит при сочетании введения свободы совести и значительного изменения корруптированности либо при введении полного равенства перед законом, т.е. помимо притеснений по религии отменены притеснения по народности, и хоть каком-то снижении корруптированности госструктур.

Таким образом, с помощью двух примеров была дополнительно проиллюстрирована состоятельность модели тем, что в целом модель действительно повторяла поведение предметной области. Действия,

применяемые в рамках модели к объектам, отображающим состояние реальных стран в определенный момент истории, вели к тем же последствиям, что и в реальности.

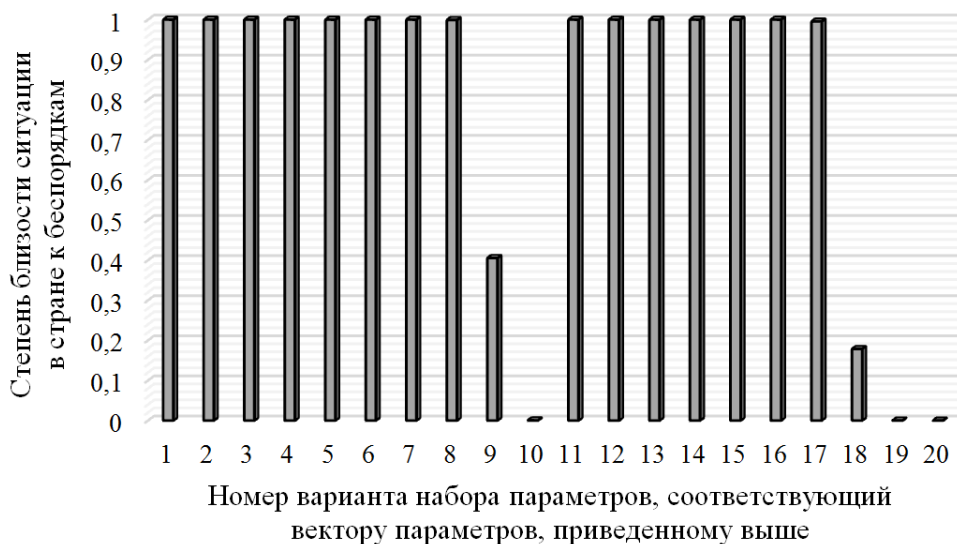


Рис. 5. Зависимость ситуации в Османской империи 1799–1804 гг. от параметров «Этническое доминирование», «Религиозное доминирование» и «Корруптированность»

Следующий логичный шаг – попытка моделирования будущего состояния одного из ныне существующих государств на основе данных, относящихся к текущему пятилетию (2020–2025 гг.). В качестве примера возьмем Венесуэлу – страну с довольно частыми беспорядками, экономика которой лишь недавно начала постепенно восстанавливаться от политического кризиса. Состоянию Венесуэлы на начало 2020 г. соответствует вектор параметров, приведенный ниже.

По результатам применения нейросети, класс ситуации в стране на текущее пятилетие соответствует гражданской войне/революции/прочим крупным беспорядкам. Следовательно, теоретически Венесуэле в ближайшие 5 лет ждет очередной серьезный политический кризис, если не будут приняты соответствующие меры.

Далее рассмотрим ситуацию, в которой правительство Венесуэлы начало бы принятие некоторых мер для решения назревающих проблем. Предположим, что основными параметрами, на которые следует влиять для решения проблем, являются «Состояние экономи-

ки», «Доступность товаров первой необходимости», «Поддержка оппозиции», а также «Корруптированность». Такой выбор параметров объясняется тем, что экономика Венесуэлы находится не в лучшем состоянии после недавнего кризиса, вызванного действиями оппозиции, и при этом население Венесуэлы крайне озабочено коррупптированностью правительства.

Состояние Венесуэлы на начало 2020 г.

Количество природных ресурсов	3
Поддержка оппозиции	1
Грамотность населения	3
Недовольство	2
Этническое доминирование	0
Религиозное доминирование	0
Численность населения	28 435 943
Длительность мира	27
Длительность конфликтов	0
Доля труднодоступной местности	3
Корруптированность	4
Состояние экономики	2
Доступность товаров первой необходимости	2
Налоги	3

Сформируем возможные варианты наборов значений указанных параметров, соответствующих ситуациям в Венесуэле, в случае принятия правительством каких-либо мер. В каждом варианте значение хотя бы одного из параметров зададим меньше, чем его значение в наборе, соответствующем текущей ситуации в Венесуэле. При этом будем считать, что в рассматриваемое пятилетие полностью победить коррупптицию правительству Венесуэлы не удастся и экономику в состояние дальнейшего развития перевести не получится. И так, как видно из табл. 3, получилось 47 вариантов наборов параметров, соответствующих указанным требованиям.

Применим нейросеть для определения ситуации, которой соответствует каждый из наборов параметров. Результаты этого компьютерного эксперимента представлены на рис. 6.

Таблица 3

Комбинации значений параметров «Поддержка оппозиции»,
«Корруптированность», «Состояние экономики»,
«Доступность товаров первой необходимости»

№ п/п	Поддержка оппозиции	Корруптированность	Состояние экономики	Доступность товаров первой необходимости
1	1	3	2	2
2	1	2	2	2
3	1	1	2	2
4	1	4	2	1
5	1	3	2	1
6	1	2	2	1
7	1	1	2	1
8	1	4	2	0
9	1	3	2	0
10	1	2	2	0
11	1	1	2	0
12	1	4	1	2
13	1	3	1	2
14	1	2	1	2
15	1	1	1	2
16	1	4	1	1
17	1	3	1	1
18	1	2	1	1
19	1	1	1	1
20	1	4	1	0
21	1	3	1	0
22	1	2	1	0
23	1	1	1	0
24	0	4	2	2
25	0	3	2	2
26	0	2	2	2
27	0	1	2	2
28	0	4	2	1
29	0	3	2	1
30	0	2	2	1
31	0	1	2	1
32	0	4	2	0
33	0	3	2	0
34	0	2	2	0
35	0	1	2	0
36	0	4	1	2
37	0	3	1	2
38	0	2	1	2
39	0	1	1	2
40	0	4	1	1
41	0	3	1	1
42	0	2	1	1
43	0	1	1	1
44	0	4	1	0
45	0	3	1	0
46	0	2	1	0
47	0	1	1	0

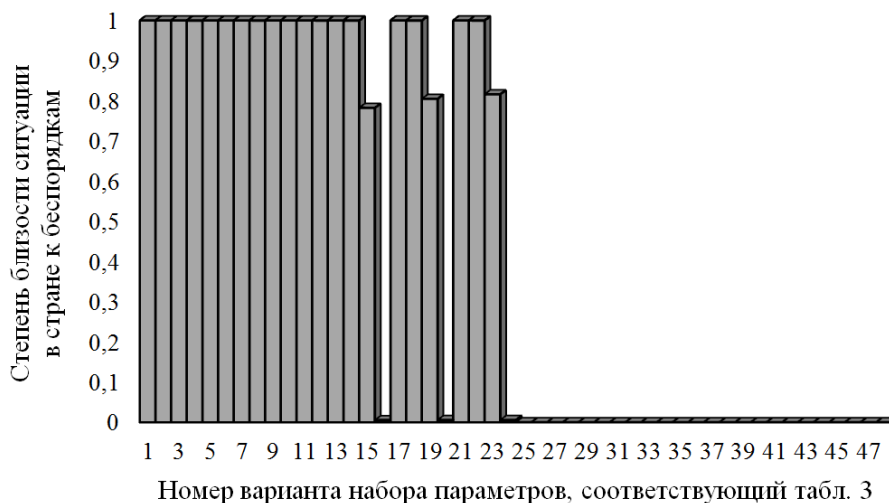


Рис. 6. Зависимость ситуации в Венесуэле от значений параметров «Поддержка оппозиции», «Коррупция», «Состояние экономики» и «Доступность товаров первой необходимости»

Таким образом, как можно определить по представленной гистограмме, наиболее эффективны меры, при которых происходит нейтрализация оппозиции тем или иным образом, а также меры, ведущие к минимально допустимому в рамках эксперимента снижению коррумпированности правительства в сочетании с улучшением экономической ситуации. Во всех остальных случаях, по нашим прогнозам, ситуация в Венесуэле останется крайне напряженной.

Заключение

Создана нейросетевая политолого-математическая модель, позволяющая выполнять прогнозирование вероятности сохранения порядка в государстве. На конкретных примерах показано, воздействие каких параметров, характеризующих ситуацию в той или иной стране, приводит к гражданской войне, революции или другим формам серьезных беспорядков. Модель может быть использована для выявления мер воздействия как для стабилизации состояния страны, так и для ее доведения до революций, гражданских войн или других форм беспорядков.

Список литературы

1. Кручинин В.С. Математическое и компьютерное моделирование в политологии и политике (обзор) // Научно-исследовательские публикации. – 2017. – № 4. – С. 34–41.

2. Galam S. Application of statistical physics to politics // *Physica A: Statistical mechanics and its applications*. – 1999. – Vol. 274, no 1-2. – P. 132–139.
3. Galam S. Minority opinion spreading in random geometry // *European Physical Journal B*. – 2002. – Vol. 25, no 4. – P. 403–406.
4. Morrow J.D. *Game theory for political scientists*. – Princeton: Princeton University Press, 1994. – 365 p.
5. Словохотов Ю.Л. Физика и социофизика. Квазифизическое моделирование в социологии и политологии. Ч. 3. Некоторые модели лингвистики, демографии, математической истории // *Проблемы управления*. – 2012. – № 3. – С. 2–34.
6. Ясницкий Л.Н. *Интеллектуальные информационные технологии и системы*. – Пермь: Изд-во Пермского университета, 2007. – 271 с.
7. Ясницкий Л.Н. О возможностях применения методов искусственного интеллекта в политологии // *Вестник Пермского университета. Политология*. – 2008. – № 2. – С. 147–155.
8. Collier P. & Hoeffler A. Greed and grievance in civil war // *Oxford Economic Papers*. – 2004. – No 56. – P. 563–595.
9. Rost N., Schneider G. & Kleibl J. A global risk assessment model for civil wars // *Social Science Research*. – 2009. – Vol. 38, no 4. – P. 921–933.
10. Нейросимулятор 5.0: св-во о государственной регистрации программы для ЭВМ 2014618208 РФ / Черепанов Ф.М., Ясницкий Л.Н.; Роспатент. – № 2014614649; заявл. 05.05.2014; опубл. 12.07.2014.
11. Ясницкий Л.Н. *Интеллектуальные системы: учебник*. – М.: Лаборатория знаний, 2016. – 221 с.
12. Ясницкий Л.Н. *Введение в искусственный интеллект*. – М.: Академия, 2005. – 176 с.
13. Черепанов Ф.М. Методы повышения эффективности нейросетевых систем в условиях ограниченных объемов выборок со сложными корреляционными связями // *Прикладная математика и вопросы управления*. – 2019. – № 2. – С. 40–61.
14. Ясницкий Л.Н. Нейронные сети – инструмент для получения новых знаний: успехи, проблемы, перспективы // *Нейрокомпьютеры: разработка, применение*. – 2015. – № 5. – С. 48–56.
15. Моруа А. *История Франции*. – М.: КоЛибри, 2016. – 704 с.
16. Бальфур Дж.П. *Османская империя. Шесть столетий от возвышения до упадка. XIV–XX вв.* – М.: Центрполиграф, 2017. – 639 с.

References

1. Kruchinin V.S. *Matematicheskoe i komp'yuternoe modelirovanie v politologii i politike (obzor) [Mathematical and computer modeling in political science and politics (review)]*. *Scientific research publications*, 2017, no. 4, pp. 34–41.

2. Galam S. Application of statistical physics to politics. *Physica A: Statistical mechanics and its applications*, 1999, vol. 274, no. 1–2, pp. 132–139.
3. Galam S. Minority opinion spreading in random geometry. *European Physical Journal B*, 2002, vol. 25, no. 4, pp. 403–406.
4. Morrow J.D. Game theory for political scientists. Princeton: Princeton University Press, 1994. 365 p.
5. Slovokhotov Iu. L. Fizika i sotsiofizika. Kvazifizicheskoe modelirovanie v sotsiologii i politologii. Ch. 3. Nekotorye modeli lingvistiki, demografii, matematicheskoi istorii [Physics and sociophysics. Quasi-physical modeling in sociology and political science. Part 3. Some models of linguistics, demography, mathematical history]. *Management problem*, 2012, no. 3, pp. 2-34.
6. Yasnitsky L.N. Intellectual'nye informatsionnye tekhnologii i sistemy [Intelligent information technologies and systems]. Perm: Perm state University, 2007. 271 p.
7. Yasnitsky L.N. O vozmozhnostiakh primeneniia metodov iskusstvennogo intellekta v politologii [On the possibilities of using artificial intelligence methods in political science]. *Bulletin of Perm University. Series: Political Science*, 2008, no. 2, pp. 147-155.
8. Collier P. & Hoeffler A. Greed and grievance in civil war. *Oxford Economic Papers*, 2004, no. 56, pp. 563-595.
9. Rost N., Schneider G. & Kleibl J. A global risk assessment model for civil wars. *Social Science Research*, 2009, vol. 38, no. 4, pp. 921-933.
10. Cherepanov F.M., Yasnitsky L.N. Neurosimulator 5.0 : Svidetel'stvo Rospatent o gosudarstvennoi registratsii programmy dlia EVM [The neurostimulator 5.0 : Certificate of Rospatent on the state registration of the computer program], no. 2014618208 of 12.07.2014.
11. Yasnitsky L.N. Intellectual'nye sistemy : uchebnik [Intelligent systems: tutorial]. Moscow: Laboratory of knowledge, 2016. 221 p.
12. Yasnitsky L.N. Vvedenie v iskusstvennyi intellect [Introduction to artificial intelligence]. Moscow: Publishing center "Academy", 2005. 176 p.
13. Cherepanov F.M. Metody povysheniia effektivnosti neirosetevykh sistem v usloviakh ogranichennykh ob'emov vyborok so slozhnymi korreliatsionnymi svyaziami [Methods for improving the efficiency of neural network systems in conditions of limited sample sizes with complex correlations]. *Applied mathematics and management issues*, 2019, no. 2, pp. 40-61.
14. Yasnitsky L.N. Neironnye seti – instrument dlia polucheniia novykh znanii: uspekhi, problemy, perspektivy [Neural networks-a tool for getting new knowledge: successes, problems, prospects]. *Neurocomputers: development, application*, 2015, no. 5, pp. 48-56.
15. Morua A. Istoriia Frantsii [History of France]. Moscow: Kolibri, 2016. 704 p.

16. Bal'fur Dzh.P. Osmanskaia imperiia. Shest' stoletii ot vozvysheniia do upadka. XIV-XX vv. [Ottoman empire. Six centuries from rise to decline. XIV-XX centuries.]. Moscow: Tsentrpoligraf, 2017. 639 p.

Статья принята: 10.11.2020

Статья получена: 29.01.2021

Сведения об авторах

Пермяков Александр Михайлович (Пермь, Россия) – студент 4-го курса механико-математического факультета, Пермский государственный национальный исследовательский университет (614990, Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: pamugk@gmail.com).

Ясницкий Леонид Нахимович (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Прикладная математика и информатика», Пермский государственный национальный исследовательский университет (614990, Пермь, ул. Букирева, 15); профессор кафедры «Информационные технологии в бизнесе», Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (614070, Пермь, ул. Студенческая, 38, e-mail: yasn@psu.ru).

About the authors

Alexander M. Permyakov (Perm, Russian Federation) – 4th year Student, Faculty of Mechanics and Mathematics, Perm State University (15, Bukireva st., Perm, 614990, e-mail: pamugk@gmail.com).

Leonid N. Yasnitsky (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Applied Mathematics and Computer Science, Perm State University (15, Bukireva st., Perm, 614990); Professor, Department of Information Technologies in Business, National Research University “Higher School of Economics” (38, Studencheskaya st., Perm, 614070, e-mail: yasn@psu.ru).

Библиографическое описание статьи согласно ГОСТ Р 7.0.100–2018:

Пермяков, А.М. Оценка возможности сохранения порядка в государстве с применением искусственных нейронных сетей / А. М. Пермяков, Л. Н. Ясницкий. – текст : непосредственный. – DOI 10.15593/2499-9873/2021.1.06 // Прикладная математика и вопросы управления = Applied Mathematics and Control Sciences. – 2021. – № 1. – С. 95–118.

Цитирование статьи в изданиях РИНЦ:

Пермяков А.М., Ясницкий Л.Н. Оценка возможности сохранения порядка в государстве с применением искусственных нейронных сетей // Прикладная математика и вопросы управления. – 2021. – № 1. – С. 95–118. – DOI: 10.15593/2499-9873/2021.1.06

Цитирование статьи в references и международных изданиях:

Cite this article as:

Permyakov A.M., Yasnitsky L.N. Estimation of a possibility of preserving order in a state with usage of artificial neural network. *Applied Mathematics and Control Sciences*, 2021, no. 1, pp. 95–118. DOI: 10.15593/2499-9873/2021.1.06 (*in Russian*)