

На правах рукописи

Шиболденков Владимир Александрович

**РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ
НЕЙРОСЕТЕВОГО РАЗВЕДОЧНОГО АНАЛИЗА
И ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО РАЗВИТИЮ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук



Москва – 2019

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Научный руководитель: **Дроговоз Павел Анатольевич**
доктор экономических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Балаш Владимир Алексеевич**,
доктор экономических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», профессор кафедры математической экономики

Халиков Михаил Альфредович,
доктор экономических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», профессор кафедры математических методов в экономике

Ведущая организация: Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук»

Защита состоится 20 июня 2019 года в 14:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.141.13 на базе Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана по адресу: 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 7, ауд. 414мт.

Ваш отзыв на автореферат в одном экземпляре, заверенный печатью, просим выслать по адресу по адресу: 105005, г. Москва, 2-ая Бауманская ул., д. 5, стр. 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ им. Н.Э. Баумана и на сайте www.bmstu.ru.

Автореферат разослан «__» _____ 20__ года.

Телефон для справок (499) 267-17-83

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.э.н.



О.М. Юсуfoва

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования обусловлена проблемами, связанными с развитием цифровой экономики и основополагающей ролью использования больших данных для выработки управленческих решений. Спецификой протекающих в настоящее время процессов развития экономических систем является:

– смена производственно-технологического уклада с разрушением устоявшихся принципов хозяйствования и значительной необходимостью качественного перехода к цифровой трансформации отраслей промышленности;

– изменение структуры поведения классических экономических циклов и повышение динамики процессов развития экономических систем, сопровождаемые переходными периодами взаимосвязанных технологических, экономических и социальных шоков;

– многогранность, многовекторность и сложность инновационной деятельности, включающая создание экономической системы доступного знания, технологий, информации, квалификации и инвестиций;

– увеличение активности сегмента наукоемких технологий в экономике, стимулирующее формирование сетей управления и трансфера знаниями, талантами и экономическими ресурсами.

Эффективная управленческая деятельность в современных условиях представляется возможной за счет применения инструментальных средств искусственного интеллекта для поддержки принятия решений при рационализации организационных структур и оптимизации систем управления экономикой на всех уровнях. Для данных задач используются технологии разведочного анализа данных в комплексе с инструментальными средствами машинного обучения, позволяющие сформировать самостоятельно обучающиеся алгоритмы, работающие с информацией без предварительных гипотез с целью автоматического поиска коммерциализуемых закономерностей и особенностей исходной выборки сведений.

При этом, с учетом специфики предметной области, требуется дальнейшее развитие математического аппарата и инструментальных средств принятия решений в условиях многофакторной, многомерной, разнородной и сложной структуры данных, описывающих процессы трансформации экономических систем. Эти проблемы характеризуются высоким уровнем актуальности, и их решение имеет существенное значение для повышения эффективности системы управления экономикой на всех уровнях.

Степень разработанности темы исследования. В современных научных трудах отечественных и зарубежных авторов имеются теоретические и методологические разработки, которые охватывают важные аспекты исследуемой области. Научные основы нейросетевого анализа данных заложены в работах С. Элце, Т. Кохонена, Г. Дебока, Т. Хонкела, С. Рассела, С. Бишопы, С. Хайкина, С. Осовского, М. Полла. Проблемы информационных систем интеллектуального анализа данных исследовались в работах А.А. Барсегяна, А.Е. Бром, А.Г. Броневица, Ю. Ву, А.И. Гаврилова, Н.Г. Загоруйко, А.Ю. Зиновьева, А.П. Ковалева, Е.В. Луценко, А.И. Орлова, Е.П. Попова, А.С. Птускина, К.А. Пупкова, В.В. Солодовникова, М. Такацуку, Д. Тьюки, А. Ульша, В.В. Цаплина. Разработке экономико-математических мето-

дов организационно-экономического проектирования и анализа бизнеса посвящены работы А.Д. Гапоненко, П.А. Дроговоза, Г.Б. Клейнера, Б.З. Мильнера, И.Н. Омельченко, Т.М. Орлова, Т.Г. Садовской, О.П. Сидорова, С.Г. Фалько, С.Л. Чернышева, А.В. Шевырева. Имеющийся в данных работах научно-методический задел был использован при проведении диссертационного исследования.

Анализ существующих отечественных и зарубежных работ в области интеллектуального анализа социально-экономической информации показал, что требуется их дальнейшее развитие и совершенствование в части разработки автоматизированного средства интеллектуальной поддержки принятия решений (применительно к специфике исследования процессов развития экономических систем), что **обуславливает актуальность** темы исследования.

Цель и задачи исследования. Целью диссертации является разработка инструментария нейросетевого разведочного анализа и поддержки принятия решений, обеспечивающего использование искусственного интеллекта для повышения эффективности управленческой деятельности по развитию экономических систем.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе решаются следующие основные задачи:

- анализ специфики информационно-аналитической деятельности в условиях цифровизации экономики и методов использования технологий искусственного интеллекта для поддержки принятия решений;

- анализ перспективных направлений использования технологий искусственного интеллекта и нейросетевого моделирования при выработке управленческих решений по развитию экономических систем;

- разработка алгоритмов построения разведочных нейросетевых карт, учитывающих особенности аналитической обработки экономических данных, и проектирование на их основе инструментария нейросетевого разведочного анализа и поддержки принятия решений по развитию экономических систем;

- программная реализация инструментария нейросетевого разведочного анализа и разработка рекомендаций по его практическому применению для выработки управленческих решений по развитию экономических систем макро- и микроуровня;

- апробация и оценка экономической эффективности использования инструментария нейросетевого разведочного анализа и поддержки принятия решений по развитию экономических систем.

Объектом исследования являются экономические системы национального, отраслевого и корпоративного уровня, обеспечивающие производство знаний и отличающиеся сложными взаимозависимостями между описывающими их экономическими данными.

Предметом исследования являются процессы развития экономических систем и методы использования искусственного интеллекта для их анализа при выработке управленческих решений.

Методология и методы исследования. Теоретическую и методологическую основу исследования составили общие методы научного познания: системный подход к анализу и синтезу данных, методы дедукции и индукции, научной абстракции, группировки и классификации данных; а также прикладные научные методы:

методы исследований операций, методы теории принятия решений и формализации неопределенности, методы экспертного оценивания, методы экономического анализа, методы имитационного моделирования и машинного обучения, методы представления знаний и мягких вычислений, методы онтологического моделирования и прикладной таксономии, методы когнитивного и нейросетевого моделирования, методы самоорганизующихся нейрокарт, методы разведочного анализа данных, методы визуальной аналитики и отображения многомерных данных.

Информационно-эмпирическую базу исследования составили статистические и аналитические отчеты, доклады и обзоры международных и национальных организаций, институтов, агентств за 2013-2018 года; среди которых особо стоит выделить: базы данных по результатам национальной научно-технической активности «US National Science Foundation», «World Intellectual Property Organization», «United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization», «United Nations Development Programme», «INSEAD», «The World Bank»; базы корпоративных аналитических исследований «World Values Survey», «Globe Project», «Schwartz Value Survey», «Social Axioms Survey»; государственные статистические базы Федеральной службы государственной статистики, Федеральной налоговой службы, Министерства финансов Российской Федерации, базы раскрытия корпоративной информации «СКРИН», «e-disclosure.ru».

Научная задача заключается в развитии математического аппарата самоорганизующихся карт и разработке на его основе инструментария нейросетевого разведочного анализа и поддержки принятия управленческих решений по развитию экономических систем.

Соответствие паспорту научной специальности. Область исследования соответствует пунктам 2. «Инструментальные средства». 2.3. «Разработка систем поддержки принятия решений для рационализации организационных структур и оптимизации управления экономикой на всех уровнях». 2.6 «Развитие теоретических основ методологии и инструментария проектирования, разработки и сопровождения информационных систем субъектов экономической деятельности: методы формализованного представления предметной области, программные средства, базы данных, корпоративные хранилища данных, базы знаний, коммуникационные технологии». 2.8. «Развитие методов и средств аккумуляции знаний о развитии экономической системы и использование искусственного интеллекта при выработке управленческих решений» паспорта специальности 08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики.

Научная новизна заключается в том, что с учетом специфики информационно-аналитической и управленческой деятельности в условиях цифровизации экономики разработан инструментарий нейросетевого разведочного анализа и поддержки принятия решений, отличающийся усовершенствованными процедурами автоматизированного выявления и формализованного визуального представления закономерностей и аномалий на самоорганизующихся картах и обеспечивающий использование искусственного интеллекта для повышения эффективности управленческих решений по развитию экономических систем.

Основные научные результаты, полученные в ходе исследования лично автором и выносимые на защиту, заключаются в следующем:

1. Предложен и обоснован методический подход к разведочному анализу процессов развития экономических систем, отличающийся от традиционных экспертно-аналитических процедур применением специализированных нейросетевых карт и обеспечивающий когнитивно-моделирующую визуализацию экономических данных для лиц, принимающих решения.

2. Разработан алгоритм конфигурирования параметров разведочной нейросетевой карты при обучении без учителя, отличающийся от известных процедурами семантической предобработки, нормализации, сглаживания и шкалирования исходных экономических данных, что позволяет осуществить параметрический синтез карты в условиях разнообразия, разнородности и разнотипности характеристик исследуемой экономической системы.

3. Разработан алгоритм настройки разрешающей способности разведочной нейросетевой карты, отличающийся от существующих процедурой определения оптимального количества нейронов по критерию минимизации топологической ошибки карты, что обеспечивает проецирование многомерного массива экономических данных в плоскую сотовидную структуру с оптимальной плотностью.

4. Разработан алгоритм визуализации экономических данных на разведочной нейросетевой карте, отличающийся использованием комбинации специализированных статичных и градиентных цветовых палитр и обеспечивающий формализованное представление исследуемой предметной области и ее когнитивное моделирование лицами, принимающими решения.

5. Разработаны и внедрены инструментальные средства поддержки принятия решений, отличительная особенность которых состоит в использовании совокупности кластерных, компонентных и реляционных визуальных фильтров для выявления закономерностей и аномалий в экономических данных, даны рекомендации по применению разработанного инструментария для выполнения поисковых исследований и проверки гипотез о факторах развития экономических систем различного уровня.

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в развитии теории и методов поддержки принятия решений по управлению экономическими системами в части модернизации математического аппарата самоорганизующихся нейросетевых карт с учетом специфики аналитической обработки экономических данных и разработки на его основе подхода к разведочному анализу процессов, протекающих в экономических системах различного уровня.

Практическая ценность диссертационной работы состоит в разработке алгоритмов нейросетевого разведочного анализа экономических данных; в программной реализации инструментальных средств поддержки принятия решений в пакете Neural Toolbox для MATLAB; в создании практических рекомендаций по применению разведочных нейросетевых карт и набора визуальных фильтров для выявления закономерностей и аномалий в развитии экономических систем макро- и микроуровня; в апробации, внедрении и экспериментальной проверке эффективности разработанного аналитического инструментария при выполнении научно-исследовательских работ по теме диссертации.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. На основе исследования проблем использования существующих аналитических инструментов в условиях цифровизации экономики предложен и обоснован подход к применению математического аппарата самоорганизующихся карт для разведочного анализа экономических данных и когнитивно-моделирующей визуализации экономических систем различного уровня при выработке управленческих решений по их развитию.

2. Разработан и внедрен инструментарий нейросетевого разведочного анализа, в котором, в отличие от существующих средств построения самоорганизующихся карт, реализован комплекс алгоритмов конфигурирования параметров карты, настройки ее разрешающей способности и визуализации экономических данных, что обеспечивает автоматизацию процедур выявления закономерностей и аномалий в развитии экономических систем.

3. Сформулированы практические рекомендации по применению разведочных нейросетевых карт для дальнейшего совершенствования информационно-аналитических систем поддержки принятия решений и повышения эффективности управленческой деятельности по развитию экономических систем различного уровня.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов диссертации обеспечивается корректным выбором исходных данных, основных допущений и ограничений при постановке научной задачи, использованием системного подхода и современного апробированного экономико-математического аппарата при ее решении и подтверждается достаточной сходимостью полученных результатов с практикой принятия решений по анализу экономических процессов и явлений.

Апробация результатов исследования. Основные положения и выводы диссертации доложены и получили положительную оценку на международных и всероссийских научных конференциях «XLIII Академические чтения по космонавтике» (Москва, 2019); «VIII Чарновские чтения» (Москва, 2018); «Будущее машиностроения России» (Москва, 2018); «VII Чарновские чтения» (Москва, 2017); «VI Чарновские чтения» (Москва, 2016); «Modern scientific potential» (Шефилд, Великобритания, 2015); «Информационные технологии и математические методы в экономике и управлении» (Москва, 2015).

Результаты исследований, выполненных в диссертации, использованы при выполнении НИР «Разработка методологии нейросетевого анализа инновационного потенциала наукоемких промышленных предприятий» (М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014-2015. Заказчик – Минобрнауки России, задание № 2014/104 за 2014 и 2015 г.); шифр «ВНИИРТ-Стратегия» (М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015-2016. Заказчик – АО «ВНИИРТ», договор № 3049 от 14.09.2015 г.); шифр «Нейрон-Квалиметрия» (М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. Заказчик – ФГБУ «Фонд содействия инновациям», договор № 13547ГУ от 25.07.2018); шифр «Нейрон-АТВиСН» (М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. Заказчик – ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»», договор № 03-08/2018 от 15.08.2018 г.).

Основные положения и результаты диссертации использованы в учебном процессе на кафедре «Предпринимательство и внешнеэкономическая деятельность» МГТУ им. Н.Э. Баумана, и реализованы в ФГУП «ВНИИ «Центр», что подтверждается соответствующими актами.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 19 научных работ общим объемом 9,5 п.л. (авторский вклад – 5,3 п.л.), из них: 2 статьи общим объемом 1,9 п.л. (авторский вклад – 0,55 п.л.) в журналах базы Scopus, 10 статей общим объемом 5,1 п.л. (авторский вклад – 2,3 п.л.) в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России. Получено 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура работы. Диссертация изложена на 203 страницах и состоит из введения, трех глав, с выводами по каждой из них, общих выводов по диссертационной работе, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 129 наименований и двух приложений, содержит 11 таблиц и 72 рисунка.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе диссертации «Анализ специфики применения технологий искусственного интеллекта для поддержки принятия решений в условиях цифровой экономики» выполнен анализ предмета и объекта исследования, выявлены проблемы и ограничения существующих экономико-математических методов, определены направления их развития, сформулирована гипотеза диссертации, содержательно и математически поставлена научная задача исследования. Логическая структура диссертации сформирована в соответствии с системным подходом и отражает последовательность решения частных исследовательских задач (см. Рисунок 1).

Выполненный анализ современного состояния и тенденций развития технологий искусственного интеллекта позволил выявить тенденции когнитивизации инструментов разведочного анализа (exploratory analysis) экономической информации применения мягких принципов вычислений (soft computing) над большими данными визуального анализа и когнитивного моделирования, совмещающие возможности гибридной аналитики, которая объединяет автоматизированный анализ больших данных о процессах, протекающих в экономических системах, с опытом и абстрактным мышлением человека-оператора. Были выявлены системные проблемы и противоречия при применении традиционных средств поддержки принятия решений по управлению экономическими системами, к которым в диссертации отнесены: разнообразие, разнородность и разнотипность форм представления экономических сведений; необходимость многомерного и многофакторного исследования большого массива показателей.

Анализ научных работ предшественников, выявленные проблемы использования инструментальных средств разведочного анализа экономических данных, а также обоснованные перспективы применения инструментария нейросетевого картирования, позволили сформулировать гипотезу диссертации, поставить научную задачу и выполнить ее математическую формализацию.



Рисунок 1 – Логическая структура диссертационного исследования

Гипотеза диссертации состоит в том, что для эффективного выявления закономерностей и аномалий в экономических данных (ЭД) и поддержки принятия решений по развитию экономических систем (ЭС) различного уровня может быть использован универсальный инструментарий нейросетевого разведочного анализа. Исходя из выдвинутой гипотезы, научная задача диссертации в формализованном виде будет заключаться в трансформации исходных ЭД в формализованное визуальное представление ЭС на самоорганизующейся карте Кохонена:

$$SYS < obj_k, rel_u > \rightarrow MAP < juncArray, mapCrdHArray, mapCrdVArray, mapCrdCArray >, \quad (1)$$

где SYS – экономическая система;

obj_k – объект экономических данных;

rel_u – мера схожести двух объектов;

MAP – множество элементов карты;

$juncArray$ – множество узлов карты;

$mapCrdHArray, mapCrdVArray, mapCrdCArray$ – множества горизонтальных, вертикальных и цветовых координат карты.

Во второй главе диссертации «Проектирование инструментария нейросетевого разведочного анализа экономических данных на основе самоорганизующихся карт» предложен подход к решению поставленной в диссертации научной задачи, сформирована структура авторского инструментария и разработаны образующие его алгоритмы.

Подход к применению математического аппарата самоорганизующихся карт для разведочного анализа экономических данных состоит в представлении изучаемой экономической системы в виде множества объектов, например, предприятий – для микроэкономики, национальных инновационных систем – для макроэкономики, на специализированной разведочной нейросетевой карте (РНСК). Для этого используется математически формализованный понятийный аппарат, разработанный в диссертации с использованием объектно-ориентированной онтологии и элементов теории множеств (см. Таблицу 1).

Таблица 1 – Понятийный аппарат нейросетевого разведочного анализа экономических систем

Обозначение	Описание
$dataTypeArray = \langle dataType_q \rangle, q = \overline{1, Q}, Q = \dim(dataTypeArray)$	множество типов данных, например, <"млн руб.", "тыс. чел">
$attr = \langle attrName, dataType \rangle$	атрибут ЭД – именованная характеристика исследуемого объекта с указанием типа данных, например, <"нематериальные активы", "млн руб.">
$attrArray = \langle attr_l \rangle, l = \overline{1, L}, L = \dim(attrArray)$	упорядоченное множество (кортеж) всех атрибутов ЭД, например, <"нематериальные активы", "млн руб."; "среднесписочная численность", "тыс. чел">
$objNamesArray = \langle objName_k \rangle, k = \overline{1, K}, K = \dim(objNamesArray)$	имена объектов – упорядоченное множество (кортеж) всех названий, идентифицирующих исследуемые экономические объекты, например, <"предприятие А", "предприятие Б", "предприятие В">
$dataArray = \langle data_{kl} \rangle, k = \overline{1, K}, l = \overline{1, L}, dataArray \in R, R$ – множество рациональных чисел	значения ЭД – упорядоченное множество числовых значений характеристик слотов всех ЭО
$dataRow = \langle data_{k1} \dots data_{kL} \rangle$	строка ЭД – упорядоченное множество числовых значений ЭД для k -го объекта ЭД
$dataClmn = \langle data_{1l} \dots data_{Kl} \rangle$	колонка ЭД - упорядоченное множество числовых значений ЭД для l -го фактора ЭД

Продолжение таблицы 1

Обозначение	Описание
$obj_k = \langle objName_k, attrArray, dataRow_k \rangle$	объект ЭД – имя и множество его характеристик, например, <"предприятие А"; "нематериальные активы", 100, "млн руб."; "среднесписочная численность", 10, "тыс. чел">
$fctr_l = \langle attr_l, dataClmn_l \rangle$	фактор ЭД, например, <"нематериальные активы", "млн руб."; 100, 90, 150>;
$rel_u = f(obj_k, obj_l), u = \overline{1, U}; U \triangleq K \cdot L$	мера схожести двух объектов ЭД
$SYS = \langle obj_k, rel_u \rangle$	экономическая система как множество объектов ЭД и определенных мер схожести между ними
$X = \langle x_l \rangle$	множество входных сигналов сети
$\Omega = \langle \omega_l \rangle$	множество весовых коэффициентов нейронов
$n_{ij} = \langle x_l, \omega_l \rangle$	единичный нейрон РНСК
$Y = \langle y_u \rangle$	вектор выходного сигнала сети
φ	функционал активации нейронной клетки
$nodeArray = \langle n_{ij} \rangle, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}$	множество нейронов сети
$rel_u^* = f(n_k, n_l)$	мера схожести между единичными нейронами
$juncArray = \langle n_{ij}, rel_u^* \rangle$	множество узлов РНСК
$mapCrdHArray = \langle MapCrdH_u \rangle$	множество горизонтальных координат элементов РНСК
$mapCrdVArray = \langle mapCrdV_u \rangle,$	множество вертикальных координат элементов РНСК
$mapCrdCArray = \langle mapCrdC_u \rangle,$	множество цветовых координат (интенсивность окрашивания) элементов РНСК
$MAP = \langle juncArray, mapCrdHArray, mapCrdVArray, mapCrdCArray \rangle$	множество элементов РНСК

Рисунок 2 иллюстрирует сущность предложенного подхода к разведочному анализу, которая состоит в проецировании множества анализируемых объектов ЭД на РНСК с гексагональной топологией. РНСК строится по принципу самоорганизации, за счет этого объекты ЭД автоматически упорядочиваются на ней по мерам схожести друг с другом, отражающим семантические связи между ними. Таким образом, использование самоорганизующейся карты позволяет автоматически представить все множество объектов ЭД по всем их атрибутам.

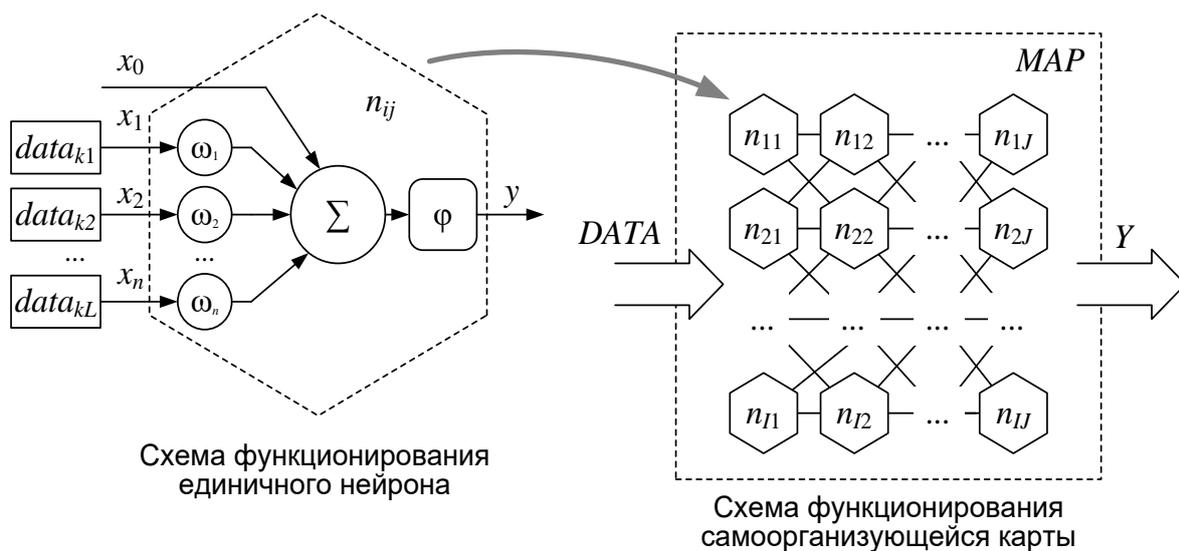
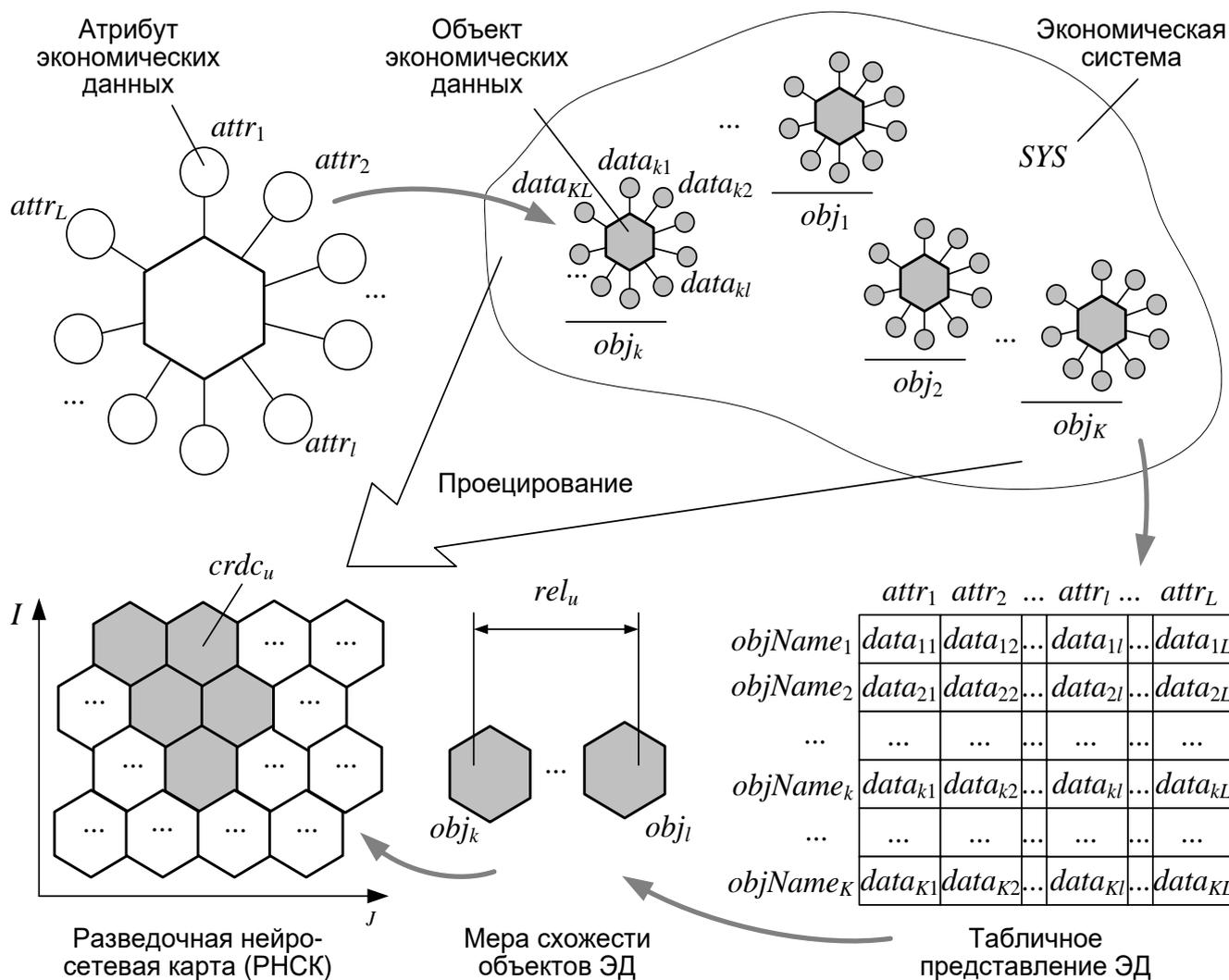


Рисунок 2 – Основные элементы подхода к применению математического аппарата самоорганизующихся карт для разведочного анализа экономических данных

Разработанные в диссертации алгоритмы (см. Рисунки 3–5) предназначены для формирования РНСК и обеспечивают когнитивно-моделирующую визуализацию ЭД для лиц, принимающих решения.

Алгоритм конфигурирования параметров РНСК (А1) позволяет обеспечить возможность исследования и реализации больших массивов показателей по экономическим процессам с учетом их специфики и семантики. Разработанный алгоритм включает процедуры семантической предобработки, нормализации, сглаживания и шкалирования исходных экономических данных, что позволяет осуществить параметрический синтез карты в условиях разнообразия, разнородности и разнотипности характеристик исследуемой экономической системы. Он состоит из следующих блоков (см. Рисунок 3):

- ввода первичных экономических данных (А1.1), включающего подготовку, очистку, нормирование и прочие операции предварительной подготовки ЭД;
- формирования обучающей выборки (А1.2) в форме матрицы экземпляров ЭД с рядом характеристических свойств;
- автоконфигурирования параметров (А1.3), при котором происходит автоматический подбор архитектурных и топологических свойств РНСК в зависимости от свойств сформированной обучающей выборки для максимизации возможностей разведочного анализа;
- конструирования РНСК (А1.4) и параметрического синтеза (А1.5), заключающихся в проектировании ключевых параметров искусственной нейронной сети (структура, связи, правила функционирования и обучения);
- вывода параметров конфигурации (А1.6).

Ключевыми параметрами конфигурации сети является её топологическая структура и архитектура связей; взаимное расположение и координация узлов; устройство и принципы функционирования отдельного нейрона; механизмы и правила инициализации, адаптации, обучения, управления весовыми коэффициентами узлов и оценки ошибки обучения.

Правило картирования, преобразующее исходные экономические данные в пространство элементов РНСК, состоит из четырех механизмов: функционирования нейрона (2), обучения (3) и (4), самоорганизации (5), соседства (6).

Механизм функционирования нейрона, представленный ранее на Рисунке 2, описывается выражением

$$y = \varphi \left(\sum_l \omega_l x_l + x_0 \right), \quad (2)$$

где x_l – вектор входного сигнала, $l = \overline{1, L}$; $L = \dim(attrNameArray)$;

x_0 – нейронное смещение;

ω_l – вектор весовых коэффициентов нейрона;

y – вектор выходного сигнала нейрона;

φ – функционал активации нейронной клетки.



Рисунок 3 – Алгоритм конфигурирования параметров РНСК (А1)



Рисунок 4 – Алгоритм настройки разрешающей способности РНСК (А2)



Рисунок 5 – Алгоритм визуализации экономических данных на РНСК (А3)

Функция ошибки нейрона e при обновлении весов рассчитывается по формуле:

$$e = \frac{(y^* - y)^2}{2}, \quad (3)$$

где y^* – прогнозный результат работы нейрона.

Таким образом, способ расчета вклада локальных ошибок в процессе обучения всей нейронной сети может быть представлен в виде:

$$w^* = -\eta \xi \frac{\partial e}{\partial w}, \quad (4)$$

где w^* – итерация перенастройки весов при обучении;

η – декремент обучения (коэффициент инерциального сглаживания скорости обучения) $\eta \in [0;1]$;

ξ – коэффициент соседства ($\xi \neq 0$);

$$junc_{ij} = \langle x_i; w_m; bdw_m \rangle, junc_{ij} \in MAP, \quad (5)$$

где $junc_{ij}$ – единичный нейрон сетки, $i = \overline{1, I}$, $j = \overline{1, J}$, $m = \overline{1, I \cdot J}$;

w_m – вектор весовых коэффициентов узла;

bdw_m – текущий нейрон-победитель.

MAP – множество карты;

$$\xi = f(bdw_m, bdn_m, bdr_m): bdr_m = f(bdrs_m, bdre_m, lrtm), \quad (6)$$

где bdn_m – окрестность соседства;

bdr_m – радиус соседства;

$bdrs_m$ – начальный радиус;

$bdre_m$ – конечный радиус;

$lrtm$ – время (количество эпох обучения).

Алгоритм настройки разрешающей способности РНСК (А2) позволяет выполнить автоматизированный интеллектуальный анализ ЭД. Отличительной особенностью данного алгоритма является применение процедуры определения оптимального количества нейронов по критерию минимизации топологической ошибки карты, что обеспечивает проецирование многомерного массива экономических данных в плоскую сотовидную структуру с оптимальной плотностью. Алгоритм состоит из следующих блоков (см. Рисунок 4):

– ввода начальной конфигурации (А2.1), инициализирующего предварительный нейросетевой разведочный анализ для последующего выполнения задачи подбора оптимальной разрешающей способности для рассматриваемой выборки ЭД;

– цикла настройки разрешающей способности (А2.2 – А2.5) на основе оценки результатов функционирования РНСК через показатель ошибки размера карты. Правило регулярного роста нейронной карты заключается в минимизации ошибки δ при балансе разрешающей способности и размере проектируемой карты за счет

анализа тенденций прироста количества активированных (используемых) нейронов и общего количества нейронов в карте;

– вывода итоговых параметров (А2.6).

Правило разведочного нейросетевого картирования направлено на достижение такой разрешающей способности карты, при которой достигается наибольшее проявление структурных свойств экономических данных. В общем виде представляется в форме обобщения функционалов качества и оценки эффективности работы алгоритмов кластеризации. Расстояние между объектами ЭД внутри одного кластера запишется в виде:

$$\Phi_1 = \operatorname{argmin}_{x \in \Lambda^*} \left(\frac{\sum_{i < j} [y_i = y_j] \rho(x_i, x_j)}{\sum_{i < j} [y_i = y_j]} \right), \quad (7)$$

где x_i, x_j – входной сигнал нейрона, содержащий значение ЭД, $i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}$;

y_i, y_j – выходной сигнал карты, отображающий объекты ЭД;

ρ – мера схожести;

$\Lambda^* \triangleq \{x_i \in U | \rho(x_i, x_j) \leq \lambda^*\}$ – кластер размера λ^* ;

Расстояние между кластерами ЭД определяется по формуле

$$\Phi_2 = \operatorname{argmax}_{x \in \Lambda^*} \left(\frac{\sum_{i < j} [y_i \neq y_j] \rho(x_i, x_j)}{\sum_{i < j} [y_i \neq y_j]} \right), \quad (8)$$

Тогда обобщенный функционал качества кластеризации можно представить выражением:

$$\Phi_c = \operatorname{argmin}_{x \in \Lambda^*} \left(\Phi_1 / \Phi_2 \right), \quad (9)$$

Введем показатель разрешающей способности РНСК δ , который используется для оценки эффекта изменения разрешающей способности карты за счет активации используемых элементов при увеличении размера текущей РНСК:

$$\delta = \operatorname{argmin}_{d \in N} \left(\frac{d_x - d_y}{d_m} \right), \quad (10)$$

где $d_x = \dim(\text{dataArray})$ – количество значений входных данных;

$d_y = \dim(Y)$ – количество активированных нейронов;

$d_m = \dim(MAP)$ – текущий размер карты (общее количество нейронов в карте);

N – множество натуральных чисел.

Тогда пороговое ограничение δ^* для ускорения подбора наилучшего значения в заключительной фазе оптимизации может быть рассчитано по формуле:

$$\delta^* = \delta \left(\frac{d_{x2} - d_{u2}}{d_{i2}} - \frac{d_{x1} - d_{u1}}{d_{i1}} \right) | \delta_{i+1} \approx \delta_i \pm 0.1 \delta_i; \quad (11)$$

Алгоритм визуализации экономических данных на РНСК (А3) предназначен для интуитивно понятного формализованного представления исследуемой предметной области. Он обеспечивает когнитивно-моделирующую визуализацию результатов разведочного анализа процессов развития экономических систем с использованием комбинации специализированных статичных и градиентных цветовых палитр. Алгоритм состоит из следующих блоков (см. Рисунок 5):

- ввода рабочей конфигурации РНСК (А3.1) с наилучшим значением разрешающей способности карты;
- конфигурирования параметров визуализации (А3.2) и формирования цветовой палитры (А3.3), преобразующих числовые значения ЭД в диапазоны специально подобранных и когнитивно понятных для цветовых палитр величин. Когнитивно-моделирующая визуализация при помощи РНСК представляет собой графическую модель функционирования экономической системы, учитывающая причинно-следственные связи между компонентами её структуры;
- цветового кодирования ЭД (А3.4) и отображения условных обозначений (А3.5) при помощи вариации интенсивности окрашивания элемента;
- вывода РНСК с визуальными фильтрами (А3.6).

Механизм когнитивного визуального кодирования представлен формальной аддитивной цветовой моделью фильтров, отражающих компонентные и групповые свойства, относительные характеристики, топологические особенности выборки данных.

Формальное выражение для когнитивно-моделирующей визуализации отдельного признака можно свести к формуле:

$$mapCrdc_{u1} \triangleq k \frac{data_u - \min(fctr_l)}{\max(fctr_l) - \min(fctr_l)}, \quad (12)$$

где k – некоторый коэффициент пропорциональности;

$data_u$ – рассматриваемое значение ЭД, $u = \overline{1, U}$; $U \triangleq K \cdot L$;

$fctr_l$ – рассматриваемый фактор ЭД.

Формальное выражения для когнитивно-моделируемой визуализации групповых свойств можно представить формулой:

$$mapCrdc_{u2} \triangleq ||DATA - DATA^*||, \quad (13)$$

где $DATA$ – рассматриваемое подмножество значений ЭД;

$DATA^*$ – эталонное подмножество экземпляров ЭД;

Формальное выражения для когнитивно-моделируемой визуализации реляционных свойств можно представить в виде:

$$mapCrdc_{u3} \triangleq \frac{data_u - data_u^*}{data_u^*}, \quad (14)$$

где $data_u$ – рассматриваемое значение ЭД;

$data_u^*$ – эталонное значение ЭД;

Итоговая РНСК представляет собой карту особенностей и знаний (knowledge map), т.е. она содержит разные формы информации в своей собственной геометрической структуре и может интерактивно отображать рассматриваемые закономерности за счет применения разных шаблонов и палитр.

В третьей главе диссертации «Реализация инструментария нейросетевого разведочного анализа данных для поддержки управленческих решений по развитию экономических систем» на базе разработанного инструментария нейросетевого анализа предложены рекомендации по его практическому применению при управлении экономическими системами всех уровней. Программная реализация выполнена в научном прикладном пакете математического моделирования Neural Toolbox для MATLAB 2017b с возможностью компиляции в отдельный программный компонент и его встраивания в существующие информационно-аналитические системы субъектов экономической деятельности.

Отличительная особенность реализованного аналитического инструментария состоит в использовании совокупности кластерных, компонентных и реляционных визуальных фильтров для выявления закономерностей и аномалий в экономических данных, что обеспечивает выполнение поисковых исследований и проверку гипотез о факторах развития экономических систем различного уровня. В процессе выполнения анализа лицо, принимающее решение, осуществляет наложение фильтра на РНСК, которая представляет собой результат геометрического кодирования рассматриваемой выборки экономических данных по формуле (3).

Визуальные фильтры реализованы в соответствии с формулой (7) и объединены в набор (см. Таблицу 2).

Таблица 2 – Набор визуальных фильтров для выявления закономерностей и аномалий в экономических данных

Название	Функция
Кластерный фильтр	Визуализация автоматической группировки всех исследуемых экземпляров на заданное количество кластеров с использованием статической цветовой палитры
Компонентный фильтр	Визуализация закономерностей и аномалий по одному из признаков с использованием градиентной цветовой палитры
Однофакторный реляционный фильтр	Визуализация меры схожести всех исследуемых экземпляров относительно базового по одному из признаков с использованием градиентной цветовой палитры
Многофакторный реляционный фильтр	Визуализация меры схожести всех исследуемых экземпляров относительно базового по совокупности всех признаков с использованием градиентной цветовой палитры

Апробация разработанного инструментария нейросетевого разведочного анализа и поддержки принятия решений выполнена на примере исследования экономических систем макро- и микроуровня. Разработанные РНСК и примеры использования предложенных в диссертации визуальных фильтров приведены на Рисунках 6-17.

На макроэкономическом уровне исследованы взаимозависимости между характеристиками национальной культуры и показателями эффективности развития экономики знаний в различных странах мира. На уровне макроэкономических систем выполняется исследование взаимозависимости количественно идентифицированных характеристик национальной культуры и эффективности национальной научно-технической политики, представленной показателями объективной результативности исследовательской деятельности. В качестве источника исходных данных использована квантитативная база социокультурных индексов Г. Хофстеде по 100 странам мира. В ней приведены следующие индексы: дистанцированности от власти (Power Distance Index, PDI); толерантности к неопределённым ситуациям (Uncertainty Avoidance Index, UAI); индивидуализма (Pragmatism-Monumentalism, PRA; снисходительности (Indulgence, IND).

Индексы национального научно-технического развития представлены ключевыми наукометрическими индексами: публикационной активности (Scientific and Technical Activity, STA), патентной активности (World Intellectual Property Organization Index, WIPI), активности по созданию промышленных образцов (Industrial Prototype Sample Activity Index, PSI), уровня расходов на НИОКР (Research and Development Expenditure, RDE), уровня образования (Education Index, EDI), инноваций (The Global Innovation Index, GII) и экономики знаний (The Knowledge Economy Index, KEI).

Разработанный в диссертации инструмент нейросетевого разведочного анализа позволил упорядочить множество стран на РНСК исходя из меры их схожести по множеству индексов (см. Рисунок 6). Далее были использованы визуальные фильтры для выявления закономерностей в исследуемой выборке данных.

Компонентный фильтр для показателя KEI (см. Рисунок 7) позволяет визуализировать тенденцию снижения индекса экономики знаний слева (США, Германия, Великобритания и др. страны) направо (Ирак, Ливия, Сирия, Ангола, Эфиопия и др.)

Кластерные фильтры (см. Рисунки 8 и 9) позволяют автоматически разделить все множество стран на 4 группы исходя соотношения двух выбранных показателей.

Рисунок 8 показывает соотношение индексов дистанцированности от власти PDI и индивидуализма IDV. В зеленый кластер вошли страны с высокими PDI и IDV (например, Россия, Франция, Бельгия, Турция), в голубой – с высоким PDI и низким IDV (например, Китай, Перу, Эквадор, Колумбия), в желтый – с низким PDI и высоким IDV (например, США, Германия, Нидерланды, Швеция, Финляндия, Япония), в красный – с низким PDI и низким IDV (например, Греция, Корея, Тайвань).

Рисунок 9 показывает соотношение индексов патентной активности WIPI и публикационной активности STA. В зеленый кластер вошли страны-лидеры по обоим показателям научно-исследовательской результативности (например, США, Германия, Япония, Россия), в голубой – страны с преобладанием патентной активности над объемами публикуемых статей (например, Норвегия, Перу, Колумбия), в желтый цвет – с преобладанием публикационной активности над патентными показателями (Тайвань, Иран), в красный – аутсайдеры по значениям результатов научно-исследовательской деятельности (например, Сирия, Мозамбик, Нигерия, Ангола).

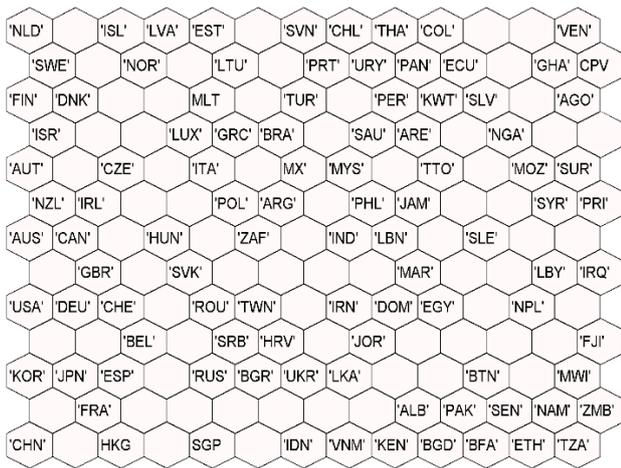


Рисунок 6 – Разведочная нейросетевая карта

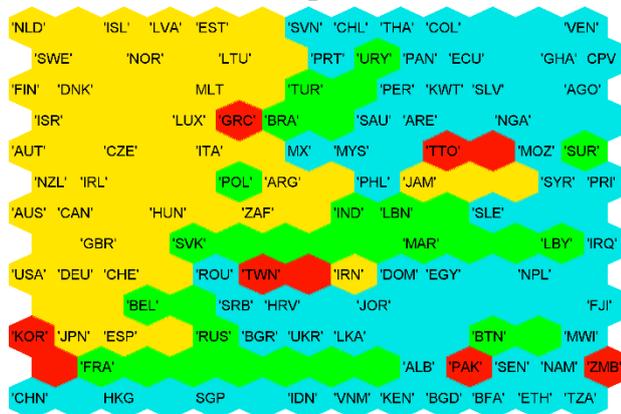


Рисунок 8 – РНСК с кластерным фильтром для показателей PDI/IDV

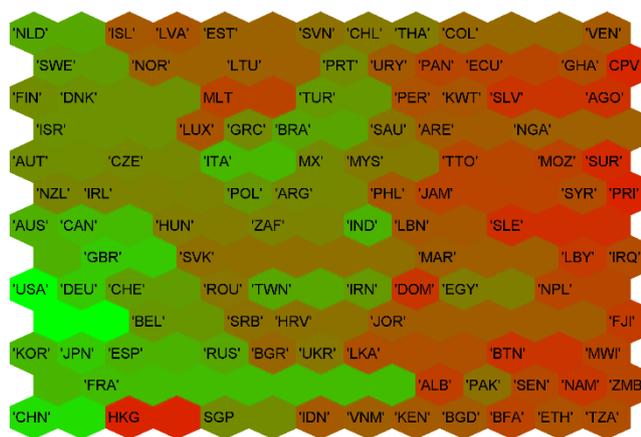


Рисунок 10 – РНСК с однофакторным реляционным фильтром для показателя STA. База сравнения - Россия

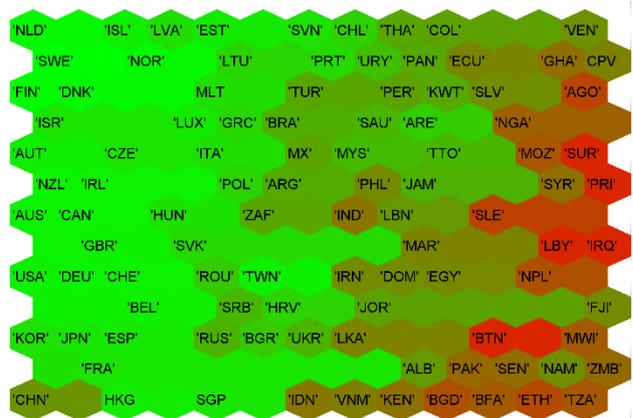


Рисунок 7 – РНСК с компонентным фильтром для показателя KEI

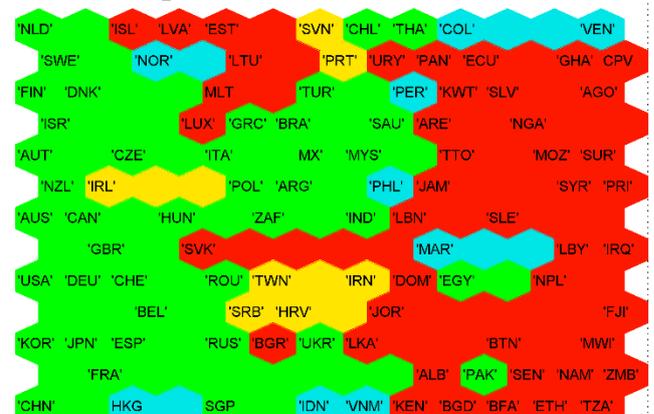


Рисунок 9 – РНСК с кластерным фильтром для показателей WIPI/STA

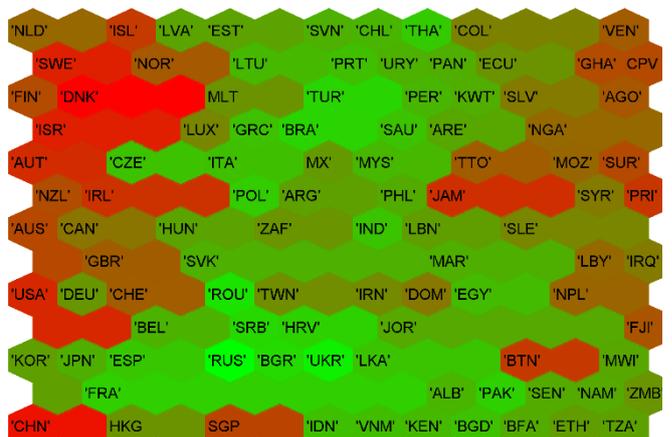


Рисунок 11 – РНСК с многофакторным реляционным фильтром. База сравнения - Россия

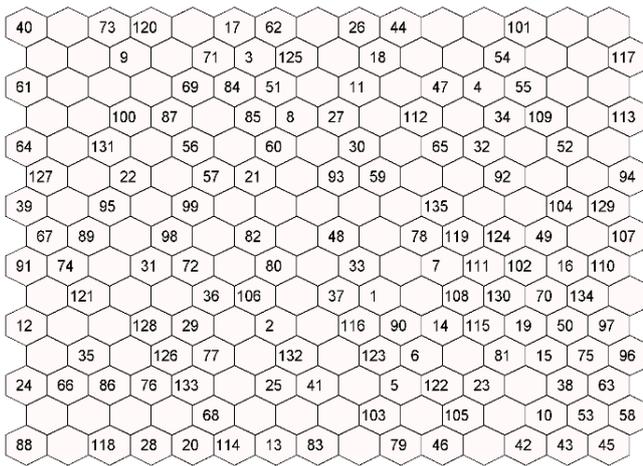


Рисунок 12 – Разведочная нейросетевая карта

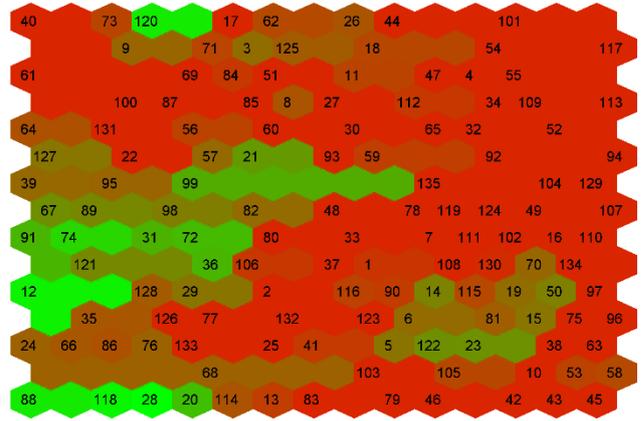


Рисунок 13 – РНСК компонентным фильтром для показателя НМА

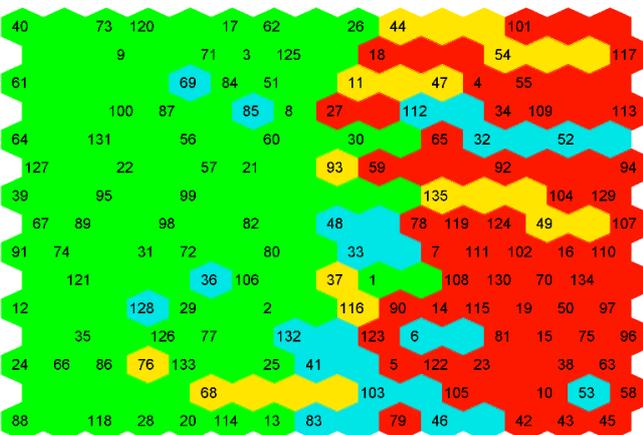


Рисунок 14 – РНСК с кластерным фильтром для показателей В/А

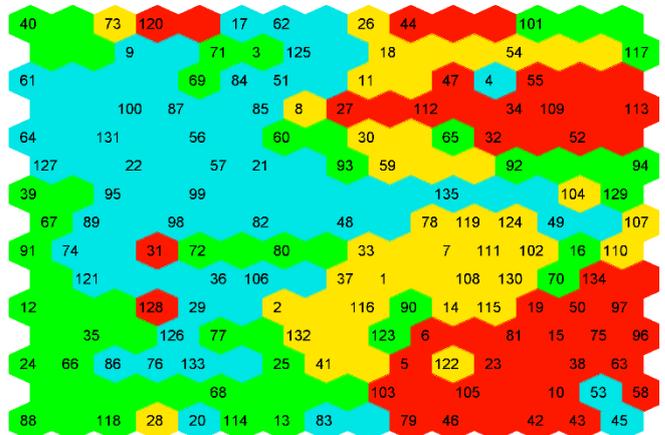


Рисунок 15 – РНСК с кластерным фильтром для показателей ССЧР/СГЗП

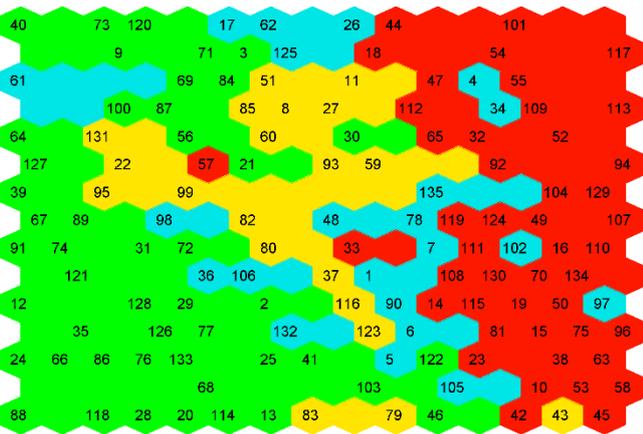


Рисунок 16 – РНСК с кластерным фильтром для показателей ДО/КО

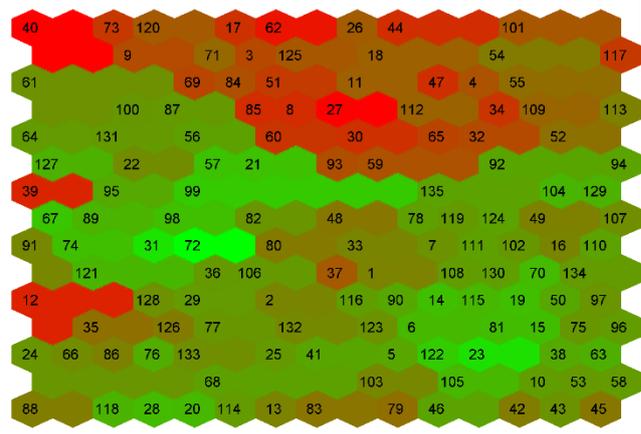


Рисунок 17 – РНСК с многофакторным реляционным фильтром. База сравнения - № 72

Реляционные фильтры (см. Рисунки 10 и 11) позволяют визуализировать меру схожести исследуемых стран относительно базы сравнения – Российской Федерации. На Рисунке 10 представлен результат работы однофакторного фильтра по показателю публикационной активности STA, а на рисунке 10 – многофакторного фильтра по всем показателям.

Применение разработанного инструмента нейросетевого разведочного анализа позволило выявить следующие закономерности между социокультурными характеристиками стран и их научно-техническим развитием. Консервативность национальной культуры (высокий PDI) отрицательно сказывается на уровне инновационного развития экономики, что видно из сопоставления правой зоны на Рисунке 7 и голубого кластера на Рисунке 8, а также негативно влияет на результативность научно-технической деятельности (см. красный кластер на Рисунке 9). При этом ключевой культурной характеристикой, положительно влияющей на научно-техническое развитие, является индивидуализм IDV (см. Рисунок 8).

На микроэкономическом уровне выполнено исследование экономических данных по промышленным предприятиям, входящим в интегрированную корпоративную структуру. Деятельность промышленного предприятия рассматривается в аспектах текущего и долгосрочного состояний. Результаты разведочного нейросетевого анализа 135 наукоёмких организаций в составе государственной корпорации «Ростех» приведены на Рисунках 12-17. Исходными данными являлись следующие показатели: внеоборотные активы (ВА), нематериальные активы (НМА), основные средства (ОС), оборотные активы (ОА), запасы (ЗАП), дебиторская задолженность (ДЗ), собственный капитал (СК), долгосрочные обязательства (ДО), краткосрочные обязательства (КО), кредиторская задолженность (КЗ), выручка (В), себестоимость (С), материальные затраты (МЗ), заработная плата (ЗП), амортизация (АМ), прочие затраты (ПЗ), коммерческие расходы (КР), управленческие расходы (УР), прочие доходы (ПД), прочие расходы (ПР), расходы на выплату процентов (РВП), прибыль до налогообложения (ПДН), налог на прибыль (НП), чистая прибыль (ЧП), среднесписочная численность рабочих (ССЧР), среднегодовая заработная плата (СГЗП), среднегодовые социальные выплаты (СГСВ).

В результате разведочного анализа сочетаний организационно-экономических показателей предприятий выявлен кластер, содержащий инновационно-успешные компании (см. зеленый сектор на Рисунок 14). Компании-лидеры отличаются значительной долей нематериальных активов, высокими показателями рентабельности, высокой деловой активностью и финансовой устойчивостью.

Внедрение разработанного инструментария выполнено для условий ФГУП «ВНИИ «Центр» при проведении системных информационно-аналитических исследований в области анализа инновационного потенциала оборонно-промышленного комплекса. Практическая реализация разработок позволила снизить трудоемкость экспертно-аналитических процедур, повысить оперативность их выполнения, а также достоверность их результатов. Экономический эффект от реализации разработанного в диссертации инструментария нейросетевого разведочного анализа и поддержки принятия решений составляет для условий ФГУП «ВНИИ «Центр» около 10 – 15 млн. руб. ежегодно в зависимости от объема выполняемых экспертно-аналитических исследований и горизонта прогнозирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выполненный в диссертации анализ специфики информационно-аналитической деятельности в условиях цифровизации экономики позволил выявить перспективные направления использования технологий искусственного интеллекта и нейросетевого моделирования при выработке управленческих решений по развитию экономических систем различного уровня, обеспечивающих производство знаний и отличающихся сложными взаимозависимостями между описываемыми их экономическими данными.

2. Результаты обзора существующих научных работ показали, что в данной области исследования имеются противоречия между новыми потребностями практики и ограничениями используемого экономико-математического аппарата, что свидетельствует об актуальности совершенствования существующих инструментальных средств. Для их дальнейшего развития в диссертации предложено и обосновано применение специализированных разведочных нейросетевых карт, обеспечивающих когнитивно-моделирующую визуализацию экономических данных для лиц, принимающих решения.

3. Выдвинута гипотеза диссертации, состоящая в том, что для эффективного выявления закономерностей и аномалий в экономических данных и поддержки принятия решений по развитию экономических систем различного уровня может быть использован универсальный инструментальный нейросетевой разведочный анализ, реализованный в виде набора цветowych фильтров для формализованного визуального представления исследуемых процессов. В соответствии с данной гипотезой, выполнена постановка научной задачи исследования и ее математическая формализация.

4. В целях решения поставленной научной задачи разработан инструментальный нейросетевой разведочный анализ и поддержки принятия решений, в котором, в отличие от существующих средств построения самоорганизующихся карт, реализован комплекс авторских алгоритмов конфигурирования параметров карты, настройки ее разрешающей способности и визуализации экономических данных с учетом разнообразия, разнородности и разнотипности характеристик исследуемой экономической системы.

5. Сформулированы практические рекомендации по применению разведочных нейросетевых карт в системах поддержки принятия решений, которые, в отличие от традиционной экспертно-аналитической обработки, основаны на применении совокупности кластерных, компонентных и реляционных цветowych фильтров, обеспечивающих визуализацию экономических данных для лиц, принимающих решения. Программная реализация прототипа аналитического инструментария выполнена в пакете Neural Toolbox для MATLAB с возможностью компиляции в отдельный программный компонент и его встраивания в существующие информационно-аналитические системы субъектов экономической деятельности.

6. Апробация разработанного инструментария нейросетевого разведочного анализа и поддержки принятия решений выполнена на примере исследования экономических систем макро- и микроуровня. На макроэкономическом уровне исследованы взаимозависимости между характеристиками национальной культуры и показателями эффективности развития экономики знаний в различных странах мира.

На микроэкономическом уровне выполнено исследование экономических данных по промышленным предприятиям, входящим в интегрированную корпоративную структуру. Внедрение инструментария выполнено в ФГУП «ВНИИ «Центр» при проведении системных информационно-аналитических исследований в области оценки инновационного потенциала, мониторинга состояния и обосновании стратегий развития предприятий оборонно-промышленного комплекса.

7. Результаты разработки и программной реализации инструментария нейросетевого разведочного анализа и поддержки принятия решений по развитию экономических систем позволяют сделать заключение о том, что поставленная научная задача решена, а цель диссертации достигнута. Выполненное диссертационное исследование обеспечивает применение технологий искусственного интеллекта для повышения эффективности управленческих решений по развитию экономических систем различного уровня. Направлениями дальнейших исследований по проблематике диссертации являются решение задач интеграции разработанного инструментария в существующие корпоративные информационные системы.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные статьи в рецензируемых изданиях международной базы цитирования Scopus

1. A linear model of economic and technological shocks on science-intensive industries / V.A. Shiboldenkov [et al.] // Journal of Applied Economic Sciences. 2017. Vol. XII. № 6(52) P. 1567-1577. (1,0 п.л./0,3 п.л.).
2. The dynamic model of elements' interaction within system of science-intensive production under unstable macroeconomic conditions / V.A. Shiboldenkov [et al.] // Journal of Applied Economic Sciences. 2017. Vol. XII. № 5(51) P. 1520-1530. (1,0 п.л./0,3 п.л.).

Научные статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России

3. Шиболденков В.А. Инструментарий нейросетевого разведочного анализа социально-экономических процессов // Аудит и финансовый анализ. 2018. № 6. С. 1-11. (0,8 п.л.).
4. Система показателей для анализа социально-экономической информации производственного предприятия с использованием искусственной нейронной сети / В.А. Шиболденков [и др.] // Аудит и финансовый анализ. 2017. № 5-6. С. 543-549. (0,6 п.л./0,25 п.л.).
5. Применение самоорганизующихся нейросетевых карт для кросс-культурного анализа / В.А. Шиболденков [и др.] // Научные исследования и разработки. Современная коммуникативистика. 2017. Т. 6. № 2. С. 8-15. (0,5 п.л./0,3 п.л.).
6. Нейросетевой анализ влияния социокультурных факторов на инновационную активность государства / В.А. Шиболденков [и др.] // Научные исследования и разработки. Социально-гуманитарные исследования и технологии. 2017. Т. 6. № 2. С. 72-80. (0,5 п.л./0,2 п.л.).

7. Дроговоз П.А., Садовская Т.Г., Шиболденков В.А. Использование эмерджентных нейросетевых карт в бизнес-анализе портфеля клиентов // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2016. № 12(150). С. 10-18. (0,5 п.л./0,2 п.л.).
8. Шиболденков В.А. О проблеме больших данных // Экономика и предпринимательство. 2016. № 1-2(66). С. 130-134. (0,3 п.л.).
9. Шиболденков В.А. Инфометрический принцип оценки зрелости технологий // Экономика и предпринимательство. 2015. № 12-2(65). С. 630-636. (0,5 п.л.).
10. Разработка нейросетевых инструментов интеллектуального анализа экономических показателей / В.А. Шиболденков [и др.] // Аудит и финансовый анализ. 2015. № 3. С. 432-440. (0,6 п.л./0,2 п.л.).
11. Садовская Т.Г., Шиболденков В.А., Иванов П.Д. Оптимизация портфеля партнеров с помощью инструментов интеллектуального анализа данных // Экономика и предпринимательство. 2015. № 9-2(62). С. 1094-1097. (0,3 п.л./0,15 п.л.).
12. Дроговоз П.А., Шиболденков В.А., Иванов П.Д. Обзор зарубежной практики формирования государственных инновационных стратегий и оценка возможности их адаптации в отечественных условиях // Экономика и предпринимательство. 2015. № 5-1(58). С. 137-142. (0,6 п.л./0,3 п.л.).

Тезисы докладов на международных и всероссийских научных конференциях

13. Шиболденков В.А. Разработка нейросетевой концепции распределенного реестра информации для управления цифровыми активами в промышленности / XLIII Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королева и других отечественных ученых – пионеров освоения космического пространства (Москва, 29 янв. – 1 фев. 2019 г.): Сб. тез. всеросс. науч. конференции / РАН [и др.]; ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)». М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. Т. 1. С. 182-184. (0,15 п.л.).
14. Шиболденков В.А. Управление проектами машинного обучения при решении задач промышленной аналитики // VIII Чарновские чтения (Москва, 7–8 дек. 2018 г.): Сб. трудов всеросс. науч. конференции по организации производства / ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» [и др.]. М: НОЦ «Контроллинг и управленческие инновации», 2019. С. 140-150. (0,45 п.л.).
15. Шиболденков В.А., Садовская Т.Г. Современные практики системного подхода к управлению научно-техническими проектами в условиях экономики знаний // Будущее машиностроения России (Москва, 27 сен. 2018 г.): Сб. докладов XXI всеросс. науч. конференции молодых ученых и специалистов / Союз машиностроителей России, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)». М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. С. 827-831. (0,3 п.л. / 0,2 п.л.).
16. Шиболденков В.А., Добрынец М.В. Экономико-математическое моделирование диффузии инноваций в производственно-сбытовых системах // VII Чарновские чтения (Москва, 1–2 дек. 2017 г.): Сб. трудов всеросс. науч. конференции по организации производства / ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени

Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» [и др.]. М: НОЦ «Контроллинг и управленческие инновации», 2018. С. 140-150. (0,45 п.л./0,3 п.л.).

17. Шиболденков В.А., Садовская Т.Г. Разработка системы оценки инновационного потенциала промышленного предприятия // VI Чарновские чтения (Москва, 2–3 дек. 2016 г.): Сб. трудов всеросс. науч. конференции по организации производства / ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» [и др.]. М: НОЦ «Контроллинг и управленческие инновации», 2017. С. 136-147. (0,8 п.л./0,6 п.л.).

18. Шиболденков, В.А. Система нейросетевого анализа показателей деятельности предприятия // Modern scientific potential: materials of the XI international scientific and practical conference (Sheffield, 2015). Sheffield: Science and education Ltd., 2015. P. 27-30. ISBN 978-966-8736-05-6. (0,25 п.л./0,1 п.л.).

19. Шиболденков В.А., Дроговоз П.А. Нейросетевое картирование показателей деятельности предприятия как средство поддержки принятия решений // Modern scientific potential: materials of the XI international scientific and practical conference (Sheffield, 2015). Sheffield: Science and education Ltd., 2015. P. 18-23. ISBN 978-966-8736-05-6. (0,25 п.л./0,1 п.л.).

Свидетельства на программы для ЭВМ

20. Свидетельство о гос. регистрации прогр. для ЭВМ № 2015613792. Нейросетевое картирование финансовых показателей промышленных предприятий / П.А. Дроговоз, Т.Г. Садовская, В.А. Дадонов, В.А. Шиболденков; правообладатель МГТУ им. Н.Э. Баумана. № 2015610684; заявл. 10.02.2015; зарегистр. 25.03.2015.

21. Свидетельство о гос. регистрации прогр. для ЭВМ № 2015613793. Нейросетевое картирование эконометрических показателей / П.А. Дроговоз, Т.Г. Садовская, В.А. Дадонов, В.А. Шиболденков; правообладатель МГТУ им. Н.Э. Баумана. № 2015610683; заявл. 10.02.2015; зарегистр. 25.03.2015.

22. Свидетельство о гос. регистрации прогр. для ЭВМ № 2016612489. Инструмент нейросетевого анализа факторов инновационного потенциала промышленного предприятия / П.А. Дроговоз, И.Н. Омельченко, Т.Г. Садовская, В.А. Дадонов, В.А. Шиболденков; правообладатель МГТУ им. Н.Э. Баумана. № 2015663228; заявл. 30.12.2015; зарегистр. 29.02.2016.

Научно-технические отчеты

23. Разработка методологии нейросетевого анализа инновационного потенциала наукоемких промышленных предприятий: отчет о НИР (заключ.) / МГТУ им. Н.Э. Баумана; рук. И.Н. Омельченко; исполн.: В.А. Шиболденков [и др.]. М., 2017. 31 с. № ГР 115011270096. Инв. № 6014. (2 п.л./0,5 п.л.).