



# НАУКА

и глобальные вызовы  
XXI века

## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В РЕШЕНИИ АКТУАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ XXI ВЕКА

Сборник статей по материалам  
Четвертой всероссийской научно-практической конференции,  
проводимой в рамках Пермского естественнонаучного форума  
«Математика и глобальные вызовы XXI века»

Часть I

г. Пермь, 21–23 мая 2019 г

Пермский государственный национальный исследовательский университет  
Пермский национальный исследовательский политехнический университет  
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»  
Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет  
Пермский государственный медицинский университет им. академика Е. А. Вагнера  
Пермское отделение Научного совета РАН по методологии искусственного интеллекта

# **ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В РЕШЕНИИ АКТУАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ XXI ВЕКА**

Сборник статей по материалам  
Четвертой всероссийской научно-практической конференции,  
проводимой в рамках Пермского естественнонаучного форума  
«Математика и глобальные вызовы XXI века»

(г. Пермь, 21–23 мая 2019 г.)

Часть I



Пермь 2019

УДК 004.8: 3  
ББК 32.813 + 6/8  
И868

**Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века: сб. ст. по материалам Четвертой всерос. науч.-практ. конф. (г. Пермь, 21–24 мая 2019 г.) Ч. I. / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2019. – 276 с.**

ISBN 978-5-7944-3290-9 (ч. 1)  
ISBN 978-5-7944-3289-3

В сборнике представлены материалы Четвертой всероссийской научно-практической конференции «Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века», которая проводилась 21–23 мая 2019 г. в г. Перми в рамках Пермского естественнонаучного форума «Математика и глобальные вызовы XXI века».

Сборник предназначен для научных и педагогических работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов и всех, кто интересуется проблемами и перспективами развития и применения методов искусственного интеллекта.

**УДК 004.8: 3  
ББК 32.813 + 6/8**

*Печатается по решению кафедры прикладной математики и информатики  
Пермского государственного национального исследовательского университета*

**Редакционная коллегия**

**Кузнецов Андрей Геннадьевич**, канд. техн. наук,  
**Левченко Елена Васильевна**, д-р психол. наук,  
**Русаков Сергей Владимирович**, д-р физ.-мат. наук,  
**Столбов Валерий Юрьевич**, д-р техн. наук,  
**Хлынова Ольга Витальевна**, д-р мед. наук, чл.-корр. РАН

**Ответственный редактор**

**Ясницкий Леонид Нахимович**, д-р техн. наук,

*Сборник подготовлен при финансовой поддержке РФФИ: грант № 19-010-00307  
Статьи публикуются в авторской редакции, авторы несут ответственность  
за содержание статей, за достоверность приведенных в статье фактов, цитат,  
статистических и иных данных, имен, названий и прочих сведений*

ISBN 978-5-7944-3290-9 (ч. 1)  
ISBN 978-5-7944-3289-3

© ПГНИУ, 2019

## **ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ**

*«Думаю она [Конференция] хорошо отображает тот факт, что ваша Пермская школа и ваша системная деятельность – лучшее, что есть в нашей стране в области многоплановой разработки проблем ИИ.»*

*Д.И.Дубровский, Сопредседатель Научного совета РАН по методологии искусственного интеллекта, д.ф.н., профессор.*

УДК 004.89; 616.34

## **О НАУЧНОМ ПРИОРИТЕТЕ ПЕРМСКИХ УЧЕНЫХ В ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

*Ясницкий Леонид Нахимович*

Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
614990, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15, yasn@psu.ru

Обзор охватывает работы пермских ученых, в которых развиваются и применяются методы искусственного интеллекта в классическом понимании, т.е., моделирующие интеллектуальную деятельность человека путем имитации природных механизмов. Это экспертные системы, генетические алгоритмы, нейронные сети, нечеткая математика. Отмечается научный приоритет пермских ученых в области развития теоретических основ и практических приложений искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** научный приоритет, искусственный интеллект, нейронная сеть, экспертная система, генетический алгоритм, теория, практика, моделирование, прогнозирование, оптимизация, распознавание, обработка данных, извлечение знаний.

Своим появлением в Перми искусственный интеллект обязан организатору и научному руководителю первого в Перми вычислительного центра, созданного на базе Пермского государственного университета (позднее переименован в Пермский государственный национальный исследовательский университет), основателю кафедры прикладной математики Юрию Владимировичу Девингталю. В вычислительном центре им была сформирована исследовательская группа, занимавшаяся распознаванием образов. Его работы 1968 – 1976 гг. [16, 17] положили начало пермским исследованиям в области искусственного интеллекта.

В 1973 Л.Н.Ясницкий [78] предложил оригинальный метод точного аналитического решения краевых задач теории гармонических функций и

линейной теории упругости, впоследствии названный методом фиктивных канонических областей (ФКО) [72, 75, 87, 103-105]. Для реализации метода ФКО была создана интеллектуальная система, моделирующая знания, интуицию и опыт классических математиков XIX – XX веков [7, 56, 57, 62, 86, 88]. Развитию метода ФКО и его применению посвящена защищенная в 2006 году кандидатская диссертация С.Л. Гладкого [5]. Его программа REGIONS (<http://inec.pspu.ru/regions/>) является уникальной, не имеющей аналогов, экспертной системой, успешно примененной для прочностных расчетов и проектирования инженерных конструкций ответственного назначения [6, 7-12, 18, 23, 26, 42, 67, 71, 72, 77].

В 2001 г. выходит в свет книга Л.Н.Ясницкого «Введение в искусственный интеллект» [56], посвященная памяти Юрия Владимировича Девингталя. Книга является учебно-методическим пособием и охватывает широкий круг вопросов – от проблем творчества, сочинения стихов и музыкальных произведений до решения краевых задач математической физики. Впоследствии книга становится достаточно популярной и по данным eLIBRARY на три ее последних издания [57] зафиксировано более 300 цитирований.

В 2001 г. начинается проект создания нейросетевой системы диагностики авиационных двигателей. Работа выполняется в сотрудничестве с ОАО «Авиадвигатель». В ПГНИУ поставляются сведения о дефектах, обнаруженных при исследовании двигателей, прибывших в ремонт, а также комплекс полетных параметров, характеризующих работу двигателя за время эксплуатации на самолёте. Таким образом, формируются обучающие и тестирующие множества примеров, создается нейронная сеть, на вход которой подаются параметры двигателя в полете, а с выхода снимаются сведения о его дефектах.

Нейронная сеть обучается и проходит тестовые испытания на примерах, которых не было в обучающем множестве. Устраиваются дополнительные проверки. Ученым предоставляется комплекс полетных параметров авиадвигателя без указания сведений о его дефектах. Параметры подаются на вход нейронной сети, и она ставит диагнозы, которые сравниваются с результатами заводских исследований, полученными при разборке двигателя [29].

По одному из двигателей нейросеть ставит диагноз «Появление стружки в масле», совпадающий с результатами заводских исследований. Между тем экспертный анализ специалистами ОАО «Авиадвигатель» показал отсутствие изменения параметров двигателя (температура, давление и др.), которые могли бы быть вызваны появлением указанного дефекта. Следовательно, нейросеть, на вход которой подаются именно эти параметры двигателя, принципиально не должна ставить диагноз «стружка в масле». Но она его ставит, и оказывается права... Складывается впечатление, что нейронная сеть принимает правильные решения, используя информацию, недостаточную с точки зрения традиционной логики. В жизни это свойство мозга принято называть «интуицией» или «шестым чувством». В связи с

этим в работе [57] высказывается мнение, что нейронная сеть, выполненная «по образу и подобию» мозга, унаследовала от своего прототипа и это замечательное свойство.

Но специалисты ОАО «Авиадвигатель» предлагают более приземленные объяснения парадокса. По их мнению, нейросеть могла среагировать на изменения конфигурации деталей, вызванные загрязнением лопаток проточной части, приработкой деталей или на совокупность изменений параметров внешних условий и соответствующих изменений параметров, характеризующих техническое состояние двигателя.

Окончательно был сделан вывод о том, что нейросеть способна в неявном виде более точно определять индивидуальные характеристики двигателей, чем традиционные инженерные методы анализа параметров. Другой предполагаемой способностью нейросети является возможность выявления таких изменений параметров, которые не были предусмотрены специалистами при разработке традиционных алгоритмов диагностирования авиационных двигателей.

Впоследствии мы не раз наблюдали, как нейросети ставили правильные диагнозы и выполняли подтвердившиеся впоследствии прогнозы, объяснить которые в рамках традиционной логики было затруднительно, а термины «интуиция» и «шестое чувство нейронных сетей», впервые введенные в книге [57], стали употребляться многими авторами.

В 2003 г. появляется идея создания нейросетевого детектора лжи. Главный полиграфолог Пермского края полковник Аскольд Маркович Петров проводит экскурсию для пермских ученых. Его полиграфный аппарат системы «Эпос-7» безошибочно уличает всех желающих его обмануть. Ученые выражают свое восхищение, но Аскольд Маркович возражает. Оказывается, три года назад с помощью детектора лжи им было раскрыто преступление, и за него был посажен человек. А совсем недавно с повинной явился настоящий преступник. Оказывается, штатный детектор лжи, применяемый в МВД России, может ошибаться. Причем, довольно часто. Согласно паспортным данным погрешность заключений полиграфного аппарата Эпос-7 составляет 30%.

Причина низкой точности штатного детектора лжи обусловлена тем, что к разным людям, по-разному реагирующим на стрессовые ситуации, применяется одна и та же система решающих правил. Между тем известно, что у одних людей при ложном ответе дыхание учащается, а у других – наоборот замедляется. Аналогично ведут себя артериальное давление, частота сердечных сокращений и т.д. Учесть это обстоятельство и создать интеллектуальную систему, которая настраивалась на каждого конкретного человека и учитывала индивидуальные особенности его организма, позволила нейронная сеть, спроектированная и обученная благодаря долгой и кропотливой работе коллектива сотрудников Управления внутренних дел (УВД) Пермского края, ПГПУ и ПГНИУ [20, 37, 80, 81]. Наиболее результативной оказалась схема нейронной сети с комбинированным вводом параметров респондента и защищенная в кандидатской диссертации

З.И.Сичинавы. Данные об индивидуальных особенностях организма респондента в его нейронную сеть подавались с заранее составленной анкеты. Погрешность нейросетевого полиграфного аппарата в разных вариантах исполнения составила от 3,5 до 19,8 %, что значительно ниже погрешности штатных полиграфных аппаратов, применяемых в МВД и других госструктурах РФ.

В 2005 году это был первый в мире нейросетевой интеллектуальный детектор лжи [37].

Постепенно клеймо «лженауки» с искусственного интеллекта снимается не только на официальном уровне, а нейронные сети перестают называть «тупиковым научным направлением». Их включают в государственные образовательные стандарты вузов. В 2005 г. в ПГГПУ создается кафедра прикладной информатики, на базе которой открывается Пермское отделение Научного Совета РАН по методологии искусственного интеллекта ([www.PermAi.ru](http://www.PermAi.ru)). В план его работы вошли темы, уже ставшие традиционными. Это разработка систем искусственного интеллекта для решения задач диагностики сложных технических устройств [29, 67, 68], систем медицинской диагностики человека [63, 64, 65, 100-102], систем прогнозирования фондовых рынков [41], систем прогнозирования расхода электрической и тепловой энергии предприятиями бюджетной сферы [2], моделирование творческого процесса математика-профессионала, выполняющего решение краевых задач [7, 56] и др.

В 2007 году в книге [67], а также в статьях [79, 90] были опубликованы результаты уникальной попытки применения аппарата нейросетевого моделирования в области политологии – была спрогнозирована победа Д.Медведева за полтора года до президентских выборов 2008 г., когда его личность как политика еще была мало известна. В работах [79, 90], опубликованных в 2008 и 2010 гг., когда президент Д. Медведев был на вершине своей популярности, ему прогнозировалось снижение рейтинга, тогда как другому политику – В.Жириновскому, прогнозные кривые предсказали постепенный рост популярности, что и наблюдалось в последующие годы.

В 2012 г. факультет государственного управления Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова перепечатал методику и результаты сбывшихся политических прогнозов пермских ученых в качестве вводной статьи в своем сборнике научных трудов [91].

В 2013 г. закончился финансируемый Правительством Пермского края и Группой компаний ИВС проект создания медицинской диагностической системы, выполняемый совместно с ПГМУ имени академика Е.А.Вагнера. Обученная на тысячах данных о реальных кардиологических больных, нейронная сеть с достаточно высокой точностью ставит диагнозы наиболее распространенных заболеваний сердечно-сосудистой системы [64]. Применение компьютерной диагностической системы на сегодняшний день наиболее актуально в отдаленных селах, где отсутствуют высококвалифицированные специалисты и медицинское



оборудование. Кроме того, по мнению авторитетных врачей-кардиологов, выявленные в результате исследования нейросетевой системы новые медицинские знания имеют как научное, так и практическое значение [63-65, 100-102].

К этому следует добавить, что в мире сейчас существуют сотни нейросетевых систем медицинской диагностики, однако только система, разработанная пермскими учеными, помимо диагностики, умеет выполнять долгосрочное прогнозирование развития заболеваний на 5, 10 и 15 лет вперед, а также управлять этими прогнозами – подбирать оптимальный образ жизни и лечения больных, желающих улучшить свои прогнозные показатели здоровья.

В 2014 году защищает докторскую диссертацию А.Л.Гусев. С помощью Нейропакета [33] и оригинальной методики функциональной предобработки входных сигналов [15] ему удалось разработать и внедрить меры по оптимизации деятельности Роспотребнадзора в области гигиенической безопасности населения некоторых регионов РФ [61, 66].

Пионерскими можно назвать работы, посвященные применению нейросетевых технологий для моделирования успеваемости студентов [38] и их будущей успешности [73], что позволяет оптимизировать траектории обучения студентов.

Пермскими учеными реализованы десятки проектов в самых различных областях. Результаты некоторых проектов, хотя и были в свое время опубликованы в научных журналах, выглядели весьма необычными и даже вызвали сомнения. Теперь же их можно считать признанными научной общественностью, а прогнозы, выполненные с помощью интеллектуальных систем, подтвердились произошедшими событиями либо выполненными экспериментами. Результаты некоторых проектов получили внедрение. Однако большинство из них являются инициативными, доведены только до демонстрационных прототипов и ждут своих потребителей. Это проекты создания интеллектуальных систем, позволяющих выявлять способности людей, например, способности к руководящей деятельности, к занятиям наукой и бизнесом [68, 82]. Такие программы способны также выявлять склонность человека к воровству, алкоголизму, наркомании [60], депрессии [31], к насилию и серийным убийствам [55] и т.п. В отличие от широко применяемых психологических тестов эти программы, в силу своей интеллектуальной базы, обучены на реальном жизненном опыте и используют выявленные из этого опыта закономерности, а потому объективны по своей природе и имеют более высокую точность.

В свое время в средствах массовой информации были опубликованы результаты наших прогнозов относительно Олимпиады–2014 ([www.perm.aif.ru/society/people/1034930](http://www.perm.aif.ru/society/people/1034930)). Были также опубликованы [58] полученные в результате исследования математических моделей рекомендации по корректировке системы подготовки спортсменов, которые были доведены до сведения и учтены некоторыми российскими тренерами, например А.Н.Мишиным: <http://www.poisknews.ru/theme/infosphere/8916/>.

По этому поводу следует заметить, что спортивная тема у нас является сравнительно новой и выполняется пока как инициативная, без финансовой поддержки, причем главным образом силами студентов пермских вузов. И то, что опубликовано в СМИ, – это лишь небольшая часть всего, что можно сделать в области спортивной науки с помощью имеющихся у нас интеллектуальных инструментов.

Наиболее адекватные математические модели нам удалось получить для одиночных видов спорта, например, для фигурного катания, легкой атлетики [58, 70]. Такие модели можно использовать не только для прогнозов результатов будущих состязаний, но и для оптимизации программ подготовки спортсменов, обеспечивающих их наилучшие результаты. Могут также быть получены рекомендации по улучшению результативности спортивных команд [51].

Отметим, что нейросетевыми технологиями в настоящее время активно овладевают многие научные коллективы, как в России, так и за рубежом. Однако теоретическая база этих технологий пока что развита очень слабо, поэтому успех создания качественных нейросетевых математических моделей во многом зависит от опыта и интуиции их создателей. Каждая научная школа имеет свою историю, традиции, свои собственные наработки, методы, опыт, ноу-хау. И Пермское отделение Научного Совета РАН не является исключением. Его опыт, наработки и инструменты могут быть применены для создания интеллектуальных систем, предназначенных для оптимизации подготовки спортсменов, для разработки рекомендаций, учитывающих их индивидуальные параметры и особенности, которые человеческому глазу не заметны.

Необходимо отметить, что в Перми выполняются теоретические исследования, направленные на познание самой природы человеческого мышления с целью развития методологической и инструментальной баз искусственного интеллекта. Так, в работе [32] предложена модификация генетического алгоритма, расширяющая дарвиновское учение путем добавления факторов, действующих в социальной сфере – самосовершенствованием особей. В работе [43] предложен нейросетевой алгоритм выявления выбросов статистической информации. В работе [22] рассмотрены вопросы выбора оптимального количества обучающих примеров в задачах распознавания образов. В работах [13, 14] предложен метод повышения точности нейросетевых моделей путем удалением примеров из обучающего множества, выпадающих из общей закономерности. В работе [57] введено понятие и продемонстрировано на примере проявление свойства интуиции нейронных сетей.

В Перми созданы основы теории эмоциональных роботов [34-36]. Делаются попытки решения проблемы невербальности нейронных сетей [46], исследования границ их применимости [44], делаются прогнозы и обсуждаются вопросы прогнозирования будущего искусственного интеллекта [67, 83]. Делаются доклады и публикуются статьи, защищающие

приоритет Советской и Российской науки в области искусственного интеллекта [59, 76].

Немалый прогресс достигнут в разработке методики преподавания искусственного интеллекта в системе высшего образования. До 2000 г. из всех пермских вузов искусственный интеллект преподавался только в одном – на механико-математическом факультете Пермского государственного университета. Теперь методы построения интеллектуальных информационных систем изучаются практически во всех пермских вузах. Разработан лабораторный практикум ([www.PermAi.ru](http://www.PermAi.ru)), выпущены учебные пособия и учебники [57, 68], которыми пользуются студенты и преподаватели во многих городах России.

Цель одного из наших последних проектов – сделать изучение искусственного интеллекта доступным не только для студентов, но и для школьников [39]. С этой целью совместно с Издательством «БИНОМ. Лаборатория знаний» (Москва) создан элективный учебно-методический комплекс (<http://gazeta.lbz.ru/2012/1/1nomer.pdf>), предназначенный для преподавания искусственного интеллекта в старших классах общеобразовательных школ [69, 89].

Со временем проект создания научной школы искусственного интеллекта в Перми стал по-настоящему междисциплинарным. В его выполнение были вовлечены практически все пермские вузы и многие IT-фирмы, среди которых Российский государственный университет туризма и сервиса, Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А.Вагнера, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Группа компаний «Информационно-вычислительные системы», Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет. Отсюда и разнообразие практических применений методов искусственного интеллекта. Благодаря такому сотрудничеству представители Пермской научной школы искусственного интеллекта имеют определенный приоритет. Они в числе первых продемонстрировали возможности применения методов искусственного интеллекта в таких областях как промышленность, экономика, политология, психология, педагогика, гигиена, спорт, криминалистика, экология, медицина.

Представители Пермской научной школы искусственного интеллекта:

- **первыми** применили методы искусственного интеллекта для решения краевых задач математической физики, выполнив прочностные расчеты ряда инженерных конструкций ответственного назначения (промышленность, 1973г.) [56, 75, 77, 78];

- **одними из первых** показали возможность применения нейронных сетей для диагностики авиационных двигателей, продемонстрировав свойство интуиции нейронных сетей (промышленность, психология, 2005г.) [57, 68];

- **первыми в России** создали нейросетевую систему оценки стоимости городских квартир и показали эффективность нейросетевых технологий для анализа рынка недвижимости (экономика, 2008г.) [53], в т.ч., с учетом меняющихся макроэкономических факторов (экономика, 2017г. [1, 92, 93];

- **одними из первых** применили аппарат нейросетевого моделирования для прогнозирования и предотвращения банкротства российских банков (экономика, бизнес, 2014г.) [74];

- **первыми** создали нейросетевую систему выявления предрасположенности подростков к наркомании, способную давать рекомендации по снижению этой зависимости (психология, 2015г.) [60];

- **первыми** показали возможность применения нейросетей в следственной практике для выявления серийных маньяков-убийц (криминалистика, 2015г.) [55];

- **одними из первых** показали возможность применения нейросетей для прогнозирования результатов спортивных состязаний и разработки рекомендаций по улучшению показателей спортсменов и спортивных команд (спорт, 2014) [51, 58, 70];

- **первыми** создали нейросетевой детектор лжи и показали его эффективность (психология, криминалистика, 2010г.) [80, 81, 84, 85];

- **первыми** создали и внедрили интеллектуальную систему оценки акмеологического потенциала студентов, способную прогнозировать их будущую успешность и подбирать наиболее оптимальные траектории обучения (психология, педагогика, 2014г.) [74];

- **первыми** создали основы математической теории эмоциональных роботов (психология, кибернетика, 2009г.) [34-36];

- **первыми** создали интеллектуальную медицинскую систему, способную не только ставить диагнозы заболеваний, но и прогнозировать их появление и развитие во времени, а также подбирать оптимальные курсы лечения и профилактики заболеваний (медицина, 2005) [57, 63-65, 100-102];

- **первыми** создали и внедрили в инструктивные материалы Роспотребнадзора интеллектуальную систему, позволяющую воздействовать на здоровье населения России посредством влияния на экологическую обстановку ее регионов (экология, гигиена, здравоохранение, 2010г.) [61, 66].

- **одними из первых** применили нейронные сети для прогнозирования результатов голосований и разработке рекомендаций по улучшению рейтинга политических деятелей (политология, 2008г.) [79, 90];

- **одними из первых** применили нейронные сети для прогнозирования и оптимизации кассовых сборов кинофильмов (кинематография, бизнес, 2017г.) [52].

- **одними из первых** применили нейронные сети для распознавания старопечатных текстов (лингвистика, 2011г.) [30];

- **первыми** применили нейронные сети для выявления способностей человека к бизнесу [82], к руководящей и научной деятельности [68] и показали возможность разработки на этой основе рекомендаций по усилению этих способностей (психология, 2010г.).

- **первыми** показали возможность применения нейронных сетей для подбора наиболее подходящих для клиента туристических маршрутов (туризм, 2010г.) [54].

- и т.д.

Многие из вышеназванных тем в наше время уже не кажутся новыми. Они активно продолжаются и развиваются другими исследователями.

С 2010 года на кафедре «Вычислительная математика и механика» ПНИПУ под руководством профессоров В.Ю.Столбова, М.Б.Гитмана и доцента А.В.Клюева ведутся научные разработки в области теории искусственного интеллекта и его приложений. Здесь следует отметить работы, посвященные применению методов компьютерного зрения для решения задач сегментации сложных объектов по их цифровым фотографиям. Разработаны алгоритмы визуализации границ зёрен, применяемые при решении задач сегментации сложных зёренных структур металлических сплавов и идентификации их параметров. Для вычисления градиента яркости в изображении при нахождении границ используется нелинейный оператор Ли и Харалика, который по сравнению с линейными методами Собеля, Прюитта и другими проявляет низкую чувствительность к шуму, что позволяет добиться наилучшей точности и производительности обработки фотографий микрошлифов [28, 47-50, 98, 99]. Предложен гибридный метод распознавания контуров на DICOM-изображении, включающий три основных этапа: размытие, выделение границ и сохранение границ. Данный подход был использован при решении задачи выделения границ печени человека, где условия работы были наиболее сложными ввиду наличия малоразличимых градаций серого на снимках и сильной неоднородности границ контуров распознаваемых объектов. Хотя многие известные методы выделения границ основываются на вычислении градиента изображения, они отличаются типами фильтров, применяемых для вычисления градиентов в различном направлении. Предлагаемый авторами подход использует несколько уже существующих методов выделения границ с определенными параметрами поиска контуров для достижения более точного результата распознавания DICOM-изображения [24, 25]. При этом обоснована наилучшая комбинация применяемых методов для решения задачи распознавания контура печени человека по DICOM-изображению.

В последние годы сотрудниками кафедры разрабатываются алгоритмы решения интеллектуальных задач на основе нейросетевых технологий. Предложены алгоритмы решения задач сегментации и классификации сложных объектов с помощью сверточных нейросетей глубокого обучения. Рассмотрены вопросы влияния данных обучающего множества на точность решения задач, исследованы различные архитектуры нейросетей и их возможности при решении задач в различных предметных областях [22, 40, 96, 97].

Отдельно можно рассмотреть работы сотрудников кафедры, посвященные методам решения интеллектуальных задач в области управления сложными социально-техническими системами. Предложены

методы комплексного оценивания эксплуатационных свойств функциональных материалов на основе теории нечетких множеств [27, 94, 95] и принятия коллективных решений в условиях неопределенности в производственных системах [3, 4]. Разработаны экспертные системы поддержки принятия решений в образовательных системах, основанные на мультиагентных технологиях [19] и генетических алгоритмах [45], а также при оценивании инновационных проектов на основе фреймовой модели представления знаний [95].

В 2018 году в Пермском национальном исследовательском политехническом университете под председательством профессора В.Ю. Столбова открыт диссертационный совет по специальностям: 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации; 05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах. Совет ориентируется на кандидатские и докторские диссертации, преимущественно направленные на развитие и применение методов искусственного интеллекта.

Благодарности. Статья подготовлена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований: грант 19-010-00307.

#### **Библиографический список**

1. Алексеев А.О., Харитонов В.А., Ясницкий В.Л. Разработка концепции комплексного нейросетевого моделирования процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2018. Т. 8. № 1 (24). С. 11–22.
2. Бондарь В.В., Малинин Н.А., Ясницкий Л.Н. Нейросетевой прогноз потребления электроэнергии, анализ значащих факторов и разработка полезных рекомендаций // Вестник Пермского университета. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2006. № 4. С. 10–17.
3. Вожаков А.В., Гитман М.Б., Столбов В.Ю. Модели принятия коллективных решений в производственных системах // Управление большими системами. 2015. Выпуск 58. С.161-17.
4. Вожаков А.В., Гитман М.Б., Столбов В.Ю. Алгоритм принятия управленческих решений на базе ситуационного центра промышленного предприятия // Автоматизация в промышленности. 2014. № 8. С.8-12
5. Гладкий С.Л. Развитие и применение метода фиктивных канонических областей // Дисс... канд. физ.-мат. наук. Пермь, 2007.
6. Гладкий С.Л., Семенова А.В., Степанов Н.А., Ясницкий Л.Н. Компьютерное моделирование и оптимизация процесса получения искусственно-керамических покрытий // Вестник Пермского государственного технического университета. Динамика и прочность машин. 2005. № 5. С.142–149.
7. Гладкий С.Л., Степанов Н.А., Ясницкий Л.Н. Интеллектуальное моделирование физических проблем. М.-Ижевск: НИЦ Регулярная и хаотическая динамика, 2006. 200 с.

8. Гладкий С.Л., Таланцев Н.Ф., Ясницкий Л.Н. Верификация численных расчетов методом фиктивных канонических областей // Вестник Пермского университета. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2006. № 4. С.18–27.
9. Гладкий С.Л., Тарунин Е.Л., Ясницкий Л.Н. Применение метода фиктивных канонических областей в задачах электростатики // Вестник Пермского университета. Сер. Физика. 2011. № 3. С. 96–102.
10. Гладкий С.Л., Ясницкий Л.Н. Об оценке погрешности метода фиктивных канонических областей // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. 2002. № 6. С. 69–75.
11. Гладкий С.Л., Ясницкий Л.Н. Решение трехмерных задач теплопроводности методом фиктивных канонических областей // Вестник Пермского университета. Сер. Математика. Механика. Информатика. 2011. № 5. С. 41–45.
12. Горчаков А.И., Семенова А.В., Сыроватская Ю.В., Щербаков Ю.В., Ясницкий Л.Н. Влияние геометрических параметров микродугового оксидирования на равномерность покрытий, формируемых на алюминиевых сплавах // Физика и химия обработки материалов. 2004. № 1. С. 43–47.
13. Гусев А.Л. Выбор информационного пространства для построения нейронной сети, как модели управления, в условиях зашумленных и неполных данных // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2011. № 7. С. 55–57.
14. Гусев А.Л., Окунев А.А. Методы сжатия информационного пространства при прогнозировании в условиях неполноты информации // В книге: Нейрокомпьютеры и их применение Тезисы докладов. 2017. С. 190–191.
15. Гусев А.Л., Черепанов Ф.М., Ясницкий Л.Н. Функциональная предобработка входных сигналов нейронной сети // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2013. № 5. С. 19–21.
16. Девингталь Ю.В. Об оптимальном кодировании объектов при классификации их методами распознавания образов // Известия Российской академии наук. Техническая кибернетика. 1968. № 1. С. 162–168.
17. Девингталь Ю.В. Кодирование объектов при использовании разделяющей гиперплоскости для их классификации // Известия Российской академии наук. Техническая кибернетика. 1976. Вып. 1. С. 68–72.
18. Добрынин Г.Ф., Ясницкий Л.Н. Прочностные расчеты изоляторов // Стекло и керамика. 1994. № 7. С. 40–43.
19. Закирова Э.А., Столбов В.Ю. Мультиагентная система поддержки принятия решений при отборе студентов в магистратуру вуза // Системы управления и информационные технологии. 2014. №1.1.(55) С.146-151.

20. Зибатова А.Н., Петров А.М., Сичинава З.И., Сошников А.П., Ясницкий Л.Н. Интеллектуальный полиграф // Российский полиграф. 2006. № 1. С. 76-83.
21. Истомина Д.А., Гитман М.Б., Трефилов В.А. Фреймовая модель представления знаний для методик оценивания инновационных проектов // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2018. №2. С. 12-22.
22. Каракулов И.В., Ключев А.В. Влияние размеров объекта обучающей выборки на качество сегментации методами искусственного интеллекта // Прикладная математика и вопросы управления. 2018. №3. С.89-99
23. Кирко И.М., Терровере В.Р., Ясницкий Л.Н. Новая оптимальная форма маховичного накопителя // Доклады Академии наук СССР. Техническая физика. 1989. Т. 307, № 6. С. 1373–1375.
24. Клестов Р.А., Столбов В.Ю. Гибридный метод распознавания контуров на изображении на основе технологий компьютерного зрения // Труды 27-й Международной конференции по компьютерной графике и машинному зрению «Графикон-2017» (Пермь, 24-28 сентября 2017 г.) / Пермь: Изд-во ПГНИУ. 2017. С.208-211.
25. Клестов Р.А., Столбов В.Ю. Разработка прототипа автоматизированной системы поддержки принятия решений при поиске контуров на изображениях формата DICOM // Материалы 11-й Всероссийской школы-конференции молодых ученых «УБС-2017» (Пермь, 4-8 сентября 2017 г.) / Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2017. С. 599-607.
26. Клименко И.П., Ясницкий Л.Н. К расчету деформированного состояния втулки плунжерной пары методом фиктивных канонических областей // Известия вузов. Машиностроение. 1991. № 4–6. С. 32–34.
27. Ключев А.В., Гитман М.Б., Столбов В.Ю. Об одном подходе к решению задачи дискриминантного анализа микроструктур функциональных материалов по комплексу физико-механических характеристик // Прикладная математика и вопросы управления 2016. №4. С.63-85.
28. Ключев А.В., Столбов В.Ю., Шарыбин С.И. Визуализация сложных зеренных структур металлов и сплавов при идентификации их параметров // Научная визуализация. 2016. Т.8. №3. С. 95-101.
29. Конев С.В., Сичинава З.И., Ясницкий Л.Н. Применение нейросетевых технологий для диагностики неисправностей авиационных двигателей. Вестник Пермского университета. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2005. № 2 (2). С. 43–47.
30. Корниенко С.И., Айдаров Ю.Р., Гагарина Д.А., Черепанов Ф.М., Ясницкий Л.Н. Программный комплекс для распознавания рукописных и старопечатных текстов // Информационные ресурсы России. 2011. № 1 (119). С. 35–37.
31. Левченко Е.В., Митрофанов И.А., Ясницкий Л.Н. Нейросетевое моделирование феномена депрессии // В сборнике: Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических



- проблем XXI века. Сборник статей по материалам Третьей всероссийской научно-практической конференции, С. 139-143.
32. Мурашов Д.И., Ясницкий Л.Н. Социальный генетический алгоритм // Вестник Пермского университета. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2006. № 4 (4). С. 53–60.
  33. Нейросимулятор 5.0 : Свидетельство Роспатент о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014618208 от 12.07.2014 г. / Черепанов Ф.М., Ясницкий Л.Н. (РФ).
  34. Пенский О.Г., Зонова П.О., Муравьев А.Н. и др. Гипотезы и алгоритмы математической теории исчисления эмоций: монография. Пермь: Перм. гос. ун-т, 2009. 152 с.
  35. Пенский О.Г. Математические модели эмоциональных роботов: монография. Пермь: Перм. гос. ун-т, 2010. 192 с.
  36. Пенский О.Г., Черников К.В. Основы математической теории эмоциональных роботов // Монография / Перм. Гос. Ун-т. Пермь, 2010. 256с
  37. Петров А.М., Ясницкий Л.Н. Возможности создания нейросетевого полиграфа. Вестник Пермского университета. Сер. Математика. Механика. Информатика. 2005. № 2. С. 43–47.
  38. Посохина К.А., Русаков С.В. Отбор информативных признаков, влияющих на отчисление студентов механико-математического факультета // В сборнике: Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века. 2018. С. 184-188.
  39. Семакин И.Г., Ясницкий Л.Н. Искусственный интеллект и школьный курс информатики // Информатика и образование. 2010. № 9. С. 48–54.
  40. Столбов В.Ю., Ключев А.В., Аристов Г.В. Распознавание микроструктуры материалов с применением сверточных нейросетей // В сборнике: Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века. Пермь: Изд-во ПГНИУ, 2016. С. 166-171.
  41. Тимошенко А.С., Ясницкий Л.Н. Препроцессинг, построение и выбор оптимальных нейросетевых моделей в прогнозировании временных рядов // Автоматизация и современные технологии. 2010. № 6. С. 16–22
  42. Томилов В.А., Клименко И.П., Ясницкий Л.Н. Стабилизация величины зазора плунжерной пары за счет упругих деформаций плунжера // Проблемы машиностроения и надежности машин. 1994. № 4. С. 109–113.
  43. Черепанов Ф.М., Ясницкий Л.Н. Нейросетевой фильтр для исключения выбросов в статистической информации // Вестник Пермского университета. Сер. Математика. Механика. Информатика. 2008. № 4. С. 151–155.
  44. Чечулин В.Л., Ясницкий Л.Н. Некоторые ограничения алгоритмически реализуемых нейронных сетей // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2010. № 12. С. 3–6.

45. Чугунов А.П., Столбов В.Ю. Применение генетического алгоритма для решения задачи построения индивидуальных учебных планов в условиях сетевого взаимодействия вузов // Системы управления и информационные технологии. 2016. № 4. С.101-106.
46. Чуприна С.И., Гадиатулин Р. Rule-Mining: подход к автоматизированному извлечению онтологий // Proc. of the XIII-th International Conference «Knowledge-Dialogue-Solution» (KDS 2007), June 17–25, 2007, Varna (Bulgaria). Sofia, С. 445–451.
47. Шарыбин С.И., Ключев А.В., Столбов В.Ю. Сравнение методов распознавания образов в задачах поиска характерных зеренных микроструктур на фотографиях шлифов металлов и сплавов // Изв. вузов. Черная металлургия. 2012. № 9. С. 49-53.
48. Шарыбин С.И., Столбов В.Ю., Гитман М.Б., Барышников М.В. Разработка интеллектуальной системы распознавания сложных микроструктур на шлифах металлов и сплавов // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2014. №.12 С.50-56.
49. Шарыбин С.И., Столбов В.Ю. Об одном подходе к решению задач анализа и классификации сложных микроструктур на шлифах металлов и сплавов // Прикладная математика и вопросы управления. – 2015. – №1. –С.89-99.
50. Шарыбин С.И., Столбов В.Ю. Система распознавания сложных мезоструктур металлов и сплавов // В сборнике: XII Всероссийское совещание по проблемам управления (ВСПУ-2014, ИПУ РАН, Москва). М.: ИПУ РАН, 2014. С.8489-8497
51. Ясницкий Л.Н., Абрамова Ю.С., Бабушкина С.Д. Возможности получения рекомендаций по улучшению результативности сборных команд, готовящихся к участию в чемпионате Европы по футболу евро-2016 методом нейросетевого моделирования // Вестник спортивной науки. 2015. № 5. С. 15-20.
52. Ясницкий Л.Н., Белобородова Н.О., Медведева Е.Ю. Методика нейросетевого прогнозирования кассовых сборов кинофильмов // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2017. Т. 10. № 4 (334). С. 449-463.
53. Ясницкий Л.Н., Бондарь В.В., Полещук А.Н., Федорищев И.Ф., Черепанов Ф.М. и др. Пермская научная школа искусственного интеллекта и ее инновационные проекты. 2-е изд. М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2008. 75 с.
54. Ясницкий Л.Н., Бржевальская А.С., Черепанов Ф.М. О возможностях применения методов искусственного интеллекта в сфере туризма // Сервис plus. 2010. № 4. С. 111–115.
55. Ясницкий Л.Н., Ваулева С.В., Сафонова Д.Н., Черепанов Ф.М. Использование методов искусственного интеллекта в изучении личности серийных убийц // Криминологический журнал Байкальского государственного университета экономики и права. 2015. Т. 9. № 3. С. 423-430.

56. Ясницкий Л.Н. Введение в искусственный интеллект. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2001. 143 с.
57. Ясницкий Л.Н. Введение в искусственный интеллект. М.: Изд. центр «Академия», 2005. 176 с.
58. Ясницкий Л.Н., Внукова О.В., Черепанов Ф.М. Прогноз результатов олимпиады-2014 в мужском одиночном фигурном катании методами искусственного интеллекта // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1; URL: <http://www.science-education.ru/115-11339> (дата обращения: 25.12.2013).
59. Ясницкий Л.Н. Гильберт, Колмогоров, Арнольд, искусственный интеллект и современный кризис прикладной математики (К 70-летию со дня рождения В.И.Арнольда) // Вопросы искусственного интеллекта. 2008. № 1. С. 77–80.
60. Ясницкий Л.Н., Грацилёв В.И., Куляшова Ю.С., Черепанов Ф.М. Возможности моделирования предрасположенности к наркозависимости методами искусственного интеллекта // Вестник Пермского университета. Философия. Психология. Социология. 2015. № 1 (21). С. 61-73.
61. Ясницкий Л.Н., Гусев А.Л., Шур П.З. О возможностях применения нейросетевого математического моделирования для выявления целесообразных действий Роспотребнадзора // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2010. № 3. С. 49–53.
62. Ясницкий Л.Н., Данилевич Т.В. Современные проблемы науки. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. 294 с.
63. Ясницкий Л.Н., Думлер А.А., Богданов К.В., Полещук А.Н., Черепанов Ф.М., Макурина Т.В., Чугайнов С.В. Диагностика и прогнозирование течения заболеваний сердечно-сосудистой системы на основе нейронных сетей // Медицинская техника. 2013. № 3. С. 42–44.
64. Ясницкий Л.Н., Думлер А.А., Полещук А.Н., Богданов К.В., Черепанов Ф.М. Нейросетевая система экспресс-диагностики сердечно-сосудистых заболеваний // Пермский медицинский журнал. 2011. № 4. С. 77–86.
65. Ясницкий Л.Н., Думлер А.А., Черепанов Ф.М. Новые возможности применения методов искусственного интеллекта для моделирования появления и развития заболеваний и оптимизации их профилактики и лечения // Терапия. 2018. № 1 (19). С. 109–118.
66. Ясницкий Л.Н., Зайцева Н.В., Гусев А.Л., Шур П.З. Нейросетевая модель региона для выбора управляющих воздействий в области обеспечения гигиенической безопасности // Информатика и системы управления. 2011. № 3 (29). С. 51–59.
67. Ясницкий Л.Н. Интеллектуальные информационные технологии и системы / Перм. ун-т. Пермь, 2007. 271 с.
68. Ясницкий Л.Н. Интеллектуальные системы : учебник. М.: Лаборатория знаний, 2016. 221 с.

69. Ясницкий Л.Н. Искусственный интеллект. Элективный курс: учеб. пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 240 с.
70. Ясницкий Л.Н., Киросова А.В., Ратегова А.В., Черепанов Ф.М. Методика нейросетевого прогнозирования результатов спортивных состязаний на примере чемпионата мира-2015 по легкой атлетике // Вестник Пермского университета. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2014. № 3 (26). С. 90-97.
71. Ясницкий Л.Н. К расчету напряженного состояния эллипсоидальной оболочки постоянной и переменной толщины на основе решений теории упругости для сферических областей // Прикладная механика. 1989. Т. 25. № 6. С. 111–114.
72. Ясницкий Л.Н. Композиция расчетной области в методе фиктивных канонических областей // Известия Академии наук СССР. Механика твердого тела. 1990. № 6. С. 168–172.
73. Ясницкий Л.Н., Кузнецов А.Г., Селезнева С.М., Солохина А.Д., Тюлькина Д.В., Черепанов Ф.М. Применение нейросетевых технологий в изучении акмеологического потенциала студентов вуза // Вестник Пермского университета. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2014. № 4 (27). С. 120-126.
74. Ясницкий Л.Н., Иванов Д.В., Липатова Е.В. Нейросетевая система оценки вероятности банкротства банков // Бизнес-информатика. 2014. № 3. С. 49-56.
75. Ясницкий Л.Н. Метод фиктивных канонических областей в механике сплошных сред. М.: Наука, ФИЗМАТЛИТ, 1992. 128 с.
76. Ясницкий Л.Н. О приоритете Советской науки в области нейроинформатики. В память о профессоре Александре Ивановиче Галушкине // Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века. Сборник статей по материалам Второй всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 8-11.
77. Ясницкий Л.Н. Обзор работ по развитию и применению метода фиктивных канонических областей в научных и инженерных проблемах // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 4; URL: <http://www.science-education.ru/104-6786> (дата обращения: 27.07.2012).
78. Ясницкий Л.Н. Об одном способе решения задач теории гармонических функций и линейной теории упругости // Прочностные и гидравлические характеристики машин и конструкций. 1973. С. 78–83.
79. Ясницкий Л.Н. О возможностях применения методов искусственного интеллекта в политологии // Вестник Пермского университета. Серия: Политология. 2008. № 2 (4). С. 147–155.
80. Ясницкий Л.Н., Петров А.М., Сичинава З.И. Сравнительный анализ алгоритмов нейросетевого детектирования лжи // Известия высших

- учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2010. № 1 (13). С. 64–72.
81. Ясницкий Л.Н., Петров А.М., Сичинава З.И. Технологии построения детектора лжи на основе аппарата искусственных нейронных сетей // Информационные технологии. 2010. № 11. С. 66–70.
82. Ясницкий Л.Н., Порошина А.М., Тавафиев А.Ф. Цвет глаз предпринимателя и успешность бизнеса. Нейросетевые технологии как инструмент для прогнозирования успешности предпринимательской деятельности // Российское предпринимательство. 2010. № 4-2. С. 8–13.
83. Ясницкий Л.Н. Поучительное прошлое, блестящее настоящее и сомнительное будущее искусственного интеллекта // В сборнике: Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века. 2018. С. 9-13.
84. Ясницкий Л.Н., Сичинава З.И. Нейросетевые алгоритмы анализа поведения респондентов // Нейрокомпьютеры: разработка и применение. 2011. № 10. С. 59–64.
85. Ясницкий Л.Н., Сичинава З.И., Черепанов Ф.М. Нейросетевой детектор лжи: принципы построения и опыт разработки. Saarbrücken (Germany): LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG., 2012. 115 p.
86. Ясницкий Л.Н. Современный кризис прикладной математики и перспективы его преодоления // Вестник Пермского университета. Сер. Математика. Механика. Информатика. 2007. № 7. С. 192–197.
87. Ясницкий Л.Н. Суперпозиция базисных решений в методах типа Треффтца // Известия Академии наук СССР. Механика твердого тела. 1989. № 2. С. 95–101.
88. Ясницкий Л.Н. Удержаться «на плечах гигантов» (вводная статья) // Тр. семинара «Компьютерные методы в механике сплошной среды». 2006–2007 гг. / под ред. А.Л.Смирнова, Е.Ф.Жигалко. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2008. С. 3–15.
89. Ясницкий Л.Н., Черепанов Ф.М. Искусственный интеллект. Элективный курс: Методическое пособие по преподаванию. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 216 с.
90. Ясницкий Л.Н., Черепанов Ф.М. О возможностях применения нейросетевых технологий в политологии // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2010. № 8. С. 47–53.
91. Ясницкий Л.Н., Черепанов Ф.М. Применение нейросетевых технологий в политологии (Вводная статья) // Нейрокомпьютерная парадигма и общество / под ред. Ю.Ю.Петрунина. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2012. С. 13–25.
92. Ясницкий Л.Н., Ясницкий В.Л. Разработка и применение комплексных нейросетевых моделей массовой оценки и прогнозирования стоимости жилых объектов на примере рынков недвижимости Екатеринбурга и Перми // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2017. № 3(186). С. 68-84.

93. Alexeev A.O., Alexeeva I.E., Yasnitsky L.N., Yasnitsky V.L. Self-adaptive Intelligent System for Mass Evaluation of Real Estate Market in Cities // *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2019. Vol 850. Pp. 81-87.
94. Gitman M. B., Kluev A.V. and Stolbov V. Yu. Complex estimation of strength properties of functional materials on the basis of the analysis of parameters of grain-phase structure// *Strength of Materials*, Vol. 48, No. 6, July, 2016. Pp. 242-247.
95. Gitman I.M., Klyuev A.V., Gitman M.B. and Stolbov V.Yu. Multi-scale Approach for Strength Properties Estimation in Functional Materials // *ZAMM Zeitschrift fur Angewandte Mathematik und Mechanik*, 2018. Vol.98 No.6. Pp. 945-953.
96. Klestov R., Klyuev A., Stolbov V. About some approaches to problem of metals and alloys microstructures classification based on neural network technologies // *Advances in Engineering Research (AER)*. 2018. Vol. 157. Pp. 292-296.
97. Klyuev A., Klestov R., Bartolomey M., Rogozhnikov A. Recommendation System for Material Scientists Based on Deep learn Neural Network // *AISC*. 2018. Vol. 850. Pp. 224-231.
98. Sharybin S.I., Klyuev A.V., Stolbov V.Yu. Complex grain structure of metals and alloys // *Steel in translation*. Vol. 43. No 5. May 2013. Pp. 245-248.
99. Stolbov V.Yu., Gitman M.B. Sharybin S.L. Application of intelligent technology in functional materials quality assurance // *Materials Science Forum*. Vol. 870. 2016. Pp. 717-724.
100. Yasnitsky L.N., Bogdanov K.V., Cherepanov F.M., Makurina T.V., Dumler A.A., Chugaynov S.V., Poleschuk A.N. Diagnosis and Prognosis of Cardiovascular Diseases on the Basis of Neural Networks // *Biomedical Engineering*. 2013. T. 47. № 3. C. 160–163.
101. Yasnitsky L.N., Dumler A.A., Cherepanov F.M. The Capabilities of Artificial Intelligence to Simulate the Emergence and Development of Diseases, Optimize Prevention and Treatment Thereof, and Identify New Medical Knowledge // *Journal of Pharmaceutical Science and Research*. 2018. Vol. 10(9). Pp. 2192-2200.
102. Yasnitsky L.N., Dumler A.A., Poleshuk A.N., Bogdanov C.V., Cherepanov F.M. Artificial neural networks for obtaining new medical knowledge: diagnostics and prediction of cardiovascular disease progression // *Biology and Medicine*. 2015. T. 7. № 2. C. BM-095-15.
103. Yasnitsky L.N. Fictitious canonic regions method and boundary elements method // *Boundary Elements Communications*. 1995. V. 6. № 2. P. 62–63.
104. Yasnitsky L.N. Fictitious canonic regions method. Southampton-Boston: Computational Mechanics Publications, 1994. 120 p.
105. Yasnitsky L.N. The possibilities of error estimation in the boundary element type methods // *Boundary Elements Communications*. 1994. V. 5. № 4. P.181–182.

## **ON THE SCIENTIFIC PRIORITY OF THE PERM SCIENTISTS IN THE FIELD OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

Yasnitsky Leonid N.  
Perm State University  
Str. Bukireva, 15, Perm, Russia, 614990, yasn@psu.ru

The review covers the work of Perm scientists, which develop and apply the methods of artificial intelligence in the classical sense: modeling human intellectual activity by simulating natural mechanisms. These are expert systems, genetic algorithms, neural networks, fuzzy mathematics. The scientific priority of Perm scientists in the development of theoretical foundations and practical applications of artificial intelligence is noted.

**Keywords:** artificial intelligence, neural network, expert system, genetic algorithm, theory, practice, modeling, forecasting, optimization, recognition, data processing, knowledge extraction.