

директор  
ФИЦ ИУ РАН  
Соколов И.А.

21.11.2017г.



ведущей организации на диссертационную работу Иванова Ильи Андреевича «Проектирование нейросетевых систем глубинного обучения эволюционными алгоритмами для задачи человеко-машинного взаимодействия», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (космические и информационные технологии)».

Также в работе рассмотрена проблема создания универсальных эволюционных алгоритмов многокритериальной оптимизации, не требующих тонкой настройки параметров.

Все вышеперечисленные проблемы важны с научно-технической точки зрения и исследуются множеством авторов, работающих в русле темы данной диссертации, что является основанием актуальности выбранной темы.

**Основные научные результаты и их значимость для науки и производства.** Автором диссертации достигнуты следующие научные результаты: разработан коэволюционный алгоритм многокритериальной оптимизации, предложен многокритериальный подход к отбору признаков и проектированию ансамбля нейросетевых классификаторов, разработан гибридный алгоритм обучения конволюционной нейронной сети, предложен подход к слиянию аудио- и видеоинформации на уровне данных и классификаторов, разработан обобщенный метод решения задач классификации с входными аудио-видеоданными.

Статистический анализ результатов численных экспериментов по тестированию разработанного коэволюционного алгоритма многокритериальной оптимизации привнесли новые данные об эффективности совместного применения различных стратегий поиска при решении задач многокритериальной оптимизации.

Были получены новые знания о способах отбора признаков и проектировании ансамбля субоптимальных нейронных сетей на основе многокритериального подхода.

При тестировании гибридного алгоритма обучения конволюционной нейронной сети было выявлено, что он превосходит по эффективности алгоритм обратного распространения ошибки и генетический алгоритм оптимизации, работающие по отдельности.

В составе обобщенного метода решения задач классификации с входными аудио-видеоданными наибольшую эффективность обеспечил коэволюционный алгоритм многокритериальной оптимизации SelfCOMOGA, а также мета-классификация в качестве метода слияния ансамбля нейронных сетей.

Программные системы, разработанные на основе описанных алгоритмов, были успешно апробированы при решении ряда практических задач машинного обучения, выполненных в рамках грантов и федеральных целевых проектов.

Таким образом, полученные в диссертации результаты имеют высокую значимость для теории и практики системного анализа.

**Объектами исследования** выступают конволюционная нейронная сеть, нейронная сеть прямого распространения и эволюционные алгоритмы оптимизации.

**Предметом исследования** выступает оценка эффективности проектирования нейросетевых систем глубинного обучения и нейронных сетей прямого распространения эволюционными алгоритмами для решения задачи человеко-машинного взаимодействия.

**Цель диссертационной работы** – совершенствование методов проектирования нейросетевых систем глубинного и машинного обучения.

**Научная новизна** диссертационной работы включает в себя разработанный автором коэволюционный алгоритм многокритериальной оптимизации, многокритериальный подход к отбору признаков и проектированию ансамбля нейросетевых классификаторов, гибридный алгоритм обучения конволюционной нейронной сети, обобщенный метод решения задач классификации с входными аудио-видеоданными.

**Теоретическая значимость** заключается в разработке и исследовании новых алгоритмов оптимизации и классификации, в выводах относительно эффективности их работы применительно к различным практическим задачам.

**Практическая значимость** работы заключается в следующем:

1) разработаны программные системы, включающие реализацию эволюционных алгоритмов однокритериальной и многокритериальной оптимизации, многокритериального подхода к отбору признаков и проектированию ансамбля нейронных сетей, конволюционной нейронной сети с гибридным алгоритмом обучения, обобщенного метода решения задач классификации с входными аудио-видеоданными;

2) разработанные программные системы протестированы на наборе задач классификации, проведено сравнение их эффективности;

3) получены свидетельства о регистрации программных систем в Роспатент.

**Публикации.** Основные результаты, представленные в диссертационной работе, опубликованы в 13 научных статьях, среди которых 5 работ опубликованы в журналах из Перечня ВАК РФ, 3 работы – в изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science.

**Апробация результатов.** Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на Всероссийских и международных научно-практических конференциях, среди которых:

1) Пятая международная конференция «Системный анализ и информационные технологии» (САИТ, Красноярск, 2013);

2) 11th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO, Вена, Австрия, 2014);

3) 12th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO, Колмар, Франция, 2015);

4) IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI, Кейптаун, ЮАР, 2015);

5) International Workshop on Mathematical Models and its Applications (IWMMA, Красноярск, 2015);

6) XV Международная научная конференция бакалавров, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь. Общество. Современная наука, техника и инновации» (Красноярск, 2016).

## **Обзор диссертационной работы.**

*Во введении* обоснована актуальность выбранной темы исследования, сформулированы предмет и объект исследования, цель и задачи работы, описаны методы исследования, научная новизна полученных результатов и основные защищаемые положения диссертации.

*В первой главе* диссертации выполнен системный анализ проблемы применения методов машинного обучения и оптимизации в задачах человеко-машинного взаимодействия. Проведен обзор современных методов оптимизации и машинного обучения. Сформулирована проблема человеко-машинного взаимодействия, описано одно из направлений ее решения в виде создания диалоговых систем, способных вести интеллектуальный диалог с пользователем.

Задача распознавания эмоций человека выделена как одна из наиболее сложных составляющих при создании современных диалоговых систем и выбрана в качестве основной задачи апробации разрабатываемых в диссертации алгоритмов. Приведен обзор основных баз данных, использующихся мировым научным сообществом для решения данной задачи, обоснован выбор базы данных SAVEE для использования в диссертации.

*Во второй главе* приведено описание эволюционных алгоритмов многокритериальной оптимизации с различными механизмами поиска. Предложен новый самоконфигурируемый коэволюционный алгоритм многокритериальной оптимизации, отличительной особенностью которого является способ оценки эффективности коэволюционирующих алгоритмов-компонент.

Разработанный коэволюционный алгоритм протестирован на наборе тестовых задач многокритериальной оптимизации CEC (Congress on Evolutionary Computation). По результатам экспериментов, коэволюционный алгоритм превзошел по метрике эффективности IGD входящие в него алгоритмы-компоненты.

*Третья глава* посвящена проблеме настройки параметров алгоритмов машинного обучения. Предложен новый многокритериальный подход к отбору информативных признаков и проектированию ансамблей нейронных сетей с субоптимальными настройками. В качестве инструмента решения задач многокритериальной оптимизации использованы эволюционные алгоритмы многокритериальной оптимизации, описание которых приведено во 2 главе.

Предложенный подход протестирован на наборе тестовых задач классификации, а также апробирован на задаче распознавания эмоций. В ходе экспериментов было проведено сравнение эффективности различных эволюционных алгоритмов многокритериальной оптимизации,

однокритериальной и многокритериальной постановки задач отбора признаков и оптимизации параметров нейронных сетей, различных способов слияния ансамбля нейронных сетей, а также сравнение с классическими алгоритмами оптимизации.

В четвертой главе описана концепция глубинного обучения, приведено обоснование использования конволюционных нейронных сетей для решения задач анализа изображений. Автором предложен гибридный алгоритм обучения конволюционной нейронной сети, основанный на применении эволюционного алгоритма оптимизации для инициализации весов сети, и дообучения сети с помощью алгоритма обратного распространения ошибки.

В пятой главе описан предложенный автором обобщенный метод решения задач классификации с входными аудио-видеоданными. Данный метод представляет собой синтез алгоритмов оптимизации и классификации, разработанных автором в диссертационной работе.

Обобщенный метод апробирован на задаче распознавания эмоций в дикторозависимой и дикторонезависимой постановке.

**Замечания.** Диссертационная работа содержит ряд недостатков.

1) Предложенный обобщенный метод решения задач классификации с входными аудио-видеоданными апробирован только на задаче распознавания эмоций, отсутствует апробация на других задачах.

2) В многокритериальной постановке проектирования ансамбля нейронных сетей оптимизируемыми критериями выступают точность классификации и количество нейронов сети, при этом не рассмотрены другие возможные критерии оптимальности – быстродействие, объем затрачиваемых вычислительных ресурсов.

3) Рассмотрены три способа объединения нейронных сетей в ансамбль, список данных способов может быть расширен.

4) Помимо аудио-видеоданных в разработанном обобщенном методе в качестве входных данных может быть также использован другой канал информации – невербальная информация, что даже не обсуждается.

5) Отсутствует формальная постановка задачи.

Перечисленные недостатки носят локальный рекомендательный характер и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

**Заключение.** Диссертация Иванова Ильи Андреевича является завершенной научно-исследовательской работой, посвященной решению актуальных научно-технических задач, содержащей новые научные результаты. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Основные результаты диссертации обсуждались на конференциях и семинарах Всероссийского и международного уровня, опубликованы в 13 научных работах, в том числе 5 – в изданиях из Перечня ВАК РФ, 3 – в изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science.

В целом, диссертация написана грамотным научным языком, обладает четкой внутренней структурой и единой системообразующей идеей. Каждая глава содержит содержательное описание полученных результатов и соответствующие выводы. При этом соблюдена хронология изложения материала, при которой каждая следующая глава базируется на результатах, описанных в предыдущих главах. Цель диссертации достигнута, задачи выполнены в полном объеме. Все экспериментальные результаты и выводы диссертации научно обоснованы путем корректного применения методов статистического анализа.

Автореферат правильно и полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа «Проектирование нейросетевых систем глубинного обучения эволюционными алгоритмами для задачи человеко-машинного взаимодействия» соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (космические и информационные технологии)», а ее автор, Иванов Илья Андреевич, достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Диссертация и отзыв на нее заслушаны, обсуждены и одобрены на заседании научно-технического семинара сектора проблем кибернетики ФИЦ ИУ РАН.

На заседании присутствовало 11 человек. Результаты голосования: за – 11, против – 0, воздержавшихся – 0, протокол № 1 от «21» ноября 2017 г.

Председатель семинара,  
заведующий сектором проблем  
кибернетики ФИЦ ИУ РАН  
д-р техн. наук, профессор

 А.И. Дивеев

Дивеев Асхат Ибрагимович  
Почтовый адрес: Россия, 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 42.  
Телефон: +7-905-711-44-27  
e-mail: aidiveev@mail.ru  
Сайт: <http://frccsc.ru/>