

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию  
Боярова Андрея Александровича на тему:  
«Рандомизированный подход к обучению в условиях отсутствия разметки и малого  
количества данных»,  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика

**Актуальность темы диссертационной работы.** Диссертационная работа А. А. Боярова посвящена оцениванию параметров модели при обучении в условиях неразмеченных и мало размеченных данных. Для успешной работы основных алгоритмов машинного обучения с учителем необходима известная модель данных, возможность вычисления градиента для оптимизируемой функции потерь и как можно большее число размеченных тренировочных данных. Данные при этом должны быть прочищены от ошибок разметки. Однако, в реальных задачах эти условия часто бывают не выполнены, что приводит к появлению неопределённостей, которые оказывают эффект на методы оптимизации и приводят к ухудшению качества работы обучаемой модели. Отсутствие заранее известной структуры и разметки данных является источником неопределённостей, для работы с которым необходимо разрабатывать новые подходы кластеризации. Другой вид неопределённостей, связанный с обработкой слабо размеченных данных, возникает в задачах адаптивной классификации по малому количеству примеров. В таких задачах алгоритм должен иметь возможность адаптироваться для работы с новыми классами, не теряя при этом качества работы на старых классах. Исследования таких методов востребованы, так как необходимость в адаптации к новым классам по нескольким примерам возникает во многих прикладных задачах. Таким образом, выбранная тема диссертации является крайне актуальной.

**Основные результаты исследования и их научная новизна.** Работы в области стохастической аппроксимации имеют долгую историю, уходящую в 50-е годы двадцатого века. За это время был получен ряд важных результатов. Однако, исследования методов стохастической аппроксимации в контексте алгоритмов машинного обучения, работающих с неразмеченными и слабо размеченными данными, практически не велись. К основным результатам, обуславливающим научную новизну диссертационной работы, относятся:

- Разработан адаптивный рандомизированный алгоритм стохастической аппроксимации для кластеризации в модели смеси гауссовских распределений. Показана робастность предложенного алгоритма к неизвестным, но ограниченным помехам.
- Предложена модификация описанного выше адаптивного алгоритма кластеризации для смеси гауссовских распределений с разреженными параметрами.

- Разработан метод обучения классификатора по малому количеству размеченных данных на основе стохастической аппроксимации.

Все полученные результаты являются новыми, и для всех разработанных в диссертационном исследовании алгоритмов доказана сходимость получаемых с их помощью оценок. Важным достоинством работы является то, что в отличие от многих исследований автор в разделе 2.1.1 не только сравнивает время работы алгоритмов на конкретных данных, но и приводит и сравнивает оценки их вычислительной сложности.

**Достоверность полученных результатов.** Полученные в диссертационной работе результаты получили необходимое научное обоснование. Все результаты имеют строгое математическое доказательство, выполненное на высоком математическом уровне. Основные положения диссертации прошли апробацию в ходе представления и публикации их на международных и отечественных научных конференциях, в журналах и на семинарах. Полученные в работе результаты использовались в различных научно-исследовательских работах.

**Теоретическая и практическая значимость.** Теоретическая значимость научной работы А. А. Боярова заключается в развитии областей стохастической аппроксимации и оценивания параметров. Основной теоретический вклад состоит в описании общего рандомизированного алгоритма кластеризации в модели смеси гауссовских распределений, его модификации для разреженных параметров, обосновании нового метода обучения по малому количеству данных с помощью подхода стохастической аппроксимации. Практическая значимость диссертационной работы определяется важностью результатов, полученных в ходе её написания. К ним относится разработанный набор прикладных программ, которые показали свою практическую важность в задачах классификации рукописных букв и верификации авторства средневековых манускриптов.

**Замечания к диссертационной работе:**

- Чересчур поверхностное описание стандартных методов кластеризации, которые применяются для смеси гауссовских распределений.
- Необоснованное разделение условий Теоремы 1 на две части: одна часть вынесена в Предположения 1-4, а другая содержится непосредственно в Теореме 1.
- В разделе 3.3.1 не обоснован выбор архитектуры используемой свёрточной нейронной сети.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации, которая представляет собой успешно выполненное научное исследование.

Диссертационная работа Боярова Андрея Александровича на тему «Рандомизированный подход к обучению в условиях отсутствия разметки и малого количества данных» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», а ее автор Бояров Андрей Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09 –

Дискретная математика и математическая кибернетика. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета

Доктор физико-математических наук,  
профессор Санкт-Петербургского  
государственного университета



Косовская Татьяна Матвеевна

10 августа 2020 г