

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет ИТМО»  
(Университет ИТМО)**

Кронверкский пр-т, д. 49,  
Санкт-Петербург, Россия, 197101  
Тел.: (812) 232-97-04 | Факс: (812) 232-23-07  
od@itmo.ru | itmo.ru

28.11.2019 № 4-25/1752



## ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» на диссертационную работу Бахтеева Олега Юрьевича на тему **«Байесовский выбор субоптимальной структуры модели глубокого обучения»**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности **05.13.17 – «Дискретная математика и математическая кибернетика»**

### Актуальность темы

В работе О.Ю. Бахтеева рассматривается байесовский подход к выбору моделей глубокого обучения. Предложен метод описания семейства моделей глубокого обучения. Предложены критерии оптимальности и субоптимальности на основе вероятностных предположений о параметрах и структуре модели. Предложен метод выбора модели нейронной сети на основе вариационного вывода, а также формализован метод получения оценок обоснованности модели на основе запусков нескольких оптимизаций модели. Исследованы различные методы оптимизации гиперпараметров моделей, что позволяет производить оптимизацию параметров и гиперпараметров модели в единой процедуре. Предложена вероятностная модель для параметров и структуры модели. Предложена обобщающая оптимизация моделей глубокого обучения. Доказан ряд теорем о поведении предложенной функции при различных значениях метапараметров. Предлагаемые в работе О.Ю. Бахтеева подходы позволяют решить актуальную проблему выбора оптимальной модели в задачах классификации и регрессии.

## Содержание

Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов и заключения. Во введении приведена актуальность работы, установлены цели и задачи, перечислены основные выносимые на защиту положения, приведен краткий обзор методов исследования, установлена научная новизна, теоретическая и практическая значимость, приведена достоверность результатов, перечислены основные публикации по теме диссертации.

В первой главе введены основные понятия и определения. Рассмотрена задача выбора модели глубокого обучения в виде двухуровневой задачи оптимизации.

Вторая глава посвящена задаче выбора модели при заданной структуре. Рассмотрены методы получения вариационной оценки обоснованности модели. Доказана теорема об энтропии распределения, полученного под действием оптимизации параметров модели.

В третьей главе исследуются методы оптимизации гиперпараметров модели. Произведено сравнение методов оптимизации, основанных на градиентном спуске.

Четвертая глава посвящена выбору структуры модели глубокого обучения. Предложена вероятностная модель параметров и структуры модели глубокого обучения. Предложена параметрическая сложность модели, доказана ее связь с методами прореживания параметров модели на основе плотности вариационного распределения. Предложена обобщающая задача оптимизации, приближающая различные критерии выбора модели глубокого обучения. Рассмотрены свойства оптимизационной задачи при различных значениях метапараметров. Доказано соответствие обобщающей функции выбору структуры и параметров модели байесовскому двусвязному выводу. Рассмотрены асимптотические свойства обобщающей оптимизационной задачи.

В пятой главе приведен анализ предложенных методов на синтетических и реальных данных в сравнении с известными методами.

## Основные результаты и их новизна

В рамках диссертационной работы О.Ю. Бахтева получены следующие новые результаты:

1. Предложены критерии выбора оптимальной и субоптимальной сложности модели глубокого обучения. Исследована связь предложенных критериев с байесовским выводом и их соответствие принципу минимальной длины описания модели.
2. Предложен метод выбора субоптимальной модели глубокого обучения на основе вариационной оценки обоснованности модели. Предложен метод получения вариационной оценки обоснованности на основе анализа оптимизации параметров модели.

3. Предложена метод графового описания модели глубокого обучения. На его основе предложена вероятностная модель параметров и структуры. Предложенная вероятностная модель позволяет использовать вариационный байесовский вывод для оптимизации параметров и структуры.

4. Предложена обобщающая задача выбора параметров и структуры модели. Доказана связь предложенной оптимизационной задачи с различными критериями выбора модели. Рассмотрены ее свойства.

#### **Достоверность результатов**

Математические результаты диссертационной работы О.Ю. Бахтеева сформулированы в виде утверждений и теорем с корректными доказательствами. Проведена экспериментальная проверка методов на задачах классификации и регрессии реальных и синтетических данных. Положения и выводы, сформулированные в диссертации, получили квалифицированную апробацию на международных и российских конференциях и семинарах. Основные результаты по теме диссертации изложены в одиннадцати работах в рецензируемых научных журналах.

#### **Значимость результатов**

Работа О.Ю. Бахтеева носит теоретический характер. Основной ее ценностью является разработка и формализация методов выбора модели глубокого обучения оптимальной и субоптимальной сложности. Работоспособность предложенных методов выбора моделей, а также параметров и структуры моделей глубокого обучения продемонстрирована на реальных и синтетических данных.

#### **Замечания**

1. Текст диссертационной работы переусложнен, формулировки теорем требуют упрощения.
2. В главе 4 приведено экспериментальное подтверждение предлагаемых методов выбора структуры модели только на простой синтетической выборке. Стоит также провести эксперименты реальных данных.
- 3.

#### **Заключительная оценка**

Диссертационная работа Бахтеева Олега Юрьевича «Байесовский выбор субоптимальной структуры модели глубокого обучения» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной под руководством д. ф.-м. н. В.В. Стрижова, содержащей новое решение актуальной научной задачи – выбора модели глубокого обучения. Представленные в работе результаты и выводы обоснованы корректно. Результаты работы своевременно и полно опубликованы в 11 печатных трудах, 9 из которых – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Результаты докладывались автором на российских и международных конференциях. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертационной работы.

Диссертация соответствует всем критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики», а ее автор – Бахтеев Олег Юрьевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

Настоящий отзыв обсужден и одобрен на расширенном научном семинаре факультета информационных технологий и программирования Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» (протокол № 10 от 29 октября)

к.ф.-м. н., ординарный доцент ИТиП



Фильченков А.А.

Почтовый адрес: 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д.49

Телефон: +7 (812) 232-97-04

Адрес электронной почты: [od@mail.ifmo.ru](mailto:od@mail.ifmo.ru)

Организация – место работы: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», факультет ИТиП.

Web-сайт организации: <http://www.ifmo.ru/ru/>

Исп. Фильченков Андрей Александрович [aaafil@mail.ru](mailto:aaafil@mail.ru)

+79500210328

