

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Рябенко Евгения Алексеевича

на тему **«Выбор функций потерь в задачах неотрицательного
матричного разложения»**

по специальности 05.13.18 — «Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ», представленной
на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертационная работа Е.А. Рябенко посвящена исследованию задачи неотрицательного матричного разложения и её приложений. Данная тема является достаточно новой — первые работы по ней появились в конце девяностых годов прошлого века, а экспоненциальный рост числа публикаций, наблюдаемый год от года, подтверждает её актуальность. Оказывается, что ограничения неотрицательности, накладываемые на решение стандартной задачи матричной факторизации, существенным образом ограничивают круг методов, с помощью которых её можно решать. Если в отсутствие таких ограничений решение в некоторых случаях можно выписать аналитически, их наличие вызывает необходимость применения оптимизационных методов, причём из-за таких свойств задачи, как невыпуклость функционала потерь и существенная неединственность

решения, об их сходимости в общем случае практически ничего не известно. Отдельной возникающей перед исследователем на практике проблемой является выбор минимизируемого функционала потерь среди огромного множества существующих вариантов. В литературе эта проблема практически не рассматривается; именно ей в первую очередь и посвящена данная диссертационная работа.

Работа состоит из введения, трёх глав и заключения.

В первой главе изучаются теоретические вопросы оптимизационной задачи неотрицательного матричного разложения. Рассматривается класс АБ-дивергенций, включающий большинство наиболее часто используемых на практике функций потерь. Ему в соответствие ставится семейство ненормированных распределений, для которого с помощью метода «согласования вклада» ставится оптимизационная задача выбора оптимальных значений гиперпараметров, соответствующих оптимальной функции потерь. Рассматриваются мультипликативные алгоритмы получения неотрицательного матричного разложения и предлагается модификация, ограничивающая допустимое множество решений с помощью отделения элементов матриц от нуля наперёд заданной константой. Для такой модификации доказывается ряд утверждений о сходимости: у последовательности, генерируемой алгоритмом, всегда существует предельная точка, являющаяся, во-первых, стационарной точкой задачи неотрицательного матричного разложения, переформулированной в отделённой от нуля области, и, во-вторых, сколь угодно близкой к стационарной точке исходной задачи — показано, что условия Каруша-Куна-Таккера выполняются с точностью порядка выбранной для отделения от нуля константы.

Во второй главе полученные выше наработки применяются к прикладной задаче анализа данных ДНК-микрочипов. Рассматривается последовательность постепенно усложняющихся моделей. Их особенностями являются большое число параметров, нахождение которых можно свести к задаче неотрицательного матричного разложения, а также сложная структура шума, априорная информация о которой практически отсутствует. Описывается ряд вычислительных экспериментов по настройке рассматриваемых моделей, проведённых на реальных данных; описания экспериментов допускают воспроизводимость. Результаты показывают, что, усложняя модель ДНК-микрочипов, можно точнее приблизить экспериментальные данные, избежав при этом эффекта переобучения, — оценки параметров воспроизводятся на подмножествах данных. При этом качество решений, получаемых с помощью каждой из полученных моделей, выше, чем у стандартного метода анализа ДНК-микрочипов.

В третьей главе даётся описание комплекса программ, реализующего созданные в работе методы адаптивного неотрицательного матричного разложения. С одной стороны, описанный комплекс содержит модули, позволяющие решать задачу получения разложения в наиболее общем виде; с другой стороны, реализованы методы анализа данных ДНК-микрочипов, основанные на каждой из описанных во второй главе моделях.

В диссертации получены следующие основные результаты.

1. Разработан метод адаптивного выбора функционала потерь, основанный на выборе оптимальных параметров в семействе АБ-дивергенций.
2. Предложен мультипликативный алгоритм нахождения неотрицательного матричного разложения с АБ-дивергенцией и строго

доказана его глобальная сходимость к точке, сколь угодно близкой к стационарной.

3. В прикладной задаче анализа ДНК-микрочипов предложен ряд моделей, настроенных с помощью описанных выше методов адаптивного неотрицательного матричного разложения, а также разработан программный комплекс, позволяющий эффективно обрабатывать экспериментальные данные с использованием указанных моделей.

Все выносимые на защиту результаты представляются новыми и получены диссертантом впервые.

Диссертационная работа имеет как теоретическое, так и прикладное значение, выполнена в полном соответствии с паспортом специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Значимость полученных результатов подтверждается девятью публикациями, из которых пять опубликованы в изданиях «Списка ВАК ...».

Существенных замечаний по содержанию данной работы нет. К сожалению, рассматривается только одно приложение предложенного метода адаптивного неотрицательного матричного разложения; было бы интересно применить полученные результаты в других областях, где возникает подобная задача, и оценить, как функционал метода «согласования вклада» коррелирует с естественными для этих областей критериями качества решения. Однако рассматриваемая прикладная задача имеет достаточно важное практическое значение, и, кроме того, отличается высокой сложностью и размерностью, что делает данную диссертационную работу значимой и без рассмотрения других приложений, которые, без сомнения, возможны.

Аннотация диссертации адекватно отражает содержание работы.

Считаю, что диссертационная работа Е.А.Рябенко является законченным научным исследованием, полностью соответствует специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и удовлетворяет требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842, а её автор, Рябенко Евгений Алексеевич, заслуживает присуждения ему искомой учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

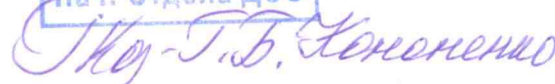
Главный научный сотрудник Института динамики
систем и теории управления Сибирского отделения
Российской академии наук,
доктор технических наук



Горнов А.Ю.



Подпись заверяю
Нач. Отдела ДОО



Горнов Александр Юрьевич, доктор технических наук,
главный научный сотрудник лаборатории 2.3. «Оптимального управления»,
Отделения 2. «Управления и системного анализа»
Института динамики систем и теории управления СО РАН

664033, Иркутск, Лермонтова, 134, ИДСТУ СО РАН
телефон: (3952) 45-30-04, email: gornov@icc.ru