

Директор Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
академик РАН

«Утверждаю»

С.Н.Васильев

2014 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Рябенко Евгения Алексеевича **«Выбор функций потерь в задачах неотрицательного матричного разложения»**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности **05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»**.

Актуальность темы

Задача матричной факторизации возникает в многочисленных приложениях, связанных с обработкой информации. Методы получения факторизованного представления матриц, такие, например, как метод главных компонент, получили широкое распространение в качестве средства сжатия данных, выявления их структурных особенностей, восстановления пропусков. Однако методы, обеспечивающие выполнение ограничений неотрицательности компонент, часто возникающих в приложениях, где компоненты имеют физическую интерпретацию, начали активно развиваться лишь в последнее десятилетие. С оптимизационной точки зрения, проблема получения неотрицательного матричного разложения представляет собой некорректно поставленную и невыпуклую оптимизационную задачу, что усложняет доказательства сходимости методов её решения.

Существенную роль в задаче играет выбор минимизируемого функционала потерь, с помощью которого оценивается близость исходной и модельной матриц. На практике используются десятки различных функций потерь, некоторые из которых являются де-факто стандартами в своих областях. Как правило, функция потерь считается выбранной заранее, однако зачастую обоснования для такого выбора отсутствуют; при этом получаемое решение зависит от функции потерь существенным образом. Поэтому тема диссертационной работы Е.А.Рябенко, посвящённой методом адаптивного выбора функционала, оптимального для произвольной рассматриваемой задачи, без сомнения является актуальной. Кроме того, большой интерес представляет применение предложенных методов для прикладных задач. В частности, исключительно актуальна проблема из биоинформатики, рассмотренная в диссертации.

Содержание

Работа состоит из введения, трёх глав и заключения. Первая глава посвящена теоретическим аспектам задачи неотрицательного матричного разложения. В ней приводится постановка задачи, даётся обзор существующих методов её решения, а также предлагаются новые методы, в частности, метод адаптации функции потерь, основанный на согласовании вклада (аналог максимизации правдоподобия, не требующий вычисления нормировочных констант), а также мультипликативный

алгоритм неотрицательного матричного разложения с АБ-дивергенцией в качестве функционала потерь. Доказывается ряд теоретических утверждений о сходимости предложенного алгоритма; показано, в частности, что он всегда сходится к точке, в которой с точностью до наперёд заданной константы выполняются условия стационарности. Вторая глава посвящена прикладной задаче анализа данных ДНК-микрочипов и применению для её решения методов неотрицательного матричного разложения. Для задачи предлагается ряд моделей, настройка параметров которых осуществляется с помощью разработанных в предыдущей главе методов. Наконец, в третьей главе описывается разработанный Е.А. Рябенко программный комплекс, реализующий предложенные методы и позволяющий находить решение как рассматриваемой прикладной задачи, так и произвольной задачи неотрицательного матричного разложения.

Основные результаты и их новизна

В рамках диссертационной работы Е.А. Рябенко получены следующие новые результаты.

(1) Предложен подход к неотрицательному матричному разложению с адаптивным выбором функции потерь.

(2) Предложен численный метод отыскания неотрицательного матричного разложения с АБ-дивергенцией в качестве функции потерь и доказана его сходимость к точке, сколь угодно близкой к стационарной.

(3) Для задачи анализа данных ДНК-микрочипов предложен ряд моделей и методов их настройки с использованием аппарата неотрицательного матричного разложения.

(4) Создан программный комплекс, реализующий описанные методы.

Все результаты, выносимые на защиту в данной работе, впервые получены диссертантом.

Достоверность полученных результатов

Математические результаты диссертационной работы Е.А. Рябенко сформулированы в виде теорем с исчерпывающими и корректными доказательствами. Достоверность результатов экспериментов и выводов, сформулированных на их основе, обеспечивается подробными описаниями, обеспечивающими воспроизводимость.

Значимость полученных результатов

Диссертационная работа Е.А. Рябенко имеет как теоретический, так и прикладной характер. Разработанная модификация мультипликативного метода неотрицательного матричного разложения позволяет решить проблемы сходимости метода вблизи границ области неотрицательности. Полученные результаты о сходимости предложенных методов имеют важное теоретическое значение для обоснования использования мультипликативных методов. Предложенный метод адаптации функционала потерь имеет высокую практическую значимость, поскольку позволяет решить проблему выбора функционала, возникающую в прикладных задачах, в которых информация о структуре шума частично или даже полностью отсутствует. Автору удалось глубоко разобраться в важной задаче биоинформатики - анализе данных ДНК-микрочипов. В ней разработанные методы позволили существенно улучшить качество получаемых оценок, что также подтверждает высокую практическую значимость работы.

Замечания

Существенных замечаний по диссертации нет.

(1) В работе есть ряд мелких неаккуратностей изложения. Уже в первой же формуле (с. 13) следовало бы пояснить, что матрица P задана, а матрицы A и X нужно найти. В этой же формуле неотрицательность матриц обозначается одним способом, а в следующей формуле (2) – другим. Обозначение скалярного произведения матриц (с. 32) не пояснено и отличается от стандартного.

(2) Автор иногда не дает читателю более широкую картину при описании применяемых подходов и методов. Например, при выборе функции потерь (с. 15) ничего не говорится о возможности выбора неаддитивных функций типа спектральной нормы или других норм. При описании мультипликативного метода матричного разложения полезно было бы сослаться на аналогичные мультипликативные методы выпуклой оптимизации, рассматривавшиеся в отечественной литературе начиная с работы Дубов, Имельбаев, Попков, ДАН, 1983.

Приведённые замечания не могут повлиять на общую положительную оценку диссертационной работы.

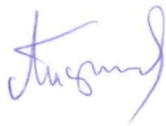
Заключительная оценка

Диссертационная работа Рябенко Евгения Алексеевича является законченной научно-квалификационной работой, имеющей теоретическую и практическую ценность. Представленные в работе результаты и выводы корректно обоснованы. Результаты диссертационной работы своевременно и полно опубликованы в 9 печатных трудах, 5 из которых — в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Результаты докладывались автором на всероссийских и международных конференциях. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертационной работы.

Диссертация удовлетворяет всем требованиям “Положения о порядке присуждения ученых степеней”, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а ее автор — Рябенко Евгений Алексеевич — заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Настоящий отзыв обсужден и одобрен на заседании научного семинара Лаборатории №7 «Адаптивных и робастных систем» им. Я.З.Цыпкина Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления им. В.А.Трапезникова Российской академии наук (протокол № 1 от 14 октября 2014 г.).

Зав. лабораторией №7 ИПУ РАН д. ф.-м. н.



/М.В.Хлебников/

Гл. научн. сотр. лаборатории №7 ИПУ РАН д. т. н.



/Б.Т.Поляк/

15 октября 2014 года.