

ОТЗЫВ
на автореферат диссертации Звонарева Никиты Константиновича
«Структурные аппроксимации временных рядов»,
представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.01.07–вычислительная математика.

Предметом диссертационной работы Звонарева Н. К. является задача наилучшей аппроксимации временных рядов (вещественных векторов) так называемыми временными рядами конечного (малого) ранга, где ранг ряда определяется как ранг ганкелевой матрицы построенной по ряду. Таким образом, задача малоранговой аппроксимации эквивалентна малоранговой аппроксимации ганкелевых матриц с сохранением ганкелевой структуры, что отмечено автором в работе.

Структурная аппроксимация ганкелевых матриц является актуальной задачей в прикладных научных исследованиях, таких как обработка сигналов и изображений, идентификация и понижение порядка динамических систем, вычислительная квантовая химия. В обработке сигналов всплеск интереса к задачам структурной аппроксимации вызван недавними работами по теме сверхразрешения (superresolution) Э. Кандеса и соавторов. В диссертационной работе задача рассматривается в контексте оценки сигнала в модели «сигнал+шум».

Задачи структурной аппроксимации не имеют в общем случае явного решения, что обуславливает необходимость разработки эффективных методов нелинейной оптимизации. Современные алгоритмы основаны на подходах переменной проекции (Variable Projection) и попеременных проекций (Alternating Projections); второй подход восходит к классическому алгоритму Кэдзоу. В работе соискатель предлагает существенное развитие данных подходов и новые алгоритмы для решения задачи структурной аппроксимации.

Все вынесенные на защиту результаты являются новыми. К наиболее интересным и практически важным результатам работы стоит отнести:

- 1) Новый алгоритм, основанный на итерации Гаусса-Ньютона, и имеющий следующие преимущества по сравнению с подходом переменной проекции, предложенным в работах И. Марковского и соавторов.
 - a) Специальная параметризация многообразия рядов фиксированного ранга и явный вид соответствующего касательного подпространства (Теоремы 1-3 в автореферате) позволяют существенно упростить итерацию Гаусса-Ньютона.
 - b) Использование оригинального метода проекции на образ линейного оператора (а не на ядро, как в исходном подходе переменной проекции) повышает точность вычислений и позволяет их ускорить для нового класса весов (Алгоритм 1 в автореферате).
- 2) Эффективная модификация алгоритма Кэдзоу, основанная на:
 - a) использовании взвешенной нормы Фробениуса, допускающей быструю реализацию итераций для ленточных весов;

- b) приближении нормы в пространстве рядов взвешенными нормами Фробениуса (Теоремы 5-6 в автореферате).

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне. В работе используется целостный подход, включающий в себя быстрые алгоритмы линейной алгебры, анализ обусловленности операций, исследование статистических свойств оценок для модели «сигнал+шум» (Теорема 4, Лемма 1 в автореферате), численные эксперименты на основе статистического моделирования, примеры обработки реальных данных. Данные аспекты в работе хорошо сбалансированы и позволяют оценить преимущества разработанных методов.

В то же время следует указать ряд замечаний по автореферату:

1. Автор предпочитает использование англоязычных терминов и аббревиатур. Даже для основной задачи повсеместно используются термин и аббревиатура Hankel structured low-rank approximation (HSLRA); термин Variable Projection тоже не переведен. С одной стороны, этот факт вполне объясним нехваткой русскоязычной литературы по теме диссертации, что в очередной раз подчеркивает актуальность исследования. С другой стороны, автор мог бы предложить свой вариант русскоязычной терминологии, который мог бы использоваться в дальнейшем.
2. К сожалению, в работе не подчеркнуты связи задачи HSLRA с некоторыми другими разделами вычислительной математики, как то: рациональная аппроксимация (например, аппроксимации Паде), малоранговая аппроксимация симметрических тензоров, аппроксимация тригонометрическими полиномами. Эти связи могли бы расширить область применимости результатов диссертационной работы.
3. Хотя в целом результаты диссертации изложены в автореферате достаточно подробно, обзор пятой главы оформлен в весьма сжатом стиле, несмотря на то, что она занимает немногим менее четверти основного текста диссертации. Было бы уместно добавить графики с результатами некоторых численных экспериментов из пятой главы, чтобы проиллюстрировать свойства и достоинства предлагаемых методов.
4. В автореферате весьма кратко упомянута программная реализация разработанных алгоритмов. Имелось бы смысл дать больше информации о реализации, что было бы полезно для потенциальных пользователей.
5. Из обзора четвертой главы не ясно, как именно задача аппроксимации весов связана с исходной задачей структурной аппроксимации, и можно ли количественно охарактеризовать выигрыш от наилучшей аппроксимации весов.
6. Автореферат содержит ряд опечаток. Например, на стр. 5 используется термин Variable projection, а на стр. 11 (и далее) он же присутствует как Variable

Projection; на стр. 1 присутствует опечатка в слове «специальность»; в алгоритме 1 на стр. 12 содержится слово return.

7. В работе, по сути, не рассматривается случай нулевых весов (пропущенных наблюдений), который часто возникает в практических задачах. Также в работе не обсуждается применимость предложенных методов для многоуровневых ганкелевых матриц, возникающих в важных задачах обработки изображений.

Указанные выше замечания, в основном формальные, не влияют на корректность результатов, полученных соискателем и не умаляют научного вклада работы. Работа представляет собой законченное научное исследование, заключающееся в развитии новых эффективных вычислительных методов для структурной аппроксимации временных рядов. Полученные результаты имеют высокую научную ценность и практическую значимость. Результаты апробированы на международных конференциях и семинарах, опубликованы в нескольких рецензируемых статьях; исследования частично выполнены в рамках гранта РФФИ. Несомненная актуальность, перспективность и научная востребованность работы.

Судя по автореферату, опубликованным статьям и тексту диссертации, работа «Структурные аппроксимации временных рядов» отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.01.07, а ее автор Звонарев Н. К. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Научный сотрудник

национального центра научных исследований Франции,
кандидат физико-математических наук

«07» июня 2018 года



Усевич Константин Дмитриевич

Должность: научный сотрудник

chargé de recherche

Организация: Национальный центр научных
исследований Франции (НЦНИ)

Centre national de la recherche
scientifique (CNRS)

Лаборатория: Центр исследований в
области автоматики Нанси

Centre de Recherche en
Automatique de Nancy (CRAN)

Почтовый адрес:
CRAN-CNRS
Кампюс Сьянс – BP 70239
Вандёвр-ле-Нанси
54506
Франция

CRAN
Centre de Recherche en Automatique de Nancy
Université de Lorraine - CNRS UMR 7039
Campus Sciences - BP 70239
54506 VANDOEUVRE Cedex
Tél. 03 83 68 44 19 - Fax 03 83 68 44 37

Телефон: +33751885419

Электронная почта: konstantin.usevich@univ-lorraine.fr

Веб-сайт: <http://w3.cran.univ-lorraine.fr/konstantin.usevich/>