

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Голяндиной Нины Эдуардовны на тему:
«Общий подход к теории и методологии метода анализа сингулярного спектра»,
представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по
научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и
комплексы программ

Работа посвящена быстро развивающемуся методу анализа временных рядов и цифровых сигналов, который получил название анализ сингулярного спектра, или *singular spectrum analysis (SSA)*. Вклад диссертанта в развитие метода весьма существенен и выражается в создании общей методологии применения метода, подкрепленной теоретическими результатами.

Первая глава является вводной, она включает в себя описание необходимых для дальнейшего понятий и известных результатов, а также описывает общий подход к методу анализа сингулярного спектра, который не только позволяет создавать различные разложения временных рядов, но и адаптироваться к их структуре. Эти разложения позволяют по наблюдаемой сумме найти аддитивные составляющие рассматриваемого объекта, например, тренд и периодические компоненты или выделить сигнал из зашумленного ряда. На основе выделенной структуры строятся методы, которые автор тоже относит к семейству методов *SSA*, позволяющие, например, делать прогноз или оценивать параметры сигнала. Кроме того, эта методология включает в себя расширения, которые позволяют анализировать различные объекты, такие как системы временных рядов, временные ряды, цифровые изображения и многомерные объекты различной формы.

Во второй главе рассматриваются, в основном, новые модификации метода *SSA* для временных рядов. В базовом варианте метода *SSA* используется сингулярное разложение так называемой траекторной матрицы, построенной по временному ряду. Оно является универсальным и адаптивным, однако не всегда приводит к точному выделению нужной компоненты временного ряда. Диссертантом предлагается и обосновывается много разных вариантов улучшения делимости.

В третью главу собраны результаты, в которых тем или иным образом используется модель сигнала. А именно, предлагаются и обосновываются алгоритм заполнения пропусков во временных рядах, алгоритм для проверки гипотезы об отсутствии в красном шуме сигнала, доказывается теорема о несуществовании матричного аналога задаче выделения сигнала по методу наименьших квадратов, обсуждаются вопросы выбора параметров.

В четвертой главе рассматривается метод *MSSA* для анализа сразу нескольких временных рядов. Метод *MSSA* был известен ранее, из новых результатов в главе описаны условия делимости в случае многомерных временных рядов, предлагается алгоритм быстрой реализации векторного прогноза, обобщение методов автоматической идентификации тренда.

Пятая глава включает в себя известное обобщение метода на случай цифровых изображений, однако это обобщение подается как частный случай нового подхода ко всем

модификациям SSA, так называемого Shaped SSA. Именно Shaped SSA сводит воедино все ранее рассмотренные методы.

В шестой главе довольно коротко описан пакет Rssa, в котором собраны реализации многих из описанных в предыдущих главах методах. Диссертанту принадлежит создание общей структуры пакета на основе предлагаемой ею общей методологии.

В седьмой главе собрано пять примеров применения разных модификаций и расширений метода SSA к реальным данным. Результаты всех пяти разделов главы опубликованы, в публикациях содержатся подробные интерпретации результатов, а в диссертационной работе сделан акцент на самих методах с короткими интерпретациями.

Все результаты, входящие в работу, хорошо апробированы и их достоверность и значимость подтверждена приглашенными докладами на конференциях, грантами по теме диссертации, несколькими монографиями, соавтором которых является диссертанта, а также статьями в высокорейтинговых журналах.

В качестве одного из достоинств работы хочу отметить существование быстрых реализаций предлагаемых методов на языке R в виде пакета Rssa, в создании которого диссертант принимала участие. При этом интерфейс и реализация методов сделаны согласно общему подходу и общей методологии, в частности, для анализа объектов разной размерности и разной формы интерфейс функций и логика анализа данных аналогичны.

Подводя итог по обзору диссертации, необходимо отметить, что в ней достаточно гармонично сочетаются все три компонента, перечисленные в названии специальности защиты. Очень хорошо отражена сторона математического моделирования – присутствует развитие имеющихся и созданы абсолютно новые математические модели. Все математические модели доведены до алгоритмов, в работе оценена их вычислительная сложность и потребная память. Это дает возможность реализации численных методов, которая воплощена в пакет программ, в создании которого автор принимал непосредственное участие. Однако по работе можно сделать и некоторые замечания. Так, например

1. Оценка вычислительной сложности алгоритмов и анализ используемой памяти проводится в отрыве от архитектуры вычислительной системы. Такой подход достаточен при исключительно последовательной парадигме вычислений. Возможно этого достаточно, но в работе отсутствует обсуждение вопроса временных вычислительных затрат и аргументации достаточности использования тривиального последовательного вычислителя

2. Возможно, предыдущее замечание связано также со способом реализации предложенных алгоритмов в пакете Rssa. Выбор языка программирования в данном случае, видимо, осуществлен из соображений легкости реализации, но не эффективности вычислений.

3. Для лучшего понимания и аргументации положений работы было бы крайне полезно дать сравнительный анализ предлагаемого подхода с вейвлет анализом, APCC, периодически коррелированными случайными процессами и др. Это бы сразу показало место SSA в ряде технологий анализа и моделирования случайных процессов и рядов.

4. Набор практических приложений метода кажется несколько академичным. В тоже время способность метода эффективно работать с нестационарными явлениями можно было бы показать на ряде реальных технических задач, например, по выявлению влияния нового внешнего фактора, выделения аномалий во временных рядах и пр.

Тем не менее, сделанные замечания носят в большей степени рекомендательный характер и не влияют на общее положительное мнение по рецензируемой работе.

Диссертация Голяндиной Нины Эдуардовны на тему: «Общий подход к теории и методологии метода анализа сингулярного спектра» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Голяндина Нина Эдуардовна заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не установлены.

Член диссертационного совета

д.т.н., доцент,

профессор кафедры компьютерного моделирования и многопроцессорных систем,

Санкт-Петербургский государственный университет



Дегтярев А.Б.

Дата 01.09.2023