

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

Актуальность темы исследования. Существует много подходов к анализу временных рядов, некоторые подходы из них направлены на решение конкретных задач в заданном классе временных рядов, в то время как другие могут решать разнообразные задачи. Методы типа метода анализа сингулярного спектра (SSA) умеют решать очень широкий круг задач для временных рядов разной структуры. Такая универсальность метода SSA имеет место благодаря тому, что не требуется задавать исходную модель временного ряда, включая период, форму тренда и модель шума, что делает его базовый вариант непараметрическим, позволяя в то же время строить модель и оценивать ее параметры. Исследования по применению метода SSA для решения различных задач анализа и прогнозирования временных рядов представлены в многочисленных работах, каждая из которых рассматривает отдельные аспекты SSA. В связи с этим, формирование единого подхода к теории и применению SSA является значимой и актуальной задачей.

Содержание работы. Работа состоит из введения, заключения и семи глав. В первой главе описана общая структура методов SSA, вводятся необходимые понятия, формулируется базовый алгоритм SSA. Дано сравнение метода SSA с другими методами анализа временных рядов. Приведенный обзор основан на опубликованной работе автора.

В основной части второй главы предлагаются различные методы улучшения разделимости путем изменения шага разложения. В конце главы рассматриваются методы автоматической группировки для выделения трендовых и периодических компонент сигнала. Для их применения необходимо, чтобы компоненты сигнала можно было разделить, этого можно достичь, используя методы, описанные в предыдущих разделах.

Третья глава посвящена решению некоторых задач, связанных с моделью, которой удовлетворяет компонента ряда точно или приближенно; модель основана на задании подпространства сигнала. Первая задача – заполнение пропусков во временном ряде. Строится и обосновывается алгоритм заполнения пропусков в сигнале, основанный на подпространстве сигнала. Вторая задача имеет отношение к оценке сигнала. В ней выводятся условия на веса для эквивалентности задач, сформулированных на языке временных рядов и в матричном виде. Третья задача относится к задаче обнаружения сигнала в зашумленном временном ряде методом Монте-Карло SSA. Строится статистический критерий, контролирующий групповую ошибку. Последний раздел третьей главы включает в себя подробное обсуждение выбора параметров в методе SSA для решения задач анализа и прогноза, которое подтверждается численными исследованиями.

В четвертой главе рассматривается расширение метода SSA для анализа системы временных рядов (MSSA). В главе рассмотрено разложение системы временных рядов и его

свойства, проанализированы особенности метода MSSA, введено понятие согласованных рядов и проведено численное сравнение эффективности MSSA, примененного к системе из двух рядов, и SSA, примененного к каждому отдельному ряду. Во второй части главы представлено обоснование эффективности быстрого векторного SSA и MSSA прогноза, а также описаны алгоритмы автоматической группировки в MSSA.

В главе 5 описывается подход к методам семейства SSA и их многомерных обобщений как частных случаев метода Shaped SSA. Кроме того, глава содержит описание других частных случаев, таких как Shaped 1D-SSA, который может применяться к рядам с пропусками, MSSA, 2D-SSA, а также более многомерным обобщениям, называемым nD-SSA.

Глава 6 представляет описание структуры пакета Rssa, в котором методы семейства SSA реализованы в едином стиле, который был описан в первой главе. В последней седьмой главе рассматривается ряд приложений метода SSA, в том числе, его многомерных расширений.

Новизна научной работы. Новизна научной работы, в первую очередь, состоит в создании общего подхода к модификациям и расширениям метода SSA. Модификации способа разложения в методе SSA, приводящие к разделимости компонент сигнала, не разделимых базовым методом SSA, впервые были предложены в совместных публикациях, в которых автору принадлежит большой вклад. Это же можно сказать про создание общего подхода Shaped SSA.

Обоснованность и достоверность результатов. Все результаты работы полностью обоснованы, их достоверность подтверждает апробация на выступлениях на международных конференциях с приглашенными докладами, наличие трех монографий, соавтором которых является диссертант, а также опубликованные статьи в высокорейтинговых журналах.

Теоретическая и практическая значимости. Теоретические результаты данной работы касаются широкого круга аспектов метода SSA и закладывают фундамент для последующего развития этого метода. В настоящее время существует большое количество прикладных научных статей, посвященных применению метода SSA в различных областях. Результаты работы по улучшению разделимости компонент сигнала помогут получать более точные результаты при анализе временных рядов, прогнозе и выделении сигнала. Результаты исследований автора по многомерным обобщениям существенно расширяют множество объектов, к которым применим метод SSA. Теоретическая и практическая значимость подтверждаются поддержкой исследований грантами РФФИ и РНФ.

Замечания. Диссертационное исследование выполнено на высоком научном уровне, однако к работе есть несколько замечаний.

- 1) В разделе 2.5.1 опечатка в построении фразы. Вероятно, должно быть "Let us introduce the periodogram for a series Y of length M ."
- 2) Немного разное оформление входных данных для алгоритмов 2.13 и 2.14.
- 3) Обозначения для элементов многомерного ряда в разделе 4.4 отличается от обозначения в разделах 4.2 и 4.3.
- 4) Нумерация элементов временного ряда везде начинается от 1, а в разделе 3.2 - от 0.

Замечания носят технический характер и не снижают научной ценности работы. В диссертацию включены результаты, опубликованные в 25 статьях, индексируемых в Scopus или WoS.

Заключение. Диссертационная работа Голяндиной Нина Эдуардовны представляет собой законченное научное исследование, содержащее решение актуальных задач. Полученные новые результаты имеют существенное значение для науки и практических приложений. Выводы диссертации вполне обоснованы. Совокупность полученных автором результатов можно квалифицировать как значимое научное достижение в области теории и разработки приложений анализа временных рядов и цифровых изображений.

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.ф.-м.н., профессор,
профессор кафедры вычислительной математики
Санкт-Петербургского государственного университета



Бурова И.Г.

Дата

29.08.2023