

О Т З Ы В

официального оппонента Берга Д.Б. на диссертацию Рабайя Фуада на тему «Исследование особенностей анализа и прогнозирования нестационарных временных рядов методом SSA (на примере астрофизических и экономических временных рядов)», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ управление и обработка информации (в науке и технике)»

Диссертационная работа Рабайя Ф. посвящена решению проблемы научного обоснования рекомендаций по выбору параметров метода SSA при анализе и прогнозировании нестационарных временных рядов (ВР), а также оцениванию дальности и точности прогнозов, получаемых данным методом.

Актуальность темы диссертационного исследования обусловлена тем, что сегодня не существует универсальных методов решения задач анализа и прогнозирования ВР, поэтому при использовании того иного метода анализа (например, спектральный анализ, вейвлет-анализ, метод преобразования Гуанга-Гильберта и др.) и прогнозирования ВР необходимо проводить исследований с целью определения границ применимости методов, обоснованного выбора параметров данных методов, оценивания точности получаемых результатов. Без подобных исследований интерпретация, получаемых при этом результатов анализа и прогнозирования во многих случаях может оказаться неправильной или вообще не возможной.

Работа соответствует области исследования п.4 паспорта специальности 05.13.01 – «Системный анализ управление и обработка информации (в науке и технике)»

В первой главе выполнен анализ состояния предметной области, сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе диссертации проведено исследование особенностей собственных троек сингулярного разложения траекторной матрицы

гармонического ВР.

Полученные результаты позволили сделать обоснованный вывод о том, что при равенстве собственных чисел выборочной траекторной матрицы, номера которых отличаются друг от друга на единицу, выделяемая главная компонента (ГК) соответствует периодической функции, дискретные значения которой есть значения анализируемого ВР, однако, обратное не верно – неравенство собственных чисел не означает, их соответствия составляющим ВР с различными частотами, но требует дополнительно анализа (например, спектрального) собственных векторов.

Также в данной главе показано, что при анализе ВР, содержащих значения реальных физических процессов, следует использовать не параметр сдвига L , но физически содержательную величину $L \cdot \Delta t \cdot f = n$, и дана ее физическая интерпретация.

Обосновано условие равенства значений собственных чисел выборочной траекторной матрицы метода SSA (параллельности отрезка, соединяющего данные собственные числа оси абсцисс на графике зависимости собственных чисел от их номера).

Предложены математические модели, описывающие зависимости собственных векторов выборочной траекторной матрицы от времени и предложено дополнить алгоритм, традиционно используемый в методе SSA для оценивания частоты ГК, методом аналитического сигнала.

Проведен анализ разделимости аддитивных составляющих ВР, в том числе и ВР вида «const + изменяющийся во времени ВР», «изменяющийся во времени ВР + изменяющийся во времени ВР», результаты которого показывают, что для выявления собственных троек соответствующих данной ГК целесообразно использовать зависимости разностей между собственными числами выборочной траекторной матрицы метода SSA от параметра $L \cdot \Delta t$ и уточнены понятия сильной и слабой L -разделимости ВР.

В третьей главе диссертации изложены результаты применения метода SSA для анализа и прогнозирования нестационарных ВР – ВР, содержащего

среднемесячные значения чисел Вольфа и ВР, содержащего часовые значения цен на электроэнергию. Также предложены:

- алгоритм оценки точности прогнозирования ВР методом SSA;
- алгоритм выбора собственных троек для вычисления полинома, аппроксимирующего анализируемый ВР, который обеспечивают наилучшую точность прогнозирования данных ВР.

Получены оценки точности прогнозирования исследуемых временных рядов.

Научная новизна полученных результатов

К основным новым результатам, полученным в диссертации, следует отнести:

1. Критерий выбора значений параметров метода SSA, обеспечивающих идентичность ГК ВР, содержащего дискретные значения периодической функции, и гармонических составляющих ряда Фурье.

2. Обоснование целесообразности использования зависимости разности между соответствующими собственными числами выборочной траекторной матрицы метода SSA, номера которых отличаются друг от друга на единицу, от значения параметра $L \cdot \Delta t$, L – размер окна сдвига.

3. Результаты исследования проблемы разделимости ВР вида «шум + const», «шум + периодическая составляющая», «шум + тренд» при различных отношениях сигнал/шум, позволившие уточнить понятия сильной и слабой разделимостей рядов.

4. Алгоритмы исследования точности прогнозирования ВР методом SSA и выбора собственных троек траекторной матрицы ВР, используемых для прогнозирования значений ВР.

5. Обоснованные рекомендации выбора для краткосрочного прогнозирования нестационарных ВР полинома, аппроксимирующего изучаемый ВР, значения которого вычисляются восстановлением исходного ряда по набору собственных троек траекторной матрицы метода SSA, выбираемых в соответствие с предложенным в работе алгоритмом.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций в научной работе обеспечивается грамотным использованием выбранных аналитических моделей, корректной методологией проведения статистического моделирования, а также согласованностью полученных результатов с имеющимися априорными данными.

Значимость для науки и практики результатов диссертационной работы заключается в обосновании целесообразности использования зависимости разности между соответствующими собственными числами выборочной траекторной матрицы метода SSA, номера которых отличаются друг от друга на единицу, от значения параметра $L \cdot \Delta t$, разработке алгоритма исследования точности прогнозирования ВР методом SSA и алгоритма выбора собственных троек траекторной матрицы ВР, используемых для прогнозирования значений ВР.

Обоснованность правильности решения задач, поставленных в диссертационной работе, подтверждается корректным применением методов системного анализа, имитационного моделирования, математической статистики, численного анализа и вычислительной математики, а также согласованностью теоретических результатов с результатами экспериментальных исследований программных реализаций разработанных алгоритмов восстановления.

Диссертационная работа состоит из введения, трех разделов, заключения, списка использованных источников, содержащего 117 наименования. Общий объем работы составляет 167 страниц, в том числе 109 рисунков, 9 таблиц.

По результатам исследований опубликовано 6 печатных работ, из которых в рекомендованных ВАК РФ периодических изданиях – 2.

По диссертационной работе имеются следующие замечания.

1. Представляют, как научный так и практический интерес, результаты применения метод SSA и разработанных в диссертации алгоритмов для анализа и прогнозирования ВР на рынке Forex, которые, однако, в работе

отсутствуют. Их наличие позволило бы подтвердить известную универсальность подходов, предложенных в диссертации для экономических временных рядов.

2. Представляют, как научный так и практический интерес, результаты применения метод SSA и разработанных в диссертации алгоритмов для анализа и прогнозирования не только чисел Вольфа, но и других астрофизических рядов. Их наличие позволило бы подтвердить известную универсальность подходов, предложенных в диссертации для астрофизических ВР.

3. Задача выделения гармонического сигнала из смеси сигнала и белого шума в радиолокации является одной из классических задач, называемой задачей оптимальной фильтрации периодического сигнала. Данная задача, по сути, аналогична задаче разделения смеси сигнала и шума в методе SSA.

В этой связи было бы полезно провести сравнение результатов, получаемых при использовании для ее решения известных алгоритмов и метода SSA.

4. Представляет несомненный научный интерес сравнение результатов анализа исследованных рядов с помощью других известных методов анализа нестационарных ВР – вейвлет-анализа и преобразования Гуанга-Гильберта, которое, однако, в работе отсутствует.

Сделанные замечания не отрицают общей положительной оценки выполненной работы.

Заключение

Диссертация Рабайя Фуада является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне.

Работа базируется на достаточном числе исходных данных, примеров и расчетов. Она написана доходчиво, грамотно и аккуратно оформлена. По работе в целом сделаны четкие выводы. Полученные автором результаты

достоверны, выводы и заключения обоснованы. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Таким образом, диссертационная работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842), а ее автор, Рабайя Фуад заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01–«Системный анализ управление и обработка информации (в науке и технике)».

Официальный оппонент,
д.ф.-м.н., профессор,
главный научный сотрудник Института промышленной экологии
Уральского отделения Российской академии наук (ИПЭ УрО РАН)
620990, г. Екатеринбург, ул. С.Ковалевской 20.
e-mail: bergd@mail.ru,
Тел. +79222087765

Д.Б. Берг

Подлинность подписи Д.Б. Берга заверяю.
Ученый секретарь ИПЭ УрО РАН
к.т.н., с.н.с.



А.Н. Медведев