

## **О Т З Ы В**

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

Диссертационная работа Рабайа Ф. посвящена решению проблемы научного обоснования рекомендаций по выбору параметров метода SSA при анализе и прогнозировании нестационарных временных рядов (ВР).

**Актуальность темы** диссертационного исследования обусловлена тем, что универсальных методов решения задач анализа и прогнозирования ВР не существует. В этой ситуации использование любого метода анализа и прогнозирования ВР требует проведения исследований с целью определения границ применимости методов, обоснованного выбора параметров данных методов и оценивания точности получаемых результатов.

Тематика работы 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 проблемной ситуации и дана постановка задач исследования.

**Во второй главе** диссертации проведено исследование особенностей собственных троек сингулярного разложения траекторной матрицы гармонического ВР.

**В третьей главе** диссертации изложены результаты применения метода SSA для анализа и прогнозирования нестационарного ВР, содержащего среднемесячные значения чисел Вольфа и ВР, содержащего часовые значения цен на электроэнергию.

## **Научная новизна полученных результатов**

К основным новым результатам, полученным в диссертации, относятся:

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

2. Использование 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. Уточнение понятия сильной и слабой разделимостей рядов

4. Исследование проблемы разделимости ВР вида «шум + const», «шум + периодическая составляющая», «шум + тренд» при различных отношениях сигнал/шум.

5. Алгоритм исследования точности прогнозирования ВР методом SSA.

6. Алгоритм выбора собственных троек траекторной матрицы ВР, используемых для прогнозирования значений ВР.

7. Экспериментальное подтверждение целесообразности использования 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 корректным использованием выбранных аналитических моделей, грамотной методологией построения статистического моделирования, а также экспериментальным подтверждением методики на практических примерах и согласованностью полученных результатов с имеющимися априорными данными.

**Значимость для науки и практики** результатов диссертационной работы заключается в разработке алгоритма исследования точности

прогнозирования ВР методом SSA и 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. В сформулированной цели работы содержится положение «Проверка **на примере** астрофизических и экономических ВР». Чем гарантируется общность полученных результатов?

2. Методы, основанные на анализе собственных чисел и сингулярного разложения, позволяют оценить число скрытых периодических компонент и их параметры при условии, что шум является «белым». Приведены результаты изучения свойств собственных чисел выборочной траекторной матрицы метода SSA временных рядов вида «периодическая составляющая + периодическая составляющая», «шум + const», «шум + периодическая составляющая», «шум + тренд» и разделимости составляющих данных ВР при различных отношениях сигнал/шум.

Отметим, что если шум коррелированный, то оцененная модель не всегда адекватна по количеству и параметрам исследуемого ВР.

3. При каких условиях справедливо утверждение, что сингулярное разложение ряда (длина окна усреднения) и набор главных компонент выбраны правильно?

4. При каких условиях справедливо утверждение об идентичности ГК временного ряда, содержащего дискретные значения периодической функции, и гармонических составляющих ряда Фурье? Об использовании какого преобразования идет речь: классического Фурье-преобразования или оконного Фурье-преобразования?

5. Известно, что основными недостатками традиционного анализа Фурье являются следующие: недостаточная информативность при анализе нестационарных сигналов и практически полное отсутствие возможностей анализа их особенностей (сингулярностей) (появляются «паразитные» высокочастотные составляющие, явно отсутствующие в исходном сигнале при наличии в нём скачков и разрывов); гармонические базисные функции разложения не способны в принципе отображать перепады сигналов с бесконечной крутизной типа прямоугольных импульсов, так как для этого требуется бесконечно большое число членов ряда; при конечном числе членов ряда Фурье в окрестностях скачков, разрывов и т. п. в восстановленном сигнале возникают значительные осцилляции – явление Гиббса (Gibbs phenomenon).

Как быть с фундаментальной проблемой, связанной с конечностью исследуемого ряда, в то время как преобразование Фурье требует, чтобы функция была заданной и периодичной на бесконечном интервале?

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, Рабая 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.т.н., профессор,  
профессор кафедры информатики  
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»  
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д. 30  
e-mail: zobninbb@mail.ru  
Тел. +7 912 249-86-09



Зобнин Б.Б.

