

ОТЗЫВ

официального оппонента

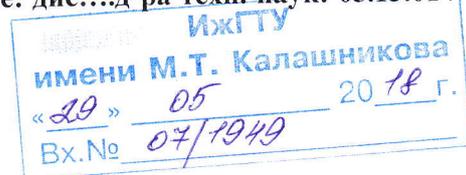
на диссертацию Пономаревой Натальи Владимировны
«Компьютерная спектральная обработка сигналов в музыкальной акустике на
основе параметрического дискретного преобразования Фурье»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка
информации (в науке и технике)»

Актуальность темы диссертации

Компьютерные методы спектральной обработки сигналов различной природы и структуры, благодаря преимуществам этих методов – доступности, скорости, возможности обеспечения точности и воспроизводимости результатов – в настоящее время находят широкое применение во многих областях, в том числе и в музыкальных технологиях, опирающихся на научные наработки музыкальной акустики. Методы и алгоритмы компьютерной спектральной обработки сигналов в музыкальной акустике – музыкально-акустических сигналов (МАС) – входят в ядро систем обработки музыкальных звуков.

Автор диссертации на основе анализа методов и алгоритмов компьютерной спектральной обработки МАС, опираясь на предложенную в работе¹ классификацию методов цифровой спектральной обработки сигналов, делает вывод о преимущественном использовании классических методов, основанных на дискретном преобразовании Фурье (ДПФ) и алгоритмах быстрого его вычисления – алгоритмах быстрого преобразования Фурье (БПФ), возможности которых, как показано в вышеназванной работе, могут быть расширены за счет перехода к параметрическим базисам Фурье и разработанному на их основе параметрическому дискретному преобразованию Фурье (ДПФ-П).

¹ Пономарева, О.В. Развитие теории и разработка методов и алгоритмов цифровой обработки информационных сигналов в параметрических базисах Фурье: дис....д-ра техн. наук: 05.13.01 / Пономарева Ольга Владимировна. – Ижевск, 2016. – 357 с.



Проанализировав структуру МАС и степень влияния на их обработку известных нежелательных эффектов ДПФ (частотокола, утечки, наложения, гребешкового эффекта), а также возможности, которые дают параметрические базисы Фурье и разработанное на их основе ДПФ-П, автор формулирует научную задачу разработки новых и совершенствования существующих методов и алгоритмов компьютерной спектральной обработки сигналов в музыкальной акустике на основе параметрического дискретного преобразования Фурье. Актуальность темы подтверждается большим интересом в России и во всем мире к задачам музыкальной акустики и широким использованием методов компьютерной спектральной обработки в этих задачах.

Оценка содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 141 источника и трех приложений, которые содержат материалы обработки тестовых МАС, результаты исследования характеристик обобщенного семейства трапецеидальных окон и копии актов о внедрении результатов диссертационной работы. Общий объем работы 187 страниц, включая 107 рисунков и 10 таблиц.

Во введении дана общая характеристика содержания диссертации. Обоснована актуальность диссертационной работы, определены цель, область, объект и предмет исследований, а также приведен перечень используемых методов исследований. Рассмотрены вопросы разработанности темы, достоверности, обоснованности и научной новизны полученных в диссертации результатов, а также их практической значимости. Приведены сведения об апробации результатов диссертационной работы и их публикации в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ и в зарубежных научных изданиях.

В первой главе соискатель, рассматривая методы спектральной обработки МАС, сформулировал научную задачу разработки новых и совершенствования существующих методов и алгоритмов компьютерной спектральной обработки МАС на основе параметрического дискретного преобразования Фурье, повышающих эффективность и результативность

обработки сигналов в музыкальной акустике, что позволило определить и обосновать задачи диссертационного исследования.

Вторая глава посвящена разработке методов и алгоритмов компьютерной спектральной обработки МАС на основе ДПФ-П, позволяющих анализировать спектр на частотах между частотами стандартного ДПФ и, тем самым, бороться с эффектом частотола при цифровой обработке МАС.

Разработанные в главе методы и алгоритмы предназначены, во-первых, для решения базовых задач анализа спектра: выявления спектральных пиков и оценки динамики изменения отдельных частот, находящихся между частотами стандартного ДПФ, и, во-вторых, для ускорения решения некоторых специфических задач, связанных с выборочным нахождением коэффициентов различных преобразований: ДПФ, ДПФ-П и дискретного преобразования Гильберта.

Каждый из разработанных методов и алгоритмов явным образом применим к задачам обработки МАС, но может использоваться и при обработке других сигналов, имеющих аналогичную структуру, например, в гидролокации, вибродиагностике, медицинской диагностике и т.п.

Разработанные методы и алгоритмы предваряются обобщением понятия линейной инверсии дискретного времени для базисов параметрического дискретного преобразования Фурье, которое показывает глубокую теоретическую проработку соискателем вопросов, связанных с использованием ДПФ-П, и необходимость такой проработки для корректного применения нового преобразования на практике.

Основные выводы о преимуществах разработанных методов и алгоритмов иллюстрируются теоретическими результатами и экспериментами на модельных сигналах.

В третьей главе диссертационного исследования излагаются результаты приложения разработанных методов и алгоритмов к решению одной из основных задач (вторая – определение тембра) обработки МАС – к задаче определения частоты их основного тона. Актуальность решения этой задачи в музыкальной акустике связана с тем, что именно частота основного тона МАС

играет центральную роль в определении слуховой системой человека высоты тона, которая служит в музыке основой мелодии, гармонии и интонации

В главе рассмотрены особенности определения основного тона МАС, исследованы вопросы нахождения значений дискретно-временного преобразования Фурье на частотах музыкальных шкал, определения автокорреляционной функции МАС без наложений в корреляционной области, а также выявления огибающей обертонов с использованием методов и алгоритмов на основе ДПФ-П.

В главе показано, что:

- ДПФ-П и разработанные на его основе методы, за счет варьирования параметра θ позволяют не только контролировать теоретические значения частот музыкальных шкал, но и подстраиваться при анализе под реально звучащие частоты, которые могут отличаться как в силу настройки инструментов, так и в силу особенностей исполнения;
- важным преимуществом ДПФ-П перед ДПФ, является возможность восстановить информацию о значениях корреляционной функции МАС, которая была бы утрачена при использовании для ее оценки ДПФ.

Приведенные в главе тестовые примеры по приложению разработанных методов и алгоритмов к решению задачи определения основного тона музыкально-акустических сигналов наглядно показывают эффективность методов и алгоритмов, разработанных на основе ДПФ-П.

В четвертой главе рассмотрено приложение разработанных в диссертации методов и алгоритмов на основе ДПФ-П ко второй из основных задач обработки МАС – задаче определения тембра.

В главе рассмотрены особенности определения тембра музыкально-акустических сигналов, вопросы анализа переходных процессов музыкально-акустических сигналов и сравнения спектров разных музыкальных инструментов и определение субъективных характеристик тембра.

В главе на тестовых примерах показано, что получение спектрально-временной картины МАС того или иного музыкального инструмента путем их

обработки методами и алгоритмами на основе ДПФ-П позволяет идентифицировать различные этапы развития МАС (атака, стационарная часть, спад). При этом анализ спектрально-временной картины МАС позволяет идентифицировать вид музыкального инструмента, выявлять во всех фазах – начальной, средней и конечной: порядок проявления обертонов во времени и изменение формы огибающей скользящего спектра во времени.

В главе автором справедливо сделан вывод о том, что информация о спектрально-временной картине МАС того или иного музыкального инструмента на различных этапах (атака, стационарная часть, спад), получаемая методом скользящего ДПФ-П, является более полной, в сравнении с ДПФ, поскольку позволяет увидеть (за счет вариации параметра θ) тонкую структуру спектрально-временной картины МАС, которая до сих пор была недоступна исследователям.

Анализ содержания диссертационной работы позволяет сделать вывод о достижении автором поставленной цели, решении основных и частных задач диссертационного исследования.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации Пономаревой Н.В. обеспечена строгими математическими доказательствами свойств разработанных методов и алгоритмов компьютерной спектральной обработки МАС, существованием быстрых процедур их реализации, сопоставлением результатов теоретических исследований с экспериментальными данными, а также уровнем применяемых автором теорий и методов при решении теоретических и практических задач обработки МАС.

Высокая степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации Пономаревой Н.В. подтверждается и их представительным обсуждением в научных изданиях и на 11 международных и всероссийских научных конференциях, а также актами внедрения, разработанных автором методов, алгоритмов в промышленность и учебный процесс.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные положения, выводы и рекомендации диссертационного исследования Пономаревой Н.В. обладают необходимым уровнем достоверности и новизны. Сформулированные в диссертационном исследовании научные положения, выводы и рекомендации компьютерной спектральной обработки сигналов в музыкальной акустике основаны на новых базисах – базисах параметрических дискретных экспоненциальных функций (ДЭФ-П), перспективность приложений которых в других предметных областях не вызывает сомнения.

Следующие выделить новые научные результаты, полученные в диссертационном исследовании:

1. Методы компьютерной спектральной обработки МАС, в том числе:
 - метод локализации спектральных пиков на основе ДПФ-П;
 - метод вычисления коэффициентов ДПФ-П в заданном диапазоне частот с возможностью быстрого нахождения коэффициентов в других диапазонах;
 - метод получения прореженных коэффициентов ДПФ-П;
 - метод расширения функциональных возможностей цифровой фильтрации на основе частотной выборки, позволяющий анализировать частоты между частотами стандартного ДПФ.
2. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов, в том числе:
 - Вычислительно-эффективный алгоритм дискретного преобразования Гильберта (ДПГ);
 - Алгоритм скользящего ДПФ-П для спектрально-временной обработки сигналов.
3. Обобщение понятия линейной инверсии дискретного времени для базисов ДПФ-П.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждена опубликованием автором 35 печатных работ, из них: 1 статьи в журнале, входящем в международную реферативную базу данных и систему цитирования *Scopus*, 4 статей в журналах,

составляющих ядро коллекции Российского индекса научного цитирования *Science Index* (РИНЦ), которое размещено на платформе *Web of Science* как *Russian Science Citation Index* (RSCI), 5 статей в зарубежных научных изданиях; 10 статей в журналах, входящих в перечень ВАК РФ рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук. 6 научных работ выполнены соискателем лично, остальные в соавторстве.

Замечания по диссертационной работе

1. Автор рассматривает в диссертации классические, получившие наиболее широкое распространение, методы спектральной обработки сигналов в музыкальной акустике и, на базе системного подхода, формулирует актуальную научную задачу, решаемую в диссертации. В тоже время, на мой взгляд, следовало бы больше внимания уделить анализу (в том числе и критическому) эффективности и других (неклассических) методов спектральной обработки сигналов в музыкальной акустике.
2. Во второй главе автором для обработки сигналов в музыкальной акустике разработан эффективный алгоритм быстрого вычисления скользящего спектра Фурье музыкально-акустических сигналов на основе ДПФ-П. Неясно, почему автором не рассмотрено введение «скачущего ДПФ-П», по аналогии с существующим скачущим ДПФ?
3. При рассмотрении быстрого алгоритма вычисления дискретного преобразования Гильберта музыкально-акустических сигналов с целью измерения мгновенных значений огибающей МАС не вполне ясно о какой огибающей идет речь.
4. В тексте диссертационной работы и автореферате диссертации встречаются некоторые стилистические погрешности.

Высказанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации Пономаревой Н.В.

Заключение

Диссертация Пономаревой Натальи Владимировны является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной и актуальной научной задачи.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации, в нем с достаточной полнотой изложены основные идеи и выводы диссертационной работы, степень новизны и практическая значимость результатов исследований. Приведенный в автореферате список публикаций автора отражает основные результаты диссертации.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационном исследовании, высокая, а их достоверность и новизна несомненна.

Диссертационная работа удовлетворяет требованиям пунктов Положения о присуждении ученых степеней (в том числе пунктов 9, 10, 11, 13, 14), а ее автор Пономарева Наталья Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и технике).

Официальный оппонент

Профессор кафедры радиоэлектронных средств
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»
д.т.н. (специальность 05.12.04), доцент

Прозоров Дмитрий Евгеньевич

«21» мая 2018 года

Адрес, включая адрес электронной почты:

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

610000, РФ, Приволжский федеральный округ,

Кировская область, г. Киров, ул. Московская, д.36

телефон/факс: 8(8332)742-526, email: de_prozorov@vyatsu.ru

СОБСТВЕННОРУЧНУЮ ПОДПИСЬ

Прозорова Д.Е. ЗАВЕРЯЮ

ВЕДЕНИЙ СПЕЦ-Т ПО КАДРАМ

Аксина О.М.

