

Рис. 3. Сравнительные результаты времени выполнения матричного умножения для различных параллельных алгоритмов

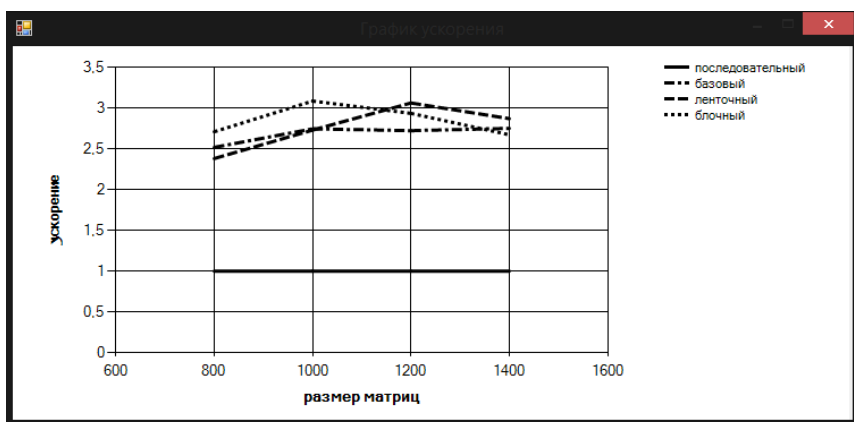


Рис. 4. Сравнительные результаты ускорения выполнения матричного умножения для различных параллельных алгоритмов

Примером практического применения программного комплекса является разработка вычислительной платформы для восстановления и разделения сигналов - определения сигналов источников, недоступных для прямых измерений, по измеренным в доступных точках сигналам приемников [4]. Моделирование позволило разработать программное обеспечение и выбрать оптимальную по соотношению производительность-цена архитектуру ВС для обработки в реальном времени сигналов системы автоматической локомотивной сигнализации [5], обеспечивающей безопасность движения поездов.

Литература

1. Гергель В.П. Высокопроизводительные вычисления для многоядерных многопроцессорных систем. – Нижний Новгород: НГУ им Н.И Лобачевского, 2010. – 421 с.
2. Мутагаров М.С., Засов В.А. Программа для моделирования параллельных алгоритмов матричного умножения. - Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016610466 от 12.01.2016г
3. Боресков А.В., Харламов А.А. Основы работы с технологией CUDA. – М.: ДМК Пресс, 2011.-231с.:ил.
4. Засов В.А., Ромкин М.В. Параллельные вычисления в задаче разделения сигналов в многомерных динамических системах // Труды VI Международной конференции «Параллельные вычисления и задачи управления (РАСО-2012)». - М.: Учреждение Российск. акад. наук Ин-т проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – 2012. – С.96-102.
5. Засов В.А., Ромкин М.В. Модель нерекурсивного вычислителя для решения задачи разделения сигналов // Аналитические и численные методы моделирования естественно -научных и социальных проблем: сб. статей VIII международной науч.- техн. конф. - Пенза: изд-во ПГУ, 2013. – С.174-179.

Н.В. Мясникова, М.П. Берестень, Б.В. Цыпин, М.Г. Мясникова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛОЖЕНИЯ НА ЭМПИРИЧЕСКИЕ МОДЫ НА ОСНОВЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ И ИНТЕГРИРОВАНИЯ В ИИС

(Пензенский государственный университет)

В последнее время возрастает интерес к разложению на эмпирические моды. Авторы используют такое разложение как предварительную обработку сигналов, позволяющую увеличить отношение сигнал/помеха, упростить алгоритм параметрического анализа (за счет сведения сложной задачи оценивания параметров модели порядка p к простым задачам оценивания параметров составляющих первого и второго порядков) и при этом существенно сократить время анализа.

Предварительное разложение использовалось авторами для измерения параметров сигналов сложной формы, а также для сжатия и восстановления сигналов в распределенных ИИС [1-5]. При этом рассматривались наиболее известное разложение empirical mode decomposition (EMD) и разложение на основе экстремальной фильтрации (ЭФ) [6-8]. В настоящее время предложены новые методы декомпозиции на основе дифференцирования-интегрирования [9-11]. Эти методы позволяют проводить разложение на эмпирические моды, как в порядке возрастания, так и в порядке убывания частот. Этот фактор важен, так как часто информативными являются именно низкочастотные компоненты.

Предложенный метод основан на подавлении высокочастотных составляющих при интегрировании и на их акцентировании при дифференцировании:



для извлечения мод в порядке возрастания их частот осуществляется многократное интегрирование сигнала для подавления высокочастотных компонент до тех пор, пока количество экстремумов не перестанет меняться, т.е. пока не останется одна (самая низкочастотная) составляющая; моды выделяются из интегрированных последовательностей путем дифференцирования, вычитания выделенной составляющей из интегрированных последовательностей более низкого порядка, повторения таких же действий с уже удаленной низкочастотной составляющей над интегрированными последовательностями, начиная с предыдущей; выделенные из интегрированных последовательностей составляющие дифференцируются по схеме Ланцоша столько раз, сколько раз последовательность интегрировалась;

для извлечения мод в порядке убывания их частот осуществляется многократное дифференцирование для акцентирования высокочастотных компонент до тех пор, пока не будет выделена последовательность со знакопеременными экстремумами; моды выделяются из дифференцированных последовательностей путем интегрирования, вычитания выделенной составляющей из дифференцированных последовательностей более низкого порядка, повторения таких же действий с уже удаленной высокочастотной составляющей над дифференцированными последовательностями, начиная с предыдущей; выделенные из дифференцированных последовательностей составляющие интегрируются с использованием весовой обработки, столько раз, сколько раз последовательность дифференцировалась.

На рисунках 1 и 2 показаны примеры разложения в порядке возрастания частот (на основе интегрирования-дифференцирования) и в порядке убывания частот (на основе дифференцирования-интегрирования), соответственно.

Слабым звеном в методе разложения в порядке возрастания частот мод можно считать применение дифференцирования на основе интегрирования, особенно если его приходится применять многократно: при малом окне сглаживания его применение неэффективно, а при большом сигнал излишне сглаживается. В принципе можно, если не стоит задача восстановления сигнала, и не дифференцировать выделенные моды, так как составляющие такого вида не меняют форму при дифференцировании: меняются только амплитуды из-за деления на Δt на каждом шаге, а также фазы. Последние, как правило, не являются информативными параметрами, они нужны только для восстановления сигнала. Поэтому можно просто нормировать выделенные нами составляющие: амплитуда умножается на $(2\pi f_c)^n$, где f_c - оценка частоты составляющей, а n - количество дифференцирований для восстановления сигнала, а фазу нужно изменить на величину $n \frac{\pi}{2}$.

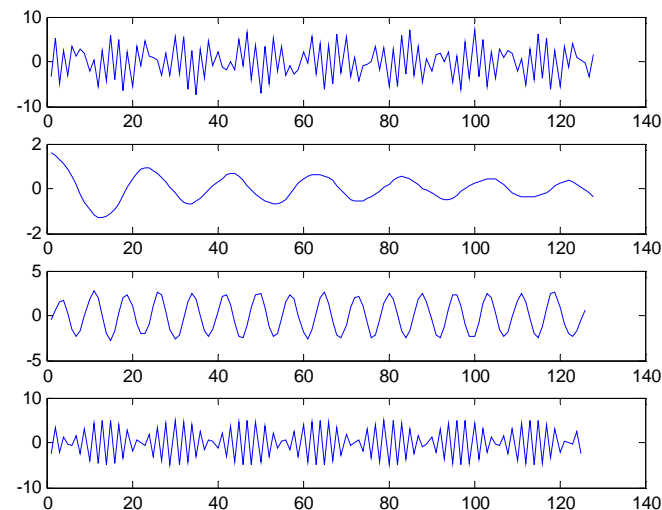


Рисунок 1 - Разложение на эмпирические моды в порядке возрастания частот мод на основе интегрирования – дифференцирования

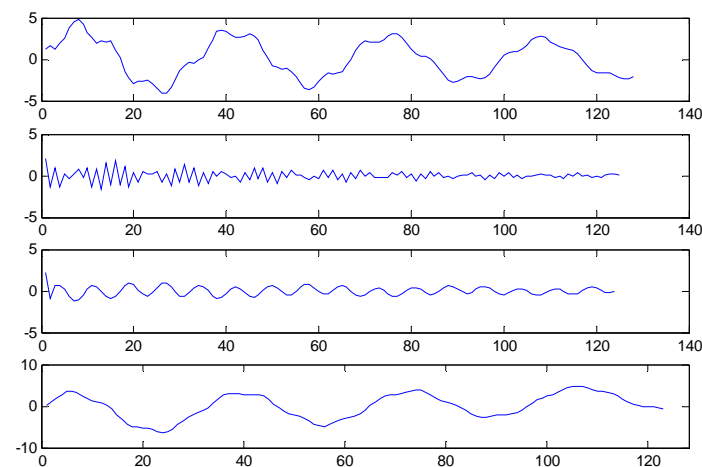


Рисунок 2 - Разложение на эмпирические моды в порядке убывания частот мод на основе дифференцирования – интегрирования



Соответственно в методе разложения в порядке убывания частот также можно избавиться от весового интегрирования. Достаточно просто нормировать выделенные составляющие: амплитуда умножается на $\left(\frac{1}{2\pi f_c}\right)^n$, где f_c - оценка частоты составляющей, а n - количество интегрирований для восстановления сигнала, а фазу нужно изменить на величину $-n\frac{\pi}{2}$.

Авторами разложение на моды ранее использовалось для параметрического анализа. При применении EMD-разложения сплайн-аппроксимация огибающих «зашумляет» составляющую, а при применении экстремальной фильтрации вся информация восстанавливается только по экстремумам процесса на основе аппроксимации функциями колокольной формы. То есть и там и там присутствует аппроксимация, причем форма аппроксимирующей функции удобна с математической точки зрения, но не соответствует описанию физических процессов, протекающих в технических устройствах. Желательно получить аппроксимацию в виде суммы колебательных и инерционных составляющих

$$x(t) = \sum_{i=1}^p U_i e^{\alpha_i |t|} \cdot e^{j(2\pi f_i t + \varphi_i)} \quad (1)$$

Вещественный процесс моделируется комплексно-сопряженной парой $e^{j(2\pi f_i t + \varphi_i)}$ и $e^{-j(2\pi f_i t + \varphi_i)}$. Здесь p - порядок модели; U_i , α_i , f_i , φ_i - параметры колебательного звена (соответственно - амплитуда собственных колебаний, коэффициент затухания, собственная частота и запаздывание). Отличие предложенного подхода в том, что параметры сигнала сложной формы определены по модам.

Если не требуется высокая точность и более важными являются временные ограничения, то параметры составляющих сигнала (амплитуды и затухания) могут быть определены в точках экстремумов $\ln(x_{sp}) = \ln(U) - \alpha_{sp}$, а частота, как уже отмечалось, определяется по числу экстремумов. Еще один параметр (фаза φ_i) определяется первым экстремумом t_{s1} каждой составляющей. Таким образом, могут быть определены все параметры модели (1).

Предполагается, что предложенное преобразование более естественно, так как интегрирование и дифференцирование не нарушают структуру, не изменяют частотных параметров составляющих, а амплитуды и фазы могут быть восстановлены по одному из описанных алгоритмов.

В настоящее время проводится метрологический анализ алгоритма, вырабатываются рекомендации по применению.



Литература

1. Мясникова, Н.В. Применение разложения по эмпирическим модам в задачах цифровой обработки сигналов / Н.В. Мясникова, Л.А. Долгих, М.Г. Мясникова // Датчики и системы. - 2011. - № 5. - С. 8-10.
2. Ломтев, Е.А. Совершенствование алгоритмов сжатия-восстановления сигналов для систем телеизмерений/ Е.А. Ломтев, М.Г. Мясникова, Н.В. Мясников, Б.В. Цыпин// Измерительная техника. - 2015. - № 3. - С. 11-15.
3. Мясникова, Н.В. Разложение на эмпирические моды на основе экстремальной фильтрации// Н.В. Мясникова, М.П. Берестень // Цифровая обработка сигналов. - 2014. - № 4. - С. 13-17.
4. Терехина, А.В. Сравнительная оценка алгоритмов сжатия информации на основе метода Прони/ А.В Терехина // Современные проблемы науки и образования. - 2013. - № 1. - С. 166.
5. Ломтев, Е.А. Применение метода на основе экстремальной фильтрации в задачах сжатия измерительных сигналов/ Е.А. Ломтев, Б.В. Цыпин, А.В. Терехина// Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. - 2013. - № 1. - С. 55-59.
6. Мясникова, Н.В. Экстремальная фильтрация и ее приложения / Н. В. Мясникова, М. П. Берестень // Датчики и системы. - 2004. - № 4. - С. 8-11.
7. Мясникова, Н.В. Методы разложения сигналов на основе экстремальной фильтрации / Н.В. Мясникова // Датчики и системы. - 2011. - № 2. - С. 8-12.
8. Мясникова Н.В., Совершенствование модели быстропеременных процессов и алгоритма экспресс-анализа/ Н.В. Мясникова, М.П. Берестень, Л.А. Долгих// Датчики и системы. - 2014. - № 10. - С. 22-26.
9. Мясникова, Н.В. Алгоритм выделения низкочастотных мод / Н.В. Мясникова, М.П. Берестень // 17-я Междунар. конф. "Цифровая обработка сигналов и ее применение". Москва. 25-27 марта 2015. Труды Росс.науч.-техн. общества радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова. Сер. Цифровая обработка сигналов и ее применение. - М.: РНТО РЭС им. А.С. Попова, 2015. - С. 78-82.
10. Мясникова, Н.В. Разложение на эмпирические моды на основе дифференцирования и интегрирования/ Н.В. Мясникова, М.П. Берестень/ В сборнике: Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015) труды Международной научно-технической конференции. СГАУ. Самара, 2015. - С. 101-105.
11. Мясникова, Н.В. Разложение на эмпирические моды на основе дифференцирования и интегрирования/ Н. В. Мясникова, М. П. Берестень// Цифровая обработка сигналов. - 2016. - №1. - С. 13-17.