ВЕЙВЛЕТЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Г.ТЕМИРОВА, Г.ТОЖИБАЕВ, У.КАСИМОВА

Мақолада ностационар рақамли сигналларнинг вейвлет функциялар ёрдамида қайта ишлашнинг таҳлили келтирилган. Образларни таниб олиш, нутқий ва тиббий сигналларни қайта ишлаш ва синтезлаш, шунингдек, турбулент майдонларга оид масалаларни ечиш намуналари тақдим этилган.

***Калит сўзлар**: вейвлет, турбулент майдонлар, кодерлар, сейсмик сигналлар, дискретлаш, силлиқлик даражаси, ассиметрик вейвлетлар, видеокомпрессия, видеосиқиш, дактилоскопик база.*

В данной статье приведен анализ обработки нестационарных цифровых сигналов с помощью вейвлет функции. Представлены решения примерных задач, относящихся к распознаванию образов, обработке и синтезу различных сигналов, например, речевых, медицинских, а также турбулентных полей.

***Ключевые слова**: вейвлет, турбулентные поля, кодеры, сейсмические сигналы, дискретизация, степень гладкости, ассиметрические вейвлеты, видеокомпрессия, видеосжатие, дактилоскопическая база.*

This article contains the results of analysis of processed non-stationary digital signal with the help of wavelet function. The decisions of exemplary tasks related to cognition of images, processing and synthesis of different signals, for instance of speech, medica as well as turbulent fields.

***Key words**: wavelet, turbulent field, coders, seismic signals, discretion, level of smoothness, asymmetrical wavelet, video compression, video squeezing, dactylographic base.*

В последнее десятилетие в мире возникло и оформилось новое научное направление, связанное с так называемым «вейвлет» (слово “wavelet”, являющееся переводом французского “ondelette”,

означает небольшие волны, следующие друг за другом). Можно без преувеличения сказать, что вейвлеты произвели революцию в области теории и практики обработки нестационарных сигналов. В настоящее время вейвлеты широко применяются для распознавания образов; при обработке и синтезе различных сигналов, например, речевых, медицинских; для изучения свойств турбулентных полей и во многих других случаях.

Большое развитие получила практика применения вейвлетов для решения задач сжатия и обработки изображений, являющихся нестационарными по своей природе. В этой области применение вейвлет позволило достичь одновременного снижения сложности и повышения эффективности кодеров. Вейвлет-приобразование легло в основу международных стандартов MPEG-4, JPEG-2000, стандарта на сжатие отпечатков пальцев ФБР, видеокодеков фирмы Analog Devices.

Огромный интерес к изучению теории и практики вейвлет вызвал лавинообразный поток литературы. В США и других развитых странах ежегодно издаются десятки книг, учебных пособий, тематических выпусков журналов. Теория и практика вейвлет находится на стыке различных наук: математики, физики и т.д. Первое упоминание о вейвлетах появилось в литературе по цифровой обработке и анализу сейсмических сигналов (работы А.Гроссмана и Ж.Морлета). Так как интерес авторов заключался в анализе сигналов, набор базисных функций был избыточным. Далее, математик И.Мейер показал существование вейвлетов, образующих ортонормальный базис. Дискретизация вейвлет была описана в статье И.Добеши, которая перекинула мост между математиками и специалистами в области обработки сигналов. Добеши разработала семейство вейвлет, имеющих максимальную гладкость для данной длины фильтра. Популярность вейвлетов увеличилась после введения С.Маллатом концепции кратномасштабного анализа. Он же первым применил вейвлеты для кодирования изображений. И И.Добеши, и С.Маллат показали, что практическое выполнение вейвлет осуществляется посредством двухполосного банка фильтров анализа, известного ранее в теории субполосного кодирования. Эта теория может быть описана в терминах вейвлетов. Главное различие между этими двумя направлениями заключается в критериях построения фильтров.

Некоторые идеи теории вейвлетов частично были разработаны уже давно. Например, А.Хаар опубликовал в 1910 году полную ортонормальную систему базисных функций с локальной областью определения. Эти функции называются теперь вейвлетами Хаара. В настоящее время исследования в области вейвлетов ведутся по многим направлениям. Несмотря на то, что теория вейвлет уже в основном разработана, точного определения, что же такое «вейвлет», какие функции можно назвать вейвлетами, насколько нам известно, не существует. Обычно под вейвлетами понимаются функции, сдвиги и растяжения которых образуют базис многих важных пространств. Эти функции являются компактными как во временной, так и в частотной области.

Вейвлеты непосредственно связаны с кратномасштабным анализом сигналов. Вейвлеты могут быть ортогональными, полуортогональными, биортогональными. Эти функции могут быть симметричными, асимметричными и несимметричными. Различают вейвлеты с компактной областью определения и не имеющие таковой. Некоторые функции имеют аналитическое выражение, другие – быстрый алгоритм вычисления, связанного с ними вейвлет. Вейвлеты различаются также степенью гладкости. Для практики желательно было бы иметь ортогональные симметричные (асимметричные) вейвлеты. К сожалению, доказана теорема о том, что таковыми являются лишь вейвлеты Хаара. Функции Хаара не обладают достаточной гладкостью и не подходят для большинства приложений, поэтому для кодирования изображений обычно используют биортогональные вейвлеты.

В настоящее время многие исследователи понимают под вейвлетами более широкий класс функций. Это и вейвлет – локальные тригонометрии-ческие базисы (вейвлеты Малвара), и мультивейвлеты, и так называемые вейвлеты второго поколения, не являющиеся сдвигами и растяжениями одной функции. В самом деле, сходные идеи появлялись на протяжении последних десятилетий: субполосное кодирование, успешно применяемое при кодировании речи, пирамидальные схемы кодирования изображений, преобразование и функции Габора (вейвлеты Габора). С развитием теории вейвлетов произошло как бы объединение, взаимопроникновение, взаимообогащение этих идей, что привело к качественно новому результату. С точки зрения практики наиболее интересными представляются быстрые алгоритмы вычисления вейвлет.

Широко распространенные приложения мультимедиа (графика, аудио, видео) с каждым днем предъявляют все более высокие требования к аппаратной базе компьютера. Ни наращивание тактовой частоты процессора, ни увеличение объема

жесткого диска, ни улучшение пропускной способности каналов передачи данных, не в состоянии спасти положение. Единственным путем решения проблемы является разработка эффективных алгоритмов видеокомпрессии. Задача написания новых программ видеосжатия чрезвычайно актуальна для создателей цифровых систем видеонаблюдения, ведь именно в этой области постоянно приходится обрабатывать и хранить большие объемы видеоданных.

Под видеокомпрессией обычно понимается сокращение объема памяти, необходимой для хранения цифровых видеоданных и передачи их по каналам связи. Цель видеокомпрессии – более компактное представление изображений.

Для того, чтобы вейвлеты хорошо аппроксимировали исходный сигнал, они подвергаются масштабированию (сжатию или растяжению) и сдвигу (смещению). Результат вейвлет-преобразования – обычный массив числовых коэффициентов. Такая форма представления информации об изображении очень удобна, поскольку числовые данные легко обрабатывать.

После этого наступает очень важный этап – пороговое преобразование. Нужно отбросить коэффициенты, значение которых близко к нулю. Следует помнить, что при этом происходит необратимая потеря информации, ведь отброшенные коэффициенты участвуют в формировании изображения. Поэтому выбранное пороговое значение коэффициентов сильно влияет на качество изображения, задание слишком высокого порога повлечет за собой падение качества. Итак, видеокомпрессия происходит в два этапа: на первом осуществляется сжатие с потерей информации (вейвлет-преобразование), на втором – обычная архивация данных. Для восстановления изображения необходимо повторить все действия в обратном порядке. Сначала восстанавливаются значения коэффициентов, а затем по ним, применяя обратное вейвлет-преобразование, получают изображение (сигнал).

В качестве практического применения вейвлет-преобразования рассмотрены современные подходы к сжатию изображений. Вейвлет-анализ нашел широкое применение во множестве приложений: в медицине, в биологии, в нефтегазовой отрасли, в телекоммуникациях. ФБР активно использует вейвлеты для оптимизации алгоритмов хранения дактилоскопических баз данных, а NASA разрабатывает технологию применения вейвлет-анализа к задачам освоения космического пространства.

Между тем, во многих областях можно ожидать существенно лучших результатов за счет использования вейвлетов. Перечислим некоторые из них. Задачи, связанные с предсказанием. Это предсказание курса ценных бумаг на рынке, предсказание землетрясений, прогноз погоды.

В заключение, можно отметить, что вейвлеты и сопутствующие им идеи внесли неоценимый вклад в теорию и практику кодирования изображений и будут оставаться основным направлением исследований в этой области в ближайшем будущем.

Литература:

1. Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет преобразования. – М., 1999

2. Дремин И.М., Иванов О.В., Нечитайло В.А. Вейвлеты и их использование. // Успехи физических наук. – 2001. – №2.

3. Петров А. Вейвлеты и их приложения. – Рыбинск: РГАТА, 2007.

Андижон давлат университети,
Андижон машинасозлик институти,
2013 йил 4 октябрда қабул қилинган
(Тақризчи: ф.-м.ф.д. А.Расулов)