

МЕТОДИКА АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ЧАСТОТНО-ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СВОЙСТВ ДИСКРЕТНОГО ЛИФТИНГ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Л.А. РУИС¹, А.А. БОРИСКЕВИЧ², И.А. БОРИСКЕВИЧ³

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь
guisiguiz@gmail.com

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь
anbor@bsuir.by

³Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь
ilja.baryskievic@gmail.com

Предложена методика анализа и оценки частотно-пространственных свойств дискретного лифтинг вейвлет-преобразования (ДЛВП), основанная на выявлении взаимосвязи между параметрами и расположением элементов структуры лифтинг-схемы с помощью рекурсивного вычисления характеристик эффективности дискретного вейвлет-преобразования (ДВП), что позволяет определить оптимальную структуру лифтинг-схемы с учетом ограничений в системах обработки информации.

Ключевые слова: лифтинг-схема, дискретное вейвлет-преобразование, частотно-пространственные свойства, система обработки информации.

Эффективность современных систем цифровой обработки информации, широко используемых в таких областях, как топография, картография, медицина, видеонаблюдения, аэрофотография, метеорология и защита информации зависит от выбора формы представления информации и методов ее обработки. В настоящее время для повышения их характеристик эффективности используется дискретное вейвлет-преобразование на основе лифтинг-схемы [1], которая по сравнению с ДВП на основе банка фильтров обеспечивает низкую вычислительную сложность и возможность адаптации к информации [2]. Существует ряд проблем применения лифтинг-схемы: зависимость ее эффективности от четности размера анализируемого сигнала, динамический диапазон вейвлет-коэффициентов зависит от параметров лифтинг-операций, адаптивность вычисления ДЛВП чувствительна к способу учета локальных особенностей информации.

В связи с этим целью работы является разработка методики анализа и синтеза алгоритмов адаптивного дискретного лифтинг вейвлет-преобразования, основанная на учете взаимосвязи между параметрами лифтинг-схемы, характеристиками эффективности и частотно-пространственными свойствами ДВП.

Для оценки частотно-пространственных свойств ДЛВП предложена методика, позволяющая определить оптимальную структуру лифтинг-схемы и улучшить характеристики стандартных и синтезировать новые алгоритмы дискретного лифтинг вейвлет-преобразования в понятиях частотно-пространственных критериев (точности аппроксимации информации, степени концентрации энергии).

С помощью разработанной методики осуществляется выбор основных параметров элементов структуры лифтинг-схемы: 1) соотношение частотно-временной неопре-

деленности вейвлет-функций, данный параметр характеризует частотную и временную локализацию исходного сигнала в вейвлет-области; 2) коэффициенты лифтинг-операторов предсказания, обновления и масштабирования для достижения компромисса между быстродействием и частотно-пространственными характеристиками ДЛВП; 3) степень гладкости и количество нулевых моментов вейвлет-функций [3], позволяющие анализировать особенности мелкомасштабной структуры сигнала и/или его медленно изменяющиеся составляющие; 4) расширения на границах сигнала.

В зависимости от частотно-пространственных критериев осуществляется выбор расположения параметров элементов лифтинг-схемы из двух вариантов: с первичным предсказанием или с первичным обновлением.

После предварительного определения расположения и выбора параметров элементов лифтинг-схемы осуществляется рекурсивное вычисление следующих взаимосвязанных характеристик эффективности ДЛВП с целью коррекции параметров элементов лифтинг-схемы до их оптимизации: 1) динамический диапазон [3] и длина кодового слова; 2) оценка соотношения энергия/количество нулей; 3) коэффициент выигрыша кодирования на основе дисперсии; 4) степень сходства гистограмм исходного изображения и низкочастотного поддиапазона вейвлет-преобразования; 5) вычислительная сложность [4].

На основе предложенной методики разработаны модифицированные алгоритмы вычисления двумерного гибридного ДЛВП Биор9/7-Хаар [5] и бинарного ДЛВП [6], а также алгоритмы адаптивных дискретных лифтинг-вейвлет-преобразований [7-9].

Разработана методика анализа и оценки частотно-пространственных свойств дискретного лифтинг-вейвлет-преобразования, позволяющая определить оптимальную структуру лифтинг-схемы с учетом ограничений в системах обработки информации. Выявлено, что увеличение динамического диапазона вейвлет-матрицы зависит от количества уровней вейвлет-разложения при выполнении лифтинг-операции масштабирования. Определены условия уменьшения динамического диапазона вейвлет-матрицы в зависимости от выбора битового сдвига значений отсчетов сигнала, количества лифтинг-шагов и уровней вейвлет-разложения. Определено, что основными параметрами эффективности вейвлет-преобразования для решения задачи сжатия изображений без потерь являются количество нулей и соотношение энергия/количество нулей, а для решения задачи сжатия с потерями – гладкость и коэффициент выигрыша кодирования вейвлет-коэффициентов.

Список литературы

1. Sweldens W. // SIAM J. Math. Anal. – 1997. – № 29. – P. 25–546.
2. Claypoole R.L., Baraniuk R.G., Nowak R.D. // IEEE Trans. Im. Proc. – 1998. – № 12. – P. 1513–516.
3. Adams M.D. Reversible ITI Wavelet Transforms for Image Coding: PhD Thesis. British Columbia, 2002.
4. Booth A.D. // Quarterly Journal of Mechanics and Applied Math. – 1951. – № 4. – P. 236–240.
5. Руис Л.А., Борискевич А.А., Цветков В.Ю. // Prospects of development of modern inform. and commun. technologies Procee. Int. Scien. And Tech. Conf., Вакц, 22–24 sep. 2011 – P. 492–497.
6. Руис Л.А., Борискевич А.А. // Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраич. кодирование и безопасность данных: материалы междунар. науч.-техн. семинара, Минск, 2012. – С. 47–56.
7. Борискевич А.А., Руис Л.А. // Известия НАНБ. Сер. ф-т. наук. – 2011. – № 4. – С. 102–109.
8. Руис Л.А., Борискевич А.А., Борискевич И.А. // Известия НАНБ. Сер. физ.-техн. наук. – 2012. – № 4. – С. 89–98.
9. Руис Л.А., Борискевич А.А. // Докл. БГУИР. – 2013. – № 6. – С. 55–61.