

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.921

Шкет
Никита Николаевич

Методы компрессии изображений на основе декорелирующего вейвлет-преобразования

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-40 80 01 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»

Научный руководитель

Петровский Н. А.

кандидат технических наук, доцент

Минск 2020

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Постоянно растущие объёмы информации в мире опережает темпы развития систем передачи данных, что требует принятия мер по уменьшению объёмов передаваемой информации. Особое место среди этой информации занимают изображения, как наиболее понятная человеку форма информации. И решением этой проблемы занимаются эффективные алгоритмы, выполняющие сжатие изображений. Большую популярность сейчас набирает стандарт JPEG 2000, который является последователем самого популярного стандарта сжатия изображений – JPEG. Этот стандарт использует вейвлет-преобразование, благодаря которому заметно повышается эффективность сжатия, в сравнении с предшественником.

Вместе с увеличением эффективности, увеличивается и вычислительная сложность, а также растёт задержка, обусловленная увеличением числа операций и требованиями к сохранению результатов в промежуточных буферах памяти. Большую часть работы составляет выполнение самого преобразования. Более того, сжатие по стандарту JPEG 2000 находит своё применение во многих областях мультимедиа, и для некоторых из них снижение задержки не менее важно, чем уменьшение вычислительной сложности. Таким образом, для эффективной компрессии изображений необходимо оптимизировать существующие подходы, что требует, в первую очередь, оптимизации самой сложной части – преобразования.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель данной работы – определение оптимальной структуры двумерного вейвлет-преобразования для компрессора изображений. Структура преобразования наиболее сильно влияет на ресурсы, требуемые для работы компрессора, и задержку на обработке изображения, что делает крайне важной оптимизацию преобразования для оптимизации компрессора в целом.

В данной работе исследовано качество современных схем двумерного вейвлет-преобразования, а также развита оценка вносимой минимальной задержки при выполнении двумерного вейвлет-преобразования на ПЛИС.

Было определено, что структуры, уменьшающие количество шагов, не всегда дают уменьшение задержки при преобразовании при реализации в параллельных системах, как, например, ПЛИС. Также, было доказано, что структура с наименьшим числом шагов преобразования не обладает наименьшими потерями информации при преобразовании. Были выбраны самые подходящие структуры преобразования для реализации на ПЛИС для разных задач.

Исследования, проведённые в рамках данной работы, опубликованы в качестве тезисов в сборнике материалов к 56-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР в 2020 году.

Диссертация состоит из трёх глав. В первой главе описывается общее устройство трансформационного кодирования изображений, описывается необходимость развития вейвлет-преобразования для оптимизации алгоритмов компрессии, а также приводится краткая сводка о развитии двумерного вейвлет-преобразования. Вторая глава посвящена теоретическим сведениям о вейвлет-преобразовании. Третья глава содержит результаты работы, включая описание построенных моделей, а также обоснование выбора структуры в зависимости от задач. Полный объём диссертации – 82 страницы. Объём, занятый иллюстрациями – 17 страниц, количество иллюстраций – 29. Объём, занятый таблицами – 3 страницы, количество таблиц – 7. Объём, занятый приложениями – 35 страниц, количество приложений – 3. В работе использован 31 библиографический источник, в т.ч. одна публикация соискателя.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

С развитием кодирования изображений наиболее успешным оказался подход трансформационного кодирования. Для трансформационного кодирования можно представить некоторую обобщённую структуру компрессора. Структура заключается в следующих шагах: разбиение на блоки, преобразование, квантование, переупорядочивание и кодирование. Данная структура представлена на рисунке 1.

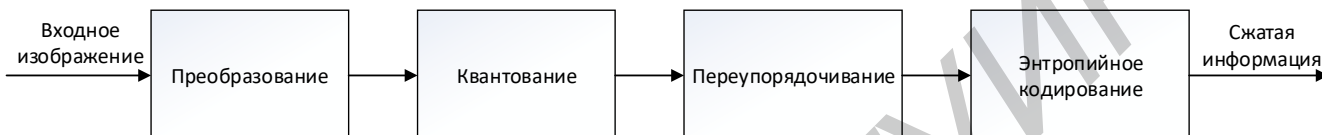


Рисунок 1 – Обобщённая структура трансформационного компрессора изображений

Первый этап, разбиение изображения на блоки, или сегментация, нужен для получения блоков необходимого для использования последующим преобразованием размера. Размер блоков определяется преобразованием, которое используется на следующем этапе, так что для вейвлет-преобразования этот этап обычно отсутствует. Второй этап – преобразование изображения. Данная операция позволяет сконцентрировать большую часть энергии изображения в небольшой области, оставляя значения оставшейся части изображения близкими либо равными нулю. Третий этап – квантование изображения, на котором происходит наибольшая потеря информации у кодера с потерями. Квантование необходимо для уменьшения количества бит, требуемого для кодирования изображения. Переупорядочивание коэффициентов необходимо для их группировки, что требуется для эффективной работы последнего этапа кодирования. Последний этап – энтропийное кодирование, производит сжатие имеющейся информации.

Все этапы, кроме энтропийного кодирования, определяются типом преобразования. Также, преобразование требует много вычислительных ресурсов. Если говорить о современных трансформационных компрессорах изображений, то можно выделить два самых распространённых типа – на основе ДКП и на основе ДВП. Вейвлет-преобразование обладает свойством масштабирования – возможность повторно применять преобразование к низкочастотной составляющей, а также позволяет добиться более сильного коэффициента сжатия, но производится сложнее, чем косинусное преобразование.

Схематически дискретное вейвлет-преобразование можно представить с использованием фильтров. Сигнал разбивается на два тракта, один из которых проходит через фильтр нижних частот и децимируется в два раза, другой – через

фильтр верхних частот, и также уменьшает частоту дискретизации в два раза. Данная схема называется свёрточной и представлена на рисунке 2.

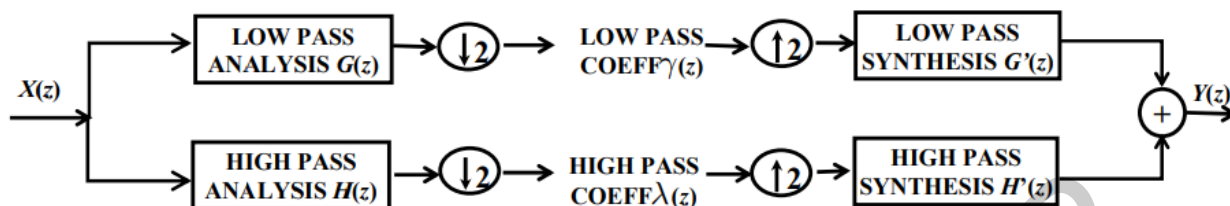


Рисунок 2 – Свёрточная реализация одномерного вейвлет-преобразования

Так как оно применяется к одномерному сигналу, для преобразования изображения необходимо применить вейвлет-преобразование дважды – по строкам и по столбцам, причём порядок преобразований не важен. В результате изображение разбивается на четыре полосы – LL, LH, HL, HH. Результат вейвлет-преобразования представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Результат одной ступени вейвлет-преобразования

Учитывая количество необходимых операций, а также то, что нужно выполнять их дважды, целесообразен переход к двумерному преобразованию.

Первым схему двумерного преобразования представил Свелденса в 1996 году. Схема представлена на рисунке 4.

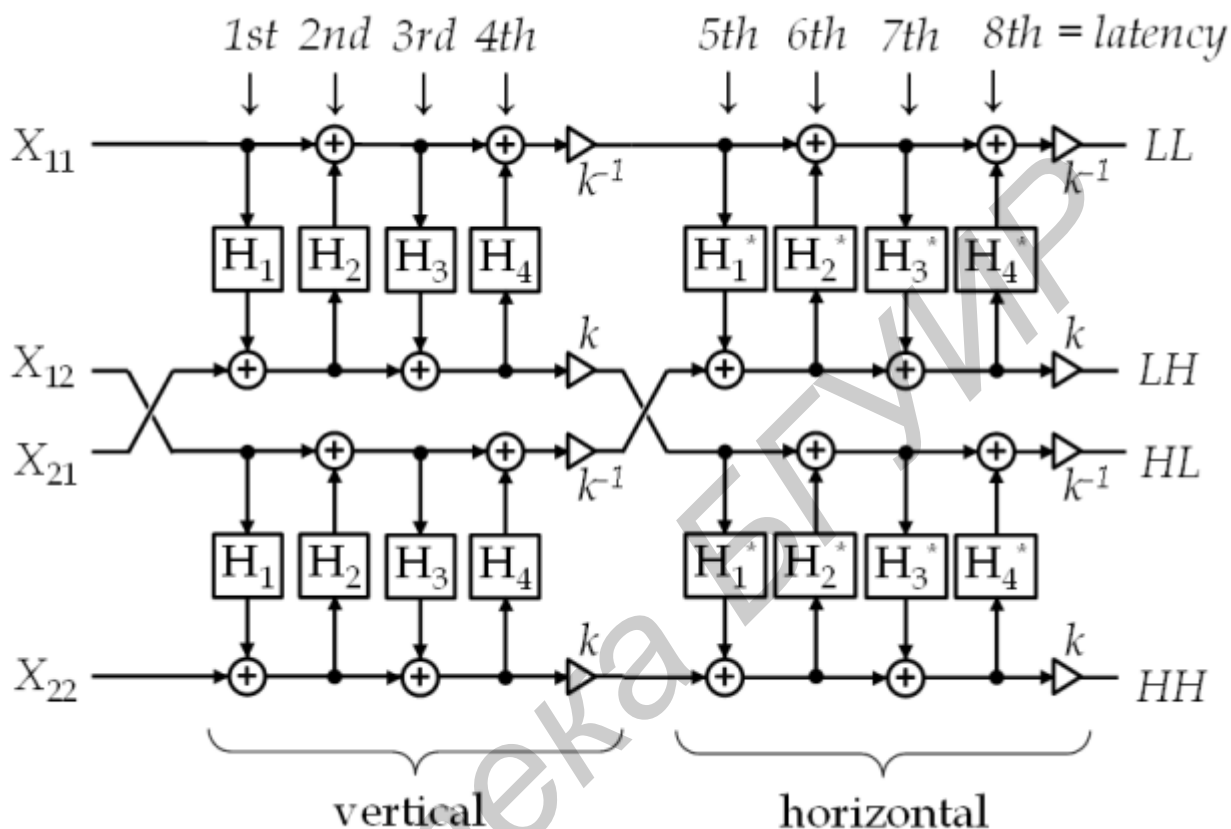


Рисунок 4 – Двумерное разделимое вейвлет-преобразование

Данная схема позволила работать с квадратными блоками точек изображения, и избавила двумерное вейвлет-преобразование от главной проблемы – дополнительного буфера, в котором сохранялись результаты между преобразованиями по строкам и по столбцам. Дальнейшее развитие привело к появлению схем Ивахаси и Кула, представленным на рисунках 5 и 6 соответственно.

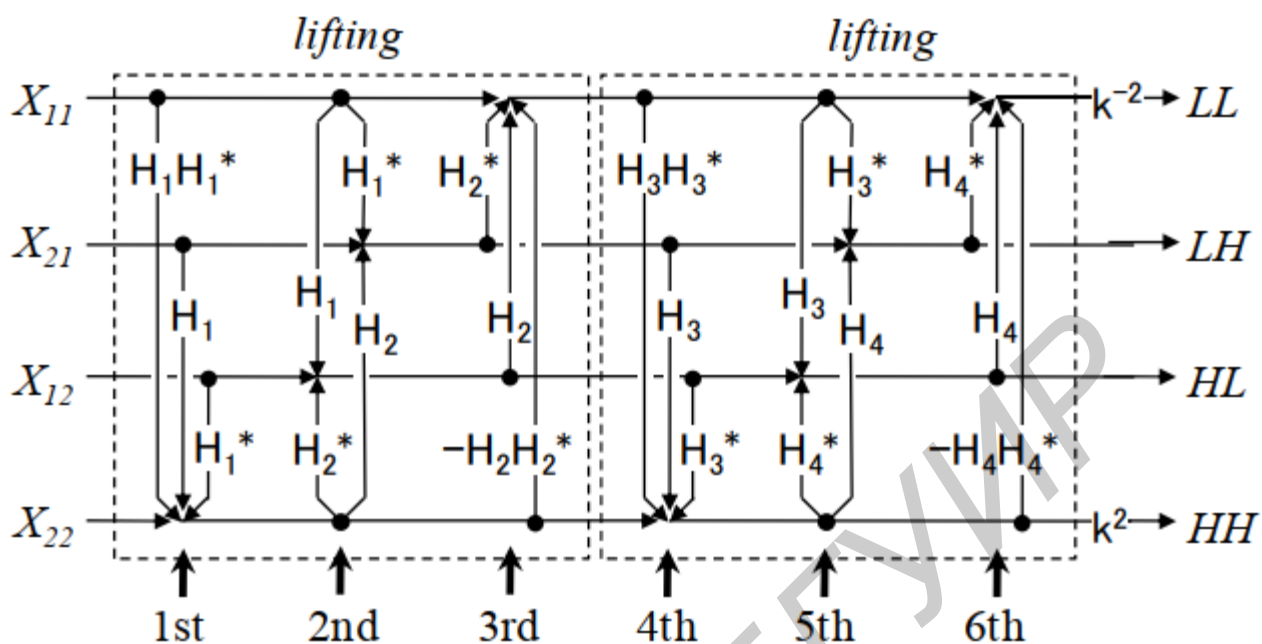


Рисунок 5 - Схема Ивахаси неразделимого двумерного вейвлет-преобразования

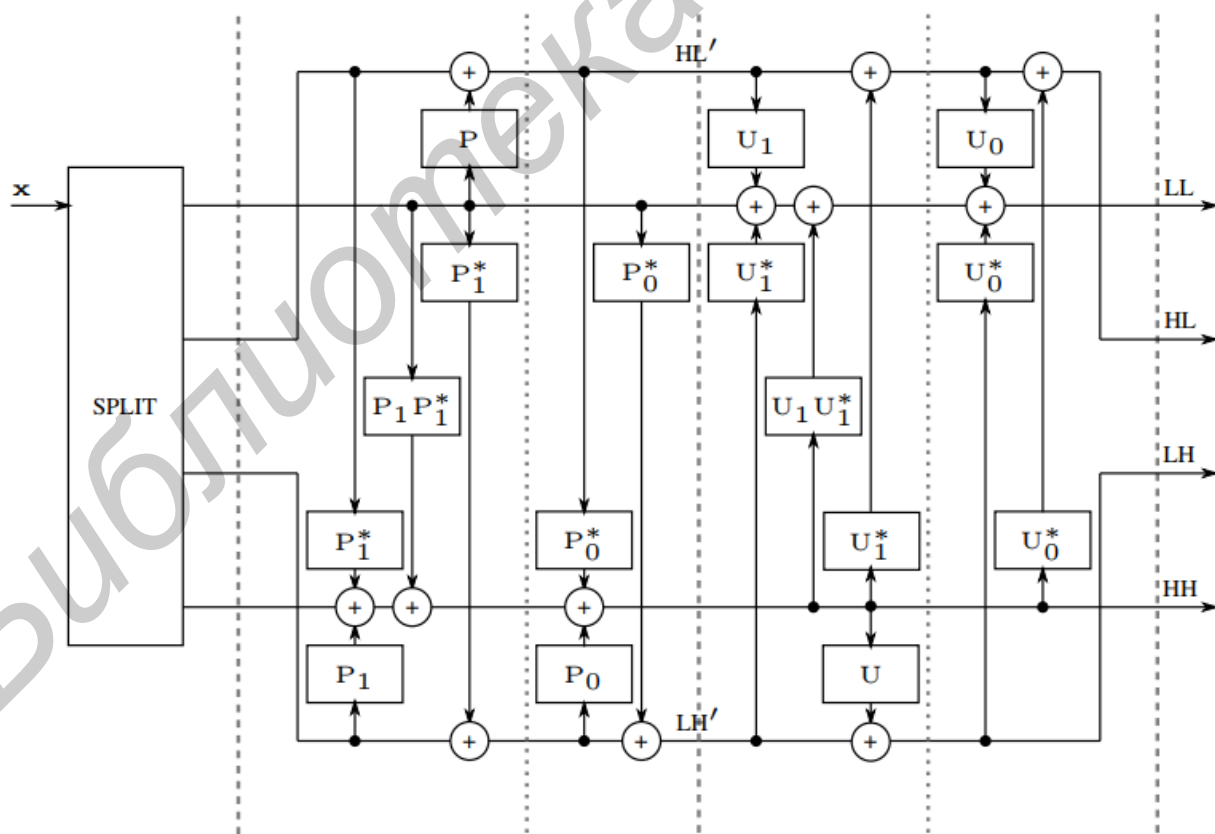


Рисунок 6 – Схема Кула неразделимого двумерного вейвлет-преобразования

В рамках данной работы были составлены модели всех рассмотренных схем, проведены прямое и обратное преобразование с разными разрядностями коэффициентов и произведена оценка полученных результатов с помощью характеристик PSNR и SSIM. Результаты представлены на рисунках 7 и 8 соответственно.

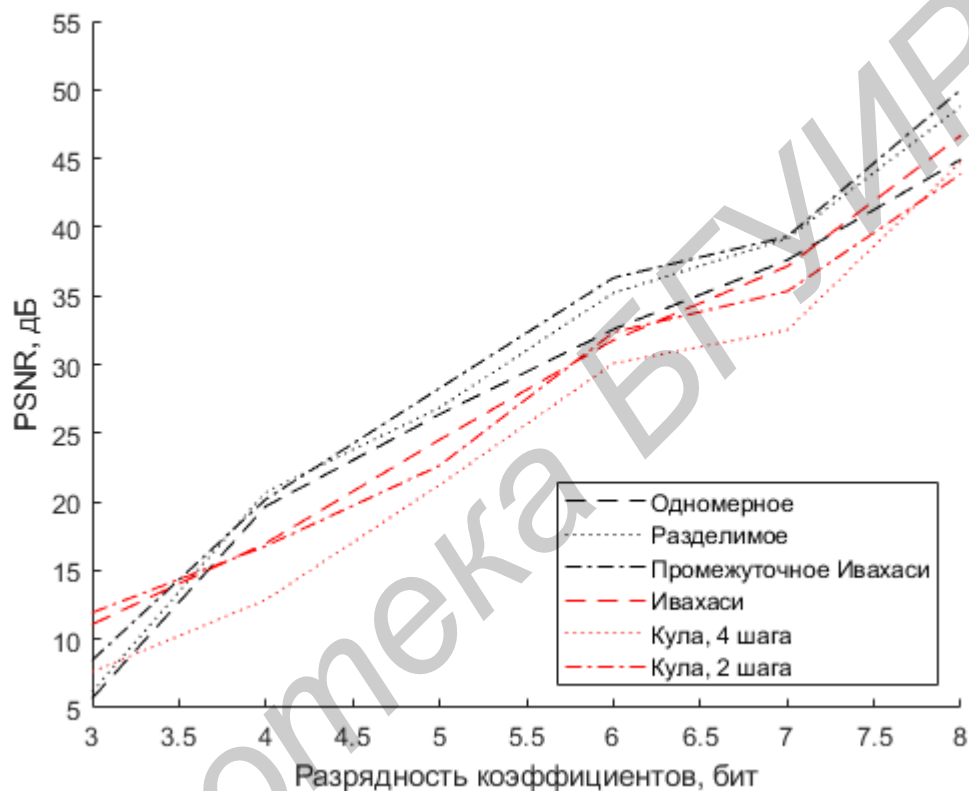


Рисунок 7 – Зависимость PSNR от разрядности представления вейвлет-коэффициентов

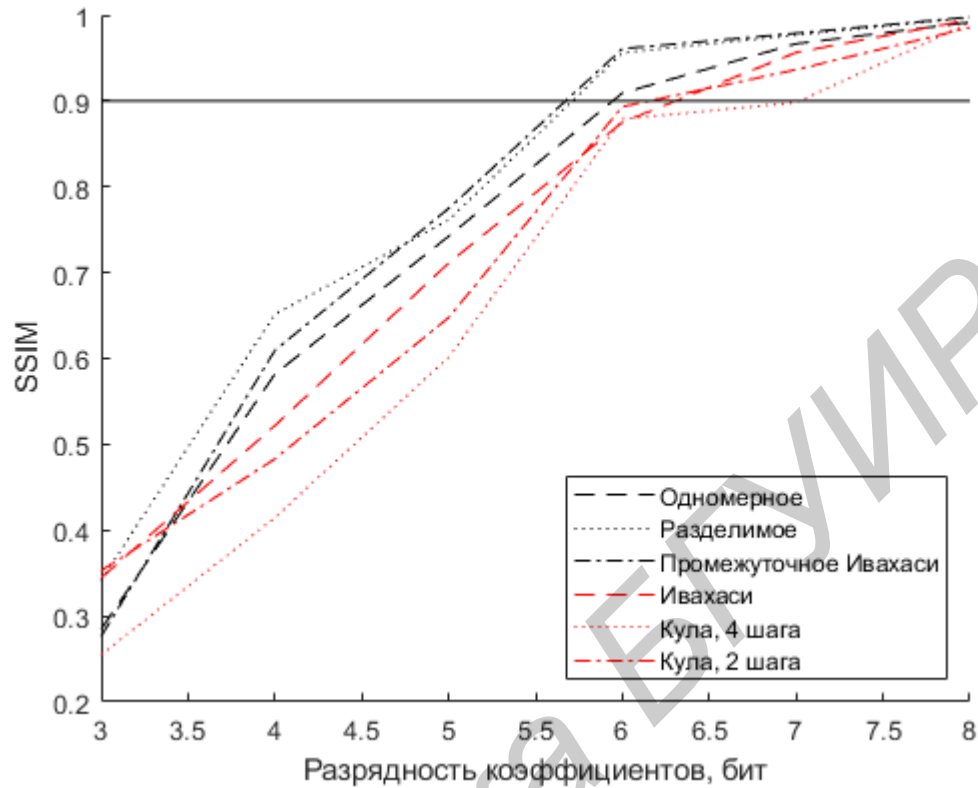


Рисунок 8 – Зависимость SSIM от разрядности представления вейвлет-коэффициентов

Также была произведена оценка задержки при преобразовании для реализации на ПЛИС. Оценка производилась из расчёта, что на ПЛИС данные поступают построчно, по одной точке за такт. При поступлении k точек за такт следует разделить полученное значение на k . Для изображения размером $N \times M$ точек результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – задержки на преобразовании при реализации на ПЛИС

Преобразование	Задержка, такты
Разделимое	$4M+3$
Промежуточное Ивахаси	$6M+3$
Ивахаси	$7M+3$
Кула, 4 шага	$3M+3$
Кула, 2 шага	$3M+3$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной работы исследованы разные схемы двумерного вейвлет-преобразования. Схемы оценивались по количеству потерь при преобразовании, что отражали характеристики PSNR и SSIM, а также по задержке поступающих данных, необходимой для проведения преобразований при реализации на ПЛИС. Исследование показало, что не существует одной наилучшей схемы, поэтому были даны критерии выбора схемы для определённых задач. Это позволяет в дальнейшем правильно использовать имеющиеся ресурсы, а также даёт возможность безошибочно выбирать путь развития двумерного вейвлет-преобразования и компрессоров изображения на его основе.

Библиотека БГУИР

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1 – А.] Шкет Н.Н. Методы реализации двумерного вейвлет-преобразования / Н.Н. Шкет, Н. А. Петровский // Компьютерные системы и сети: 56-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 21-24 апреля 2020 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2020 – С. 238 – 240.

Библиотека БГУИР