ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В МЕТОДАХ МАСШТАБИРОВАНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Гаврилов Игорь Александрович
Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада Ал-Хоразмий, Ташкент, Узбекистан.
E-mail: gavrilov-1960@mail.ru
Хикматуллаев Носир Ровшан угли
Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада Ал-Хоразмий, Ташкент, Узбекистан.
E-mail: mr.xikmatullaev@gmail.com

Received: 13.12.2025
Revised: 14.12.2025
Accepted: 15.12.2025

Ключевые слова: вейвлет-преобразование, масштабирование изображений, телевизионные изображения, обработка видеосигналов, super-resolution.

Аннотация. В условиях активного развития цифровых телевизионных технологий задача масштабирования изображений остаётся актуальной при обработке видеосигналов различного пространственного разрешения. Отображение контента на экранах высокой и сверхвысокой чёткости требует эффективных методов увеличения разрешения изображений, полученных из источников более низкого качества. В работе рассматриваются возможности применения вейвлет-преобразований в методах масштабирования телевизионных изображений. Анализируются ограничения классических интерполяционных подходов, описываются принципы вейвлетного представления изображений и обосновываются его преимущества. Проводится краткое сравнение с современными методами super-resolution, включая нейросетевые алгоритмы. Сделан вывод о целесообразности применения вейвлет-преобразований в практических системах обработки телевизионных изображений.

Введение. Масштабирование телевизионных изображений является одной из ключевых задач цифровой обработки видеосигналов. Современные системы телевизионного вещания и мультимедийные платформы ориентированы на форматы высокой и сверхвысокой чёткости, что требует адаптации видеоконтента, сформированного в более низком пространственном разрешении. В результате повышаются требования к качеству масштабирования и сохранению визуальной информации.

Традиционные методы увеличения разрешения изображений, основанные на интерполяции пиксельных значений, широко применяются благодаря простоте реализации и низкой вычислительной сложности. Однако такие методы не учитывают структурные и частотные особенности изображения, что приводит к сглаживанию контуров, снижению резкости и

потере мелких деталей. Данные ограничения особенно заметны при обработке телевизионных изображений, содержащих сложные сцены и высококонтрастные элементы.

В этой связи возрастает интерес к альтернативным методам масштабирования, основанным на более глубоком анализе структуры изображения. Вейвлет-преобразования, обеспечивающие многомасштабное представление сигнала, рассматриваются как перспективный инструмент повышения качества масштабирования телевизионных изображений.

Цель и задачи исследования

Целью данного исследования является анализ применения вейвлет-преобразований в методах масштабирования телевизионных изображений и оценка их эффективности в сравнении с классическими и современными подходами.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

– обоснование актуальности масштабирования телевизионных изображений в современных системах обработки видеосигналов;
– анализ ограничений традиционных интерполяционных методов увеличения разрешения;
– описание принципов вейвлет-преобразований применительно к обработке изображений без использования сложного математического аппарата;
– выявление основных преимуществ вейвлетного подхода при масштабировании телевизионных изображений;
– проведение краткого сравнительного анализа с методами super-resolution, включая нейросетевые решения.

Основная часть

Особенности масштабирования телевизионных изображений

Телевизионные изображения характеризуются сложной пространственной структурой, включающей как однородные области, так и резкие границы между объектами. При масштабировании таких изображений особенно важно сохранить геометрическую целостность контуров и визуальную чёткость деталей. В условиях увеличения пространственного разрешения традиционные методы интерполяции не обеспечивают достаточного качества восстановления, что проявляется в виде размытости и искажения мелких элементов сцены.[2],[4]

Дополнительной сложностью является наличие шумов и артефактов, возникающих на этапе формирования и передачи телевизионного сигнала. Эти факторы ограничивают эффективность простых методов увеличения разрешения и требуют применения более адаптивных алгоритмов обработки изображения.

Принципы вейвлет-преобразований в обработке изображений

Вейвлет-преобразования позволяют представить изображение в виде совокупности компонент, соответствующих различным масштабам и частотным диапазонам. В результате разложения формируется многоуровневая

структура, включающая аппроксимирующую компоненту и набор детализирующих компонент, отражающих локальные пространственные изменения. [1],[3]

Аппроксимирующая компонента описывает глобальную структуру изображения, тогда как детализирующие компоненты содержат информацию о высокочастотных элементах, таких как границы и текстуры. Такое представление обеспечивает возможность локального анализа изображения и является особенно полезным при обработке телевизионных сцен с неоднородным распределением деталей.

Применение вейвлетного подхода к масштабированию изображений

Использование вейвлет-преобразований в задачах масштабирования основано на обработке коэффициентов разложения изображения. Увеличение пространственного разрешения может быть достигнуто путём интерполяции аппроксимирующих коэффициентов с последующим восстановлением детализирующих компонент. Такой подход позволяет сохранить структуру изображения и снизить уровень искажений.

Вейвлетные методы обеспечивают более точное восстановление контуров по сравнению с классическими интерполяционными алгоритмами. Кроме того, они позволяют адаптивно управлять вкладом детализирующих компонент, что способствует улучшению визуального качества масштабированного изображения без существенного увеличения уровня шума.

Сравнение с методами super-resolution

Современные методы super-resolution, основанные на нейросетевых алгоритмах, демонстрируют высокие показатели качества восстановления изображений. Однако такие методы требуют значительных вычислительных ресурсов и наличия обучающих наборов данных, а также могут проявлять чувствительность к типу входного сигнала. [4],[5]

Вейвлетные методы, в отличие от нейросетевых, обладают большей интерпретируемостью и предсказуемостью результатов. Они не требуют этапа обучения и могут быть эффективно реализованы в системах реального времени. Это делает вейвлетный подход привлекательным для практических приложений обработки телевизионных изображений, где важны стабильность и воспроизводимость результатов.

Заключение

Результаты проведённого анализа показывают, что вейвлет-преобразования являются эффективным инструментом масштабирования телевизионных изображений, позволяющим повысить качество восстановления по сравнению с традиционными интерполяционными методами. Многоуровневое представление изображения способствует сохранению структурных особенностей и повышению визуальной чёткости.

Вейвлетный подход может рассматриваться как рациональный компромисс между простыми интерполяционными методами и вычислительно затратными нейросетевыми алгоритмами super-resolution. Это обуславливает целесообразность его применения в системах обработки телевизионных

изображений, ориентированных на надёжность, интерпретируемость и воспроизводимость результатов.

Список литературы

1. Mallat S. A Wavelet Tour of Signal Processing. Academic Press, 2009.
2. Gonzalez R. C., Woods R. E. Digital Image Processing. Pearson, 2018.
3. Strang G., Nguyen T. Wavelets and Filter Banks. Wellesley-Cambridge Press, 1996.
4. Park S. C., Park M. K., Kang M. G. Super-resolution image reconstruction: a technical overview. IEEE Signal Processing Magazine, 2003.
5. Timofte R., Gu S., Wu J., Van Gool L. NTIRE 2018 challenge on single image super-resolution. Proceedings of CVPR Workshops, 2018.