

## УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТРАДИЦИОННОГО МЕТОДА КОМПЕНСАЦИИ ДВИЖЕНИЯ

Дам Чонг Нам, аспирант Московского физико-технического института (национального исследовательского университета), e-mail: chong.dam@phystech.edu.

## THE QUALITY IMPROVEMENT OF THE TRADITIONAL MOTION COMPENSATION METHOD

*Dam Trong Nam*

*This paper is dedicated to the research and development of prediction quality improvement of traditional motion compensation method for video codecs based on inter-frame block motion compensation. The paper proposes a new motion compensation method with the use of approximation functions with additional parameters. For applying the considered approximation functions in the video codec, the subtasks associated with the accuracy and the transmission method of additional parameters have been solved. Based on the results of high-definition video processing with the approximation functions studied, the best suitable function has been chosen. Application of the proposed method significantly reduces the amount of compressed data (from 15 % to 34 %) at a given quality of the reconstructed frame for high-definition videos.*

**Key words:** video coding, approximation function, motion estimation, motion compensation.

**Ключевые слова:** видеокodирование, функция аппроксимации, анализ движения, компенсация движения.

### Введение

Для уменьшения временной избыточности в видеокodеках используется анализ и компенсация движения. Традиционным методом компенсации движения является метод сопоставления блоков (СБ), заключающийся в нахождении блоков опорного кадра, соответствующих блокам текущего кадра с использованием какой-либо метрики [1]. В современных реализациях видеокodеков х.264 [2] и х.265 [3], а также в вейвлет-видеокodеке Dirac [4] использована простая метрика суммы абсолютных разностей (sum of absolute differences, SAD) из-за легкости вычисления, что не гарантирует оптимальность анализа движения. Действительно, традиционный метод СБ с метрикой SAD удачно работает для несложных видео, когда плоско-параллельное перемещение (трансляция) является основным типом движения объектов текущего кадра относительно опорного кадра, а для более сложных видео, в которых происходят изменение масштаба (зуммирование), вращение, изменение яркости и т.п., такой традиционный метод оказывается неэффективным.

Пусть  $Y$  – значение яркости какой-то точки рассматриваемого блока размером  $M \times N$  в текущем кадре,  $X$  – значение яркости точки с таким же положением в блоке соответствия в опорном кадре, тогда традиционный метод компенсации движения использует простую функцию аппроксимации  $Y = X$  для предсказания рассматриваемого блока текущего кадра на основе опорного кадра и вектора движения, который определяется условием минимизации суммы модулей разности для всех точек блока:

*Работа посвящена исследованию и разработке способа повышения качества предсказания в традиционном методе компенсации движения для видеокodеков, основанных на межкадровой блочной компенсации движения. В работе предложен новый метод компенсации движения с использованием функции аппроксимации с дополнительными параметрами. Для применения исследованных функций аппроксимации в видеокodеке решены подзадачи, связанные с точностью и способом передачи дополнительных параметров. На основе результатов обработки видео высокого разрешения с исследованными функциями аппроксимации выбрана наилучшая функция, подходящая для поставленной цели. Применение предложенного метода позволяет существенно снизить объем компрессированных данных (от 15 % до 34 %) при заданном качестве восстановленного кадра для видео высокого разрешения.*

$$SAD(V_x, V_y) = \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} |Y(x+m, y+n) - X(x+V_x+m, y+V_y+n)|. \quad (1)$$

Нужно отметить, что современные технологии и возможность распараллеливания вычислений позволяют выполнить процесс анализа движения с использованием более сложных, но более точных функций аппроксимации. В данной работе предложен способ повышения качества традиционного метода компенсации движения, заключающийся в применении других функций аппроксимации.

Целью работы является исследование различных функций аппроксимации для задачи сжатия видео, разработка улучшенного варианта традиционного метода компенсации движения и его применение для вейвлет-видеокodека.

Этот новый подход ранее не применялся. В стандарте H.265 [5] для частного случая, когда яркость кадра глобально уменьшается или увеличивается, применяется функция аппроксимации  $Y = aX$ , однако параметр  $a$

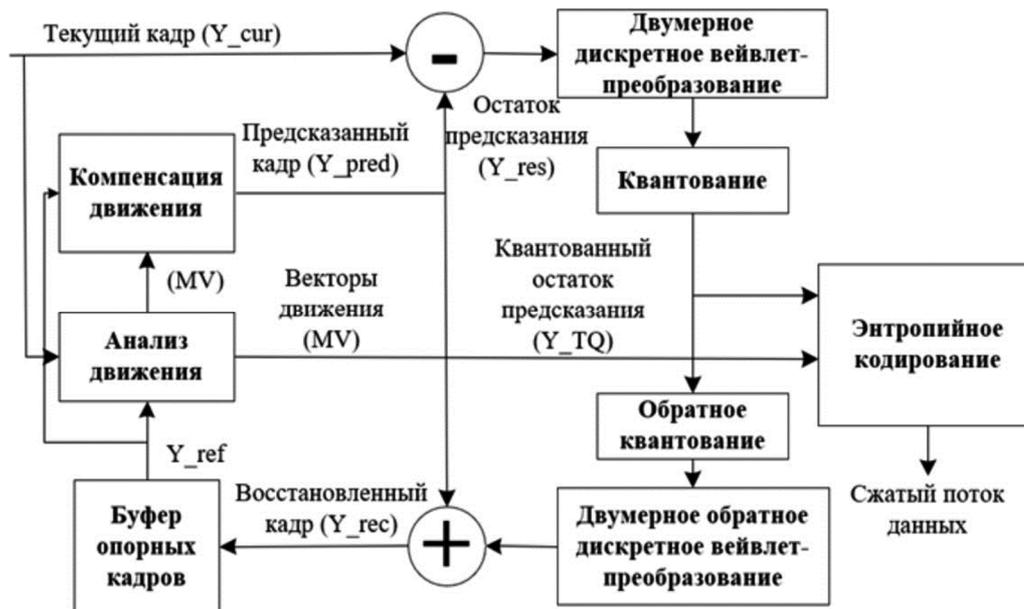


Рис. 1. Общая схема вейвлет-видеокодера

принимает одно значение для всего кадра, а не различные значения для каждого блока, как в предлагаемом ниже методе.

Практическая значимость работы подтверждена результатами обработки видео высокого разрешения 1080 p (1920×1080). Применение предложенного метода позволит существенно снизить объем компрессированных данных при заданном качестве восстановленного кадра.

#### Постановка задачи и перечисление подзадач

Анализ и компенсация движения применяются во всех современных видеокодеках, обеспечивая устранение временной избыточности. В качестве примера на рис. 1 приведена общая схема вейвлет-видеокодера.

Практической целью данной работы является разработка нового метода анализа движения для блока «Анализ движения» и разработка соответствующего метода компенсации движения для блока «Компенсация движения». Для сравнения эффективности предложенного метода с традиционным методом также реализован традиционный метод СБ. Нужно отметить, что для предложенного метода, кроме векторов движения, нужно дополнительно передавать параметры функции аппроксимации для каждого блока.

Для решения поставленной задачи, в работе решены следующие подзадачи:

- Поиск векторов движения традиционным методом СБ с точностью до четверти пиксела и предложенным методом с использованием различных функций аппроксимации. При этом яркость пиксела, смещенного на нецелый вектор движения, определяется с помощью восьмиточечной линейной интерполяции, используемой в стандарте H.265 для интерполяции яркости (H265L) [6, 7]. Параметры метода – точность вектора движения, размер окна поиска, размер блока.

- Компенсация движения методом сопоставления перекрывающихся блоков (СПБ), используемым в вейвлет-видеокодеке Digac [4, 8]. Для адаптации пред-

ложенного метода также модифицирован метод СПБ.

- Получение остатка предсказания, квантованного остатка предсказания (КОП) и восстановленного кадра. Для получения КОП использовано широко распространенное двухканальное вейвлет-преобразование и равномерное квантование с шагом  $Q$ , которые также заданы как параметры.

- Вычисление метрики PSNR (peak signal-to-noise ratio, пиковое отношение сигнал/шум) восстановленного кадра и энтропии КОП для заданного шага квантования  $Q$ . Суммарная энтропия состоит из энтропии КОП и энтропии векторов движения для традиционного метода, а для предложенного метода добавляется энтропия дополнительных параметров, передаваемых с требуемой точностью. Метрика PSNR показывает степень искажения восстановленного кадра по отношению к исходному, а суммарная энтропия оценивает количество битов данных, необходимых для передачи.

- Построение кривой зависимости уровня искажений от скорости выходного потока (rate-distortion curve, далее RD-кривая) на основе PSNR восстановленного кадра и суммарной энтропии по нескольким значениям  $Q$ .

- Построение RD-кривой для нескольких популярных эталонных размеров блоков (8×8 и 16×16).

- Сравнение полученных RD-кривых для традиционного метода СБ и предложенного метода и выводы об эффективности и применимости предложенного метода для задачи сжатия видео.

#### Предложенный метод с использованием различных функций аппроксимации

В данной работе, кроме простой функции аппроксимации  $Y = X$  для улучшения качества предсказания рассмотрены другие элементарные функции, представленные в табл. 1.

Функция 0 используется в традиционном методе, который служит эталонным при сравнении исследованных методов. Качество методов оценивается с помощью RD-кривых. В отличие от традиционного метода, в пред-

ложенном методе для каждого блока, кроме вектора движения, передаются еще дополнительные параметры  $(a, b)$ , которые определяются вместе с вектором движения условием минимизации функции стоимости:

$$SAD_F(V_x, V_y) = \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} |Y(x+m, y+n) - F(X(x+V_x+m, y+V_y+n))|. \quad (2)$$

Здесь  $Y(u, v)$  – значение яркости пикселя с координатами  $(u, v)$  в текущем кадре;  $X(u, v)$  – значение яркости пикселя с координатами  $(u, v)$  в опорном кадре;  $M \times N$  – размер блока;  $(V_x, V_y)$  – вектор движения;  $(x, y)$  – координаты верхнего левого угла рассматриваемого блока в текущем кадре.

Для нахождения параметров  $(a, b)$  можно использовать метод наименьших квадратов [9] или метод ре-

грессии [10]. Нужно отметить, что для реализации предложенного метода нужно решить подзадачи сложности вычислений и способа передачи параметров.

Таблица 1. Список исследованных функций аппроксимации

Номер функции	Функции аппроксимации	Обозначение на графике
0	$F(X) = X$	Ref
1	$F(X) = aX + b$	Linear
2	$F(X) = bX^a$	Power
3	$F(X) = be^{aX}$	Exp
4	$F(X) = a \cdot \ln(X) + b$	Log
5	$F(X) = (a/X) + b$	hyp1
6	$F(X) = X/(bX + a)$	hyp2
7	$F(X) = bX^{aX}$	powOfLinear
8	$F(X) = bX^{a/X}$	powOfHyp

RD-кривые в режиме разбиения кадра на блоки 16x16 для видео "1080p\_riverbed"

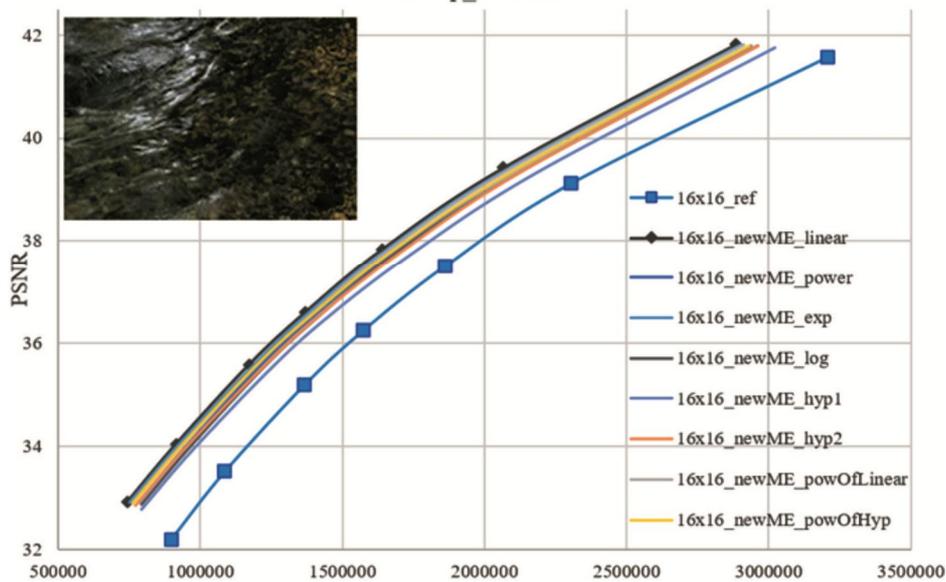


Рис. 2. Сравнение функций аппроксимации для видео «1080p\_riverbed» и размера блока 16×16

RD-кривые в режиме разбиения кадра на блоки 16x16 для видео "1080p\_rush\_hour"

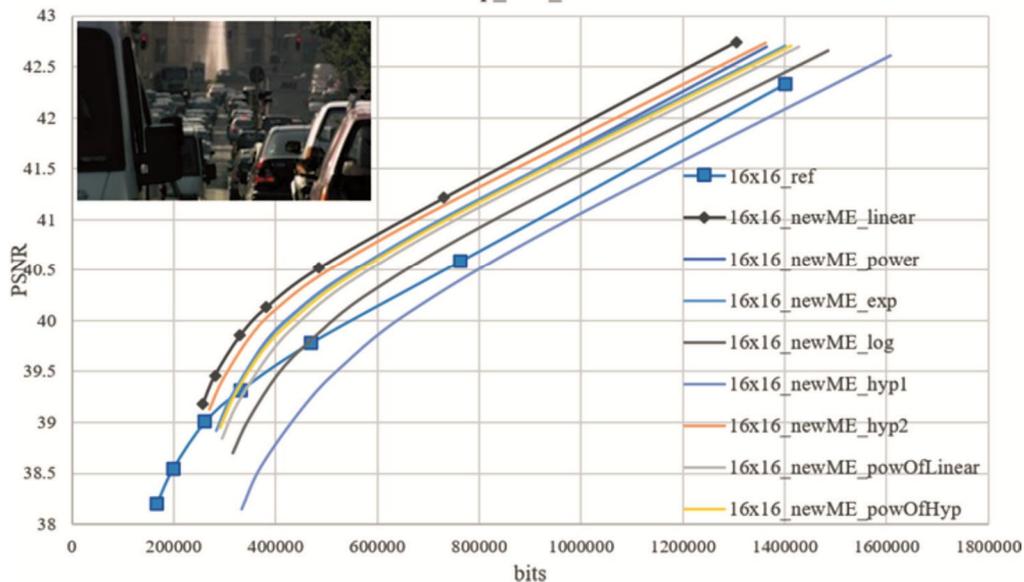


Рис. 3. Сравнение функций аппроксимации для видео «1080p\_rush\_hour» и размера блока 16×16

## Результаты

Проведенный анализ с обработкой достаточно сложных для традиционного метода компенсации движения видеопоследовательностей «1080p\_riverbed» и «1080p\_rush\_hour» [11] показал, что исследованные методы выигрывают у эталонного метода (см. рис. 2 и рис. 3). Можно также сделать вывод, что среди исследованных функций аппроксимации оптимальной является линейная функция (см. номер метода 1 в табл. 1), применение которой для случая размера блока 16×16 позволит снизить объем данных на 15 % для видео «1080p\_riverbed» (см. рис. 2) и 34 % для видео «1080p\_rush\_hour» при достаточно высоком качестве восстановленного кадра (PSNR = 40 дБ).

## Заключение

В работе предложен и разработан новый метод анализа и компенсации движения с использованием различных функций аппроксимации. На основе результатов обработки для дальнейшего использования предложено использовать линейную функцию аппроксимации  $F(X) = aX + b$ . Применение предложенного метода для видео высокого разрешения 1080 p позволяет заметно уменьшить объем данных при заданном качестве восстановленного кадра (от 15 % до 34 % объема данных для размера блока 16×16).

## Литература

1. Дворкович В.П., Дворкович А.В. Цифровые видеотелекоммуникационные системы (теория и практика). Москва: Техносфера, 2012. – 1008 с. ISBN 978-5-94836-336-3.
2. x.264 video codec // <http://www.videolan.org/developers/x264.html>
3. x.265 video codec // <http://x265.org/>
4. Dirac video codec // <https://sourceforge.net/projects/dirac/>
5. ITU-T Recommendation H.265, High efficiency video coding, 04/2013 // ISO/IEC FDIS 23008-2, Information technology – High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments – Part 2: High efficiency video coding (MPEG-H HEVC).
6. Gary J. Sullivan, Jens-Rainer Ohm, Woo-Jin Han, Thomas Wiegand, Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard // IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 22, #12, 12/2012, pp. 1649-1668.
7. Jill M. Boyce, Yan Ye, Jianle Chen, Adarsh K. Ramasubramanian. Overview of SHVC: Scalable Extensions of the High Efficiency Video Coding Standard. IEEE Trans. Circuits Syst. Video Techn. 26(1): 20-34 (2016).
8. Jianguo Zhang Ling Shao Lei Zhang Graeme A. Jones. Intelligent video event analysis and understanding. Springer, 2010 edition. – 251 p. ISBN 978-3-642-17554-1.
9. Гриценко В.А., Белосевич Е.В., Артищева Е.К. Математические методы в географии: Учебное пособие / Калинингр. ун-т. – Калининград, 1999. – 75 с. – ISBN 5-88874-151-5.
10. Фёрстер Э., Рёнц Б. Методы корреляционного и регрессионного анализа. Руководство для экономистов. Перевод с немецкого и предисловие В. М. Ивановой, М.: «Финансы и статистика», 1983 г.- 304 с.
11. Тестовые видео // <https://media.xiph.org/video/derf/>