

СОПРОЦЕССОР ДВУМЕРНОЙ СВЕРТКИ ЦВЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ПЛИС XILINX ZYNQ

Андросов Евгений Сергеевич

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Петровский Н.А. – канд. тех. наук

Аннотация. Понижение и повышение частоты дискретизации являются фундаментальными и широко используемыми операциями над изображениями, применяемыми в задачах, связанных с отображением, сжатием и последовательной передачей цифровых изображений. Понижающая дискретизация (*downsampling*) – уменьшение пространственного разрешения при сохранении пропорций двумерного представления сопряжена с явлением наложения спектров (*aliasing*), для борьбы с которым используются различные методы фильтрации на основе двумерной свертки.

Ключевые слова. Понижение частоты дискретизации, свертка.

Свертка изображения – это обобщённый алгоритм фильтрации двумерных сигналов, в частности изображений. Существующие ядра свёртки обеспечивают различные операции важные для обработки изображений, такие как: размытие, увеличение резкости и выделение границ. Дискретная свертка для 2-D сигнала описывается следующим выражением [2]:

$$I'_{m,n} = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 I_{m+i,n+j} \cdot H_{i,j} \quad (1)$$

где $I_{m,n}$ – значение исходного изображения с координатами (m, n) , $I'_{m,n}$ – результат свёртки в точке (m, n) , $H_{i,j}$ – весовые коэффициенты ядра фильтра размерностью 3×3 . Выражение (1) применяется для всех пикселей входного изображения I . В данной работе рассматриваются только квадратные свертки с разделимым ядром (значения матрицы $H_{i,j}$ могут быть получены как линейная комбинация функций в горизонтальном и вертикальном направлении).

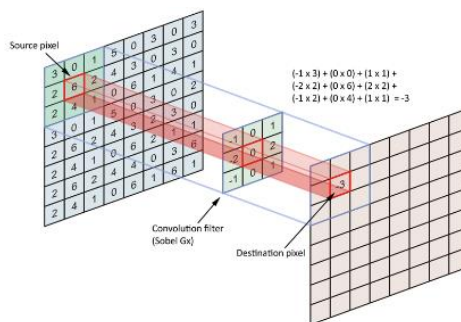


Рисунок 1 – Свертка изображения

Рисунок 1 иллюстрирует простой пример свертки изображения с одним цветовым каналом, где входное изображение I , размером 8×8 пикселей, ядро фильтра H размером 3×3 . Результатом операции полной свертки будет изображение, I' размером 7×7 пикселей. Выходное изображение всегда меньше входного изображения т.к. свёртка не выполняется на граничных пикселях, потому что некоторые из значений не определены. Свёртка выполняется только в том случае, если ядро имеет значения для всех коэффициентов ядра фильтра, таким образом граничные пиксели исключаются из свёртки изображения (рис. 2).

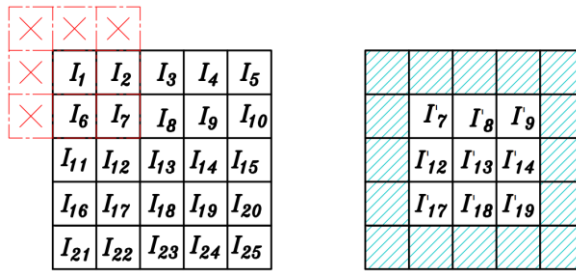


Рисунок 2 – Иллюстрация проблемы обработки граничных значений
 Метод расширения границы позволяет сформировать дополнительные граничные значения. Частным случаем такого подхода является расширения границы нулями (рис. 3).

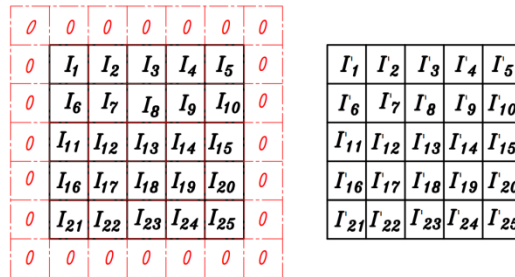


Рисунок 3 – Расширение границы изображения нулями

Аппаратная реализация обработки изображений заключается в особенностях организации потока данных, в частности, изображения подаются и выводятся из системы в построчном порядке, а также могут храниться во *frame*-буфере для работы встраиваемого ПО. Для минимизации дополнительных запросов, свертку необходимо применять в поточном режиме, используются промежуточные буферы для хранения предыдущих n строк предыстории. Таким образом, значение пикселей, загруженные в такой буфер, будут повторно использованы для корректной свертки со последующими строками [1].

Базовая архитектура предложенного процессора свертки использует кольцевой буфер для хранения строк предыстории, реализованный на блочной памяти ПЛИС, где необходимо будет обеспечить корректный расчет адреса по мере поступления входных данных. Выходные значения из памяти формирует данные для операции свертки (рис. 4).

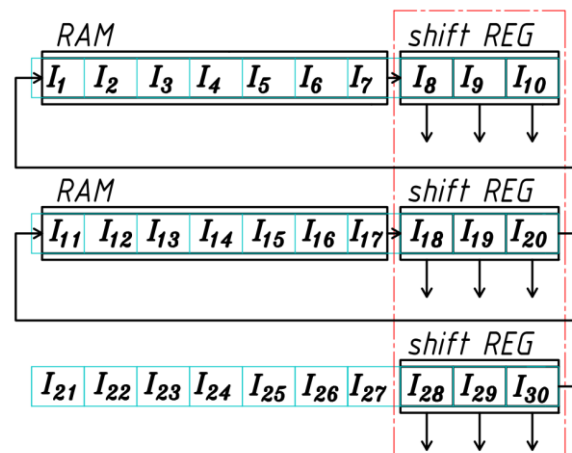


Рисунок 4 – Архитектура буфера

Базовая реализация модуля свёртки содержит n^2 умножителями. После параллельного умножения всех значений пикселей на соответствующий коэффициент свертки H , результаты

умножения передаются на вход дерева сумматоров из $n^2 - 1$ блоков. Результат операции фиксируется в выходном регистре (рис. 5).

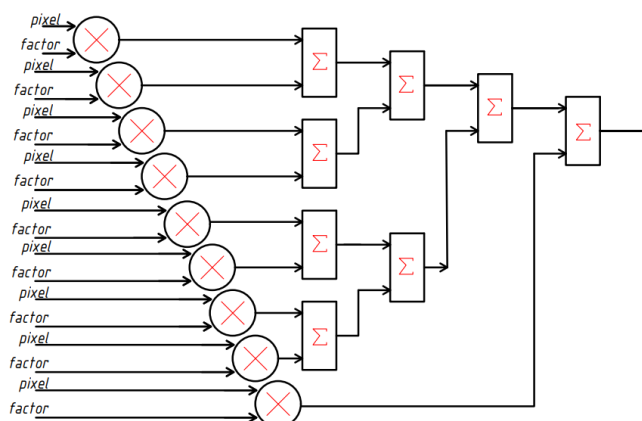


Рисунок 5 – Архитектура модуля свертки

Прореженное и обработанное таким образом изображение в результате получает пониженное разрешение, в общем случае, в два раза, за счет удаления части пикселей. Свертка во временной области с прореживанием является одним из наиболее удобных методов понижения разрешения изображений без существенной потери качества.

Список использованных источников:

1. A Rotation-based Data Buffering Architecture for Convolution Filtering in a Field Programmable Gate Array / Zhijian Lu [et al.]// JOURNAL OF COMPUTERS, VOL. 8, NO. 6, JUNE 2013
2. A Parallel FPGA Implementation of Image Convolution / Henrik Ström // Master of Science Thesis Linköping University, 2016
3. An FPGA 2D-convolution unit based on the CAPH language / Abiel Aguilar-González [et al.]// Journal of Real-Time Image Processing manuscript

UDC

FPGA IMPLEMENTATION OF 2-D CONVOLUTION COPROCESSOR FOR COLORED IMAGES BASED ON XILINX ZYNQ

Androsov E.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Petrovsky N.A. – PhD in Computer science

Annotation. Downsampling and upsampling are fundamental and widely used in image display, compression, and progressive transmission. Downsampling is the reduction in spatial resolution while keeping the same proportions of two-dimensional representation leads to aliasing effect. Various filtering methods, based on convolution are used to deal with this effect.

Keywords. Downsampling, convolution.