

**В. А. КОЛБАСИН**, канд. техн. наук, каф. САиУ, НТУ «ХПИ»;  
**К. В. ЩЕБЕНЮК**, магистрант, каф. САиУ, НТУ «ХПИ»

## **ВЛИЯНИЕ ВЫБОРА ФУНКЦИИ ЭНЕРГИИ НА КАЧЕСТВО НЕПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО МАСШТАБИРОВАНИЯ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

У статті розглядаються вплив вибору функції енергії на результат непропорційного масштабування фотографічних зображень. Показано, що для збереження пропорцій об'єктів переднього плану можливо використовувати функцію ентропії на основі оператора Собеля. Також в роботі розглянуті питання прискорення роботи програмної реалізації за рахунок використання технології паралельного програмування CUDA.

В статье рассматриваются влияние выбора функции энергии на результат непропорционального масштабирования фотографических изображений. Показано, что для сохранения пропорций объектов переднего плана можно использовать функцию энергии на основе оператора Собеля. Также в работе рассмотрены вопросы ускорения работы программной реализации за счет использования технологии параллельного программирования CUDA.

The article deals with the influence of the choice of the entropy function on the result of disproportional scaling of photographic images. It is shown that to maintain the proportions of the foreground objects it makes sense to use energy function that based on Sobel operator. Also in the paper accelerated program implementation using CUDA parallel programming technique is proposed.

**Введение.** Массовое распространение цифровых фотоаппаратов значительно увеличило число людей, использующих цифровые фотографические изображения и средства для работы с ними. При этом, независимо от типа устройства получения изображения и его характеристик, практически все цифровые изображения требуют предварительной подготовки для публикации на бумажных носителях и в Интернете – предпечатной подготовки.

Одной из наиболее часто возникающих при этом задач является изменение масштаба изображений. Чтобы при выводе растрового изображения оно воспринималось человеком в надлежащем качестве число точек в нем должно соответствовать геометрическим размерам выведенного изображения, разрешающей способности устройства вывода и расстоянию, с которого изображение будет рассматриваться. Если число точек в исходном изображении намного меньше числа точек в результирующем изображении, размеры точек увеличиваются, и появляется эффект пикселизации – элементы раstra становятся заметны человеку, что ухудшает качество изображения. Для снижения влияния эффекта пикселизации можно либо получать сразу исходное изображение с высоким разрешением, либо использовать методы интерполяции для получения недостающих точек изображения по соседним с ними точкам.

Частным случаем проблемы масштабирования изображений является непропорциональное масштабирование, когда соотношение размеров

исходного изображения не равно соотношению размеров результирующего изображения. Задача непропорционального масштабирования может быть сведена к задаче изменения размеров изображения только по ширине или по высоте. Для этого в изображение должны быть добавлены дополнительные строки или столбцы. Причем, чтобы избежать значительного снижения визуального качества изображения, они должны быть добавлены так, чтобы пропорции объектов переднего плана не были изменены.

Для непропорционального масштабирования изображений в [1] предложен алгоритм «Liquid Resize». Однако в своей исходной форме он довольно часто искажает пропорции объектов переднего плана. Такое искажение возможно за счет неудачного выбора метода вычисления матрицы энергии изображения. Поэтому цель данной работы – исследование влияния выбора функции вычисления энергии изображения на качество непропорционального масштабирования.

**Непропорциональное масштабирование фотографических изменений.** Метод «Liquid Resize» построен на удалении/добавлении из изображения точек, которые относятся к областям с наименьшим числом деталей.

Для определения таких областей используется матрица энергии изображения. Ее получают путем применения к изображению так называемой функции энергии. На основании различных критериев важности или различных моделей изображения могут быть построены различные функции энергии. В основном их строят так, чтобы важные, заметные для человека объекты, имели большую энергию, а малозаметные, фоновые – малую энергию. Простейший пример такой функции энергии – градиент, его значение велико там, где изображение резко меняется (края объектов, места резкого изменения цвета), и мало в фоновых частях изображения. Кроме того, повлиять на результаты обработки изображений можно вручную, присвоив большое значение энергии пикселям той части изображения, которая является важнейшей, или малое значение энергии пикселям, которые являются неважными.

То, какие именно области будут подвергаться изменению, определяется выбором функции энергии. Возможно создание функций энергии, выделяющих определенные области изображения, например, лица людей, машины, дома. Однако для их использования необходимо решить нетривиальную задачу распознавания указанных объектов на растровом изображении. Поэтому в данной работе ограничимся использованием простых функций энергии, основанных на использовании методов выделения границ на растровом изображении: типовой функции энергии данного метода, градиентного фильтра и фильтра Собеля.

Типовая функция энергии использует разницу между текущей точкой и ее соседями справа и снизу в соответствии со следующей формулой:

$$e_{x,y} = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{|P_{x,y} - P_{x+1,y}| + |P_{x,y} - P_{x,y+1}|}{2} & x = \overline{1, W-1}, y = \overline{1, H-1} \\ |P_{x,y} - P_{x,y+1}| & x = W, y = \overline{1, H-1} \\ |P_{x,y} - P_{x+1,y}| & x = \overline{1, W-1}, y = H \end{array} \right\}, \quad (1)$$

где  $e_{x,y}$  – значение энергии точки изображения с координатами  $x, y$ ;

$P_{x,y}$  – точка исходного изображения с координатами  $x, y$ ;

$W, H$  – ширина и высота изображения.

Данная функция была предложена в исходной работе и дает неплохие результаты для изображений, в которых имеются резкие переходы длиной в один пиксель между границами объектов. Однако за счет размытия границ оптикой среднего и плохого качества таких фотографических изображений не так много среди общего количества.

Функция на основе градиента использует в качестве матрицы энергии результат применения к изображению одного из линейных градиентных фильтров [2].

Применение линейного фильтра к изображению описывается формулой

$$e_{x,y} = \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^2 E_{i,j} \cdot P_{x+i,y+j}, \quad (2)$$

где  $E_{i,j}$  – матрица ядра фильтра.

Для вычисления энергии изображения могут быть использованы горизонтальный и вертикальный градиентный фильтры, ядра которых определяются так:

$$E_{hor} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad E_{ver} = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Преимуществом таких энергетических функций являются простота их реализации и, как результат, высокая скорость вычисления. Следует отметить, что горизонтальный градиентный фильтр лучше применить тогда, когда нужно выполнять масштабирование по вертикали. И, наоборот, в случае масштабирования по горизонтали лучше использовать вертикальный градиент, тогда происходит поиск границ объектов по вертикали.

Наиболее эффективным методом выделения границ объектов является фильтр Собеля [2]. Функция вычисления энергии изображения с его использованием будет выглядеть следующим образом:

$$e_{x,y} = \sqrt{\left( \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^2 S_{i,j} \cdot P_{x+i,y+j} \right)^2 + \left( \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^2 S_{j,i} \cdot P_{x+i,y+j} \right)^2}, \quad S = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Данный метод эффективно выделяет границы объектов на изображении, но требует большого количества вычислений и, соответственно, является достаточно медленным. Результаты применения данных функций энергии к одному и тому же изображению приведены на рис. 1.



Рис. 1 – Результаты применения различных функций энергии. Слева направо: типовая функция энергии, на основе градиента, на основе фильтра Собеля.

Как можно заметить, наиболее сильно границы объектов оказались выделены при использовании оператора Собеля. Рассмотрим приведенные на рис. 2 результаты сравнения функций энергии для изображений классов портрет и пейзаж.



Как можно увидеть из приведенных изображений, вес границ объектов оказывается достаточным, чтобы точки объекта не участвовали в расширении изображения только при использовании фильтра Собеля. При использовании градиентного фильтра часть объектов переднего плана все же меняет свои пропорции. В частности, на изображении пейзаж меняются пропорции здания, расположенного в правом нижнем углу. Вместе с тем исключение объекта переднего плана, занимающего значительную площадь изображения, из масштабирования приводит к появлению эффекта пикселизации. Этот эффект заметен на деревьях и цветах на заднем плане изображения портрета. Таким образом, лучше всего пропорции объектов переднего плана сохраняются при использовании оператора Собеля, но при этом значительно увеличивается время обработки изображения. Для его уменьшения в данной работе предлагается использовать технологии параллельного программирования.



Рис.2 – Результаты непропорционального масштабирования изображений. Слева направо – исходное изображение, далее результаты масштабирования с использованием типовой функции энергии, градиента, фильтра Собеля.

#### Параллельная реализация непропорционального масштабирования.

Для программной реализации поставленной задачи, были использованы технологии OpenMP и CUDA. Для реализации на базе технологии CUDA использовались входящие в состав библиотеки фильтры выделения границ объектов, и была создана реализация алгоритма поиска линии повтора. Времена обработки изображений различного размера с использованием функций энергии на основе фильтра Собеля и градиентного фильтра обими реализациями приведены в таблице (использовались процессор Core 2 Duo 2,8 GHz и видеокарта GeForce 8800 GT).

Размер изображения	OpenMP, с		CUDA, с	
	Градиент	Собель	Градиент	Собель
1600x1200	1,2	2,9	0,08	0,12
3400x2100	4,6	8,1	0,26	0,49

Итак, выбор функции энергии оказывает существенное влияние на визуально воспринимаемое качество изображения, полученного в результате непропорционального масштабирования. Очевидно, что для программных пакетов, предполагающих профессиональное использование, имеет смысл реализовать поддержку выбора функции энергии. Использование платформы параллельного программирования CUDA позволяет ускорить выполнение операции непропорционального масштабирования более чем в 15 раз.

**Список литературы:** 1. Avidan S. Seam carving for content-aware image resizing / S. Avidan, A. Shamir // ACM Trans. Graph., 2007. – Vol. 26, № 3. 2. Яне Б. Цифровая обработка изображений / Б. Яне. – М.: Техносфера, 2007. – 584 с. 3. Боресков, А.В. Основы работы с технологией CUDA / А. В. Боресков, А. А. Харламов. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 232 с.

Надійшла до редколегії 01.06.2011