

НАПРАВЛЕННОЕ СЖАТИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО ЛИНИЯМ ПОЛОЖЕНИЙ, ИНВАРИАНТНЫМ К ПОВОРОТУ И МАСШТАБИРОВАНИЮ

Фраленко Виталий Петрович

*кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
ИПС им. А.К. Айламазяна РАН (с.Веськово)*

Хачумов Вячеслав Михайлович

*доктор технических наук, профессор
Российский университет дружбы народов (г.Москва)*

Хачумов Михаил Вячеславович

*кандидат физико-математических наук, доцент
Российский университет дружбы народов (г.Москва)*

При повороте полутонового изображения штатными средствами изменяется размер файла изображения, соответственно меняется и объем сжатого повернутого изображения. Поворот растрового изображения на углы, кратные 90° , относительно геометрического центра изображения решается без потери качества простым преобразованием координат каждого пикселя. Для поворота растрового изображения на произвольный угол разработаны быстрые, но не оптимальные алгоритмы, дающие приемлемую для практических целей аппроксимацию с потерей качества [1]. В результате поворота в общем случае изображение может стать больше, или меньше при 100% качестве. Для определения ориентации двумерного изображения известны алгоритмы, основанные на определении линий положения [2,3]. Для определения ориентации трехмерного изображения предложены алгоритмы [4]. Подобные инструменты позволяют провести дополнительные исследования, в частности, нас будет интересовать корреляция коэффициента сжатия и угла поворота изображения и проверка на этой основе гипотезы о максимальном сжатии вдоль линий положения.

1. Проверка чувствительности размера памяти изображения к поворотам

Пусть даны простые изображения с размерами: 256x256 пикселей. Будем использовать формат – BMP (без сжатия). Будем проводить повороты и проводить компрессию, причем при создании архивов (RAR, ZIP) выбиралась максимальная степень сжатия. При создании RAR-архива можно указать

опцию «solid», которая обычно уменьшает размер архива (все файлы рассматриваются как один поток данных). В ходе экспериментов использовалась программа, позволяющая поворачивать изображение на произвольный угол, что упрощало замеры углов. В случае угла кратного 90°, происходило «транспонирование» матрицы растрового изображения; иначе – использовалась интерполяция. Результаты эксперимента отражены в табл.1.





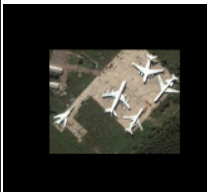

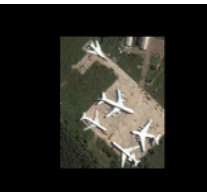

Таблица 1 – Результаты эксперимента 1

0°	90°	180°	270°
Без сжатия: 786 KB, RAR: 16 KB, RAR (solid): 15 KB, ZIP: 17 KB			
-0.5°	0.5°	89.9°	269.9°
Без сжатия: 797 KB RAR: 47 KB, RAR (solid): 45 KB, ZIP: 48 KB		Без сжатия: 786 KB RAR: 43 KB, RAR (solid): 42 KB, ZIP: 46 KB	

Видно, что в случае поворотов кратных 90 градусам объем, требуемый для хранения изображения, не меняется. В результате поворота на малые углы сравнимые с погрешностью алгоритма нормализации, размер архива сильно возрастает для всех рассмотренных видов архивации.

Рассмотрим задачу сжатия данных дистанционного зондирования Земли архиватором RAR. Как и ранее анализируется зависимость сжатия изображения от ориентации кадра (см. табл.2).

Таблица 2 – Результаты эксперимента 2

0°	45°	90°	135°
			
Без сжатия: 3723 КБ RAR: 577 КБ	Без сжатия: 3723 КБ RAR: 721 КБ	Без сжатия: 3723 КБ RAR: 786 КБ	Без сжатия: 3723 КБ RAR: 717 КБ
180	225	270	315
			
Без сжатия: 3723 КБ RAR: 576 КБ	Без сжатия: 3723 КБ RAR: 705 КБ	Без сжатия: 3723 КБ RAR: 787 КБ	Без сжатия: 3723 КБ RAR: 728 КБ

На рис.1 показан график зависимости размера архива от угла поворота (наклона) исходного изображения.

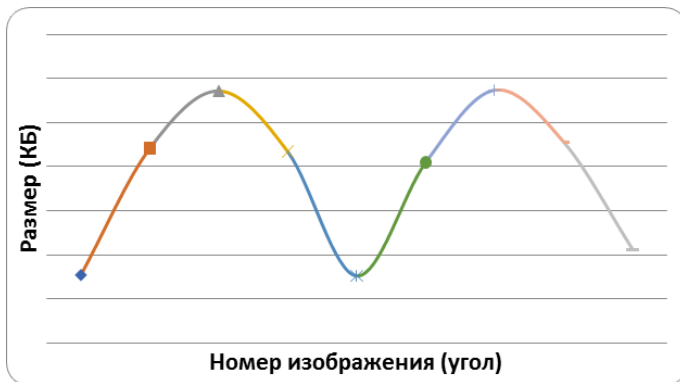








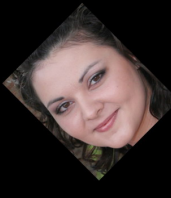

Рисунок 1 – Характер зависимости размера архива от угла поворота (наклона) исходного изображения

Оценим относительную величину максимального выигрыша (отношение разности худшего и лучшего сжатия к худшему): $\frac{787 - 576}{787} = 0.2681$.

Таким образом, из данных табл.2 и графика на рис.1 видно, что имеет место некоторое колебание коэффициента сжатия, в зависимости от угла поворота. Это обстоятельство позволяет говорить о целесообразности наличия алгоритма нормализации положения, приводящего, если не оптимальному, то близкого к нему (субоптимальному) положению графического объекта по критерию качества сжатия.

Рассмотрим еще один вид изображений 375x375 пикселей (см. табл.3).

Таблица 3 – Результаты эксперимента 3

0°	90°	180°	270°
			
Без сжатия: 413 КБ RAR: 121 КБ	Без сжатия: 413 КБ RAR: 122 КБ	Без сжатия: 413 КБ RAR: 122 КБ	Без сжатия: 413 КБ RAR: 122 КБ
45°	135°	225°	315°
			
Без сжатия: 413 КБ RAR: 115 КБ	Без сжатия: 413 КБ RAR: 114 КБ	Без сжатия: 413 КБ RAR: 114 КБ	Без сжатия: 413 КБ RAR: 115 КБ

2. Инварианты на основе линий положения

Рассмотрим механизм определения ориентации полутоновых объектов, методом линий положения. Его использование дает возможность опреде-

лять взаимную ориентацию полутоновых графических объектов без процедуры перебора или выделения пар связанных точек. Линия положения $y = a_0 + a_1x$ проводится через центр тяжести изображения (\bar{x}, \bar{y}) так, что

$$S = \sum_{i=1}^n s_i^2 m_i \rightarrow \min ,$$

где s_i – расстояние от точки (x_i, y_i) с яркостью m_i до линии положения объекта. Пару значений (a_0, a_1) , удовлетворяющих условию можно получить из уравнения $pa_1^2 + qa_1 - p = 0$, где

$$p = \sum_{i=1}^n m_i \sum_{i=1}^n m_i x_i y_i - \sum_{i=1}^n m_i y_i \sum_{i=1}^n m_i x_i ,$$

$$q = \sum_{i=1}^n m_i \left(\sum_{i=1}^n m_i x_i^2 - \sum_{i=1}^n m_i y_i^2 \right) + \left(\sum_{i=1}^n m_i y_i \right)^2 - \left(\sum_{i=1}^n m_i x_i \right)^2 .$$

$$\text{Причем: } a_0 = \frac{\sum_{i=1}^n m_i y_i - a_1 \sum_{i=1}^n m_i x_i}{\sum_{i=1}^n m_i} , \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i x_i}{\sum_{i=1}^n m_i} , \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i y_i}{\sum_{i=1}^n m_i} .$$

Решая квадратное уравнение, получаем пару значений коэффициентов, что соответствует двум пересекающимся под 90 градусов линий положения, проходящих через общий центр (\bar{x}, \bar{y}) . Приведенный алгоритм, являющийся составной частью технологии системы распознавания, применяется в данном случае для нормализации объектов, выделенных на космических снимках.

Полезные свойства метода линий положения:


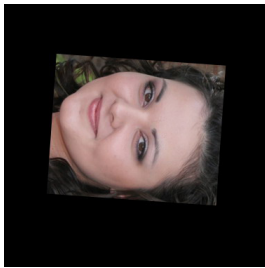
- инвариантность целевой функции S к поворотам;
- инвариантность линии положения y к масштабированию;
- инвариантность к мультипликативному преобразованию яркости.

Перечисленные свойства вытекают непосредственно из приведенных выражений для расчета коэффициентов линий положения.

3. Проведение экспериментов для проверки гипотезы

Гипотеза: субоптимальному сжатию изображения $F(x, y)$ соответствует его нормализованное положение, полученное на основе ориентации вдоль главной линии положения $y = a_0 + a_1x$ (соответствует глобальному минимуму). На основании расчета линии положения и нормализации положения изображения получаем результаты, представленные в табл.4.

Таблица 4 – Нормализованное положение и характеристики сжатия

359°	95°
	
Без сжатия: 3723 КБ RAR: 606 КБ	Без сжатия: 413 КБ RAR: 120 КБ

Показатели качества после нормализации находятся на 3-м месте, причем проигрыш относительно наилучшего сжатия составляет $\frac{606 - 576}{606} = 0.0495$ т.е. не более 5 процентов, при этом выигрыш относительно самого худшего варианта составляет $\frac{787 - 606}{787} = 0.1029$, т.е. более 10 процентов. Этот показатель, в принципе, подтверждает целесообразность нормализации на основе предложенного подхода в соответствии с гипотезой.

Заключение

Сжатие разнородной информации, доставляемой средствами технического зрения необходимое звено для передачи информации с борта на Землю. Улучшение показателей сжатия является одной из основных задач, которая решается как подбором архиваторов, так и другими возможными средствами. В настоящей работе предложено применить процедуру нормализации на основе линий положения, которая способна дать приемлемые (субоптимальные) показатели компрессии изображений.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ №20-07-00022-а «Разработка и исследование методов распознавания образов на основе инвариантов к яркостным и геометрическим преобразованиям в системах технического зрения беспилотных летательных аппаратов».

Библиографический список

1. Пустовойтов А.Н. Прецизионный поворот растрового изображения на произвольный угол, 2012. URL: <https://habr.com/ru/post/160401/> (дата обращения: 17.06.2021).

2. Лагиева М.М., Хачумов В.М., Шабалов Д.В. Метод построения линий положения для идентификации полутонковых изображений. – *Автометрия*, №6, 1991, с.7-12.
3. Алибеков А.Г., Лагиева М.М., Хачумов В.М. Определение ориентации трехмерных графических объектов. – *Известия вузов. Приборостроение*, Т.38, №3-4, 1995, с.35-37.
4. Трушков В.В., Хачумов В.М. Определение ориентации объектов в трехмерном пространстве. – *Автометрия*, Т.44, №3, 2008, с.75-79.