

УДК 519.681

**О задаче различения изображений, состоящих из  
изолированных пикселей**

П. Г. Парфёнов, Д. А. Лефанова, Д. С. Лефанов

Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова

E-mail: pavel-parfe@yandex.ru, zhivaevada@mail.ru, daniil.lefanov@yandex.ru

**Аннотация**

В настоящей работе применяется подход, использующий характеристический набор коэффициентов изображения для решения двух задач: определение возможности идентичности двух изображений, состоящих из изолированных пикселей; идентификация точки с измененными координатами. Для решения данных задач к указанному подходу были добавлены шаги: соединение точек каждого изображения для решения первой задачи; сравнение характеристических наборов окрестностей точек для решения второй задачи. Данный подход был реализован программно, на рисунках представлены примеры работы программы.

*Ключевые слова:* цифровое изображение, характеристический набор коэффициентов изображения, эйлерова характеристика.

Цель настоящего исследования заключается в выявлении возможности использования характеристических наборов для определения разницы между двумя изображениями, которые состоят из изолированных пикселей. Задачи исследования состоят, во-первых, в создании алгоритма различения двух изображений, состоящих из изолированных пикселей, с помощью характеристического набора; и, во-вторых, в установлении способа идентификации точки, изменившей своё положение относительно своих изначальных координат.

Отправным пунктом к постановке настоящих задач была задача астроориентации, которая, например, рассмотрена в [1]. В нашем подходе был опробован характеристический набор коэффициентов чёрно-белого изображения [2], который, в отличие от эйлеровой характеристики, описывающей изображение одним числом, описывает изображение как вектор, что позволяет работать с изображением

© Парфёнов П. Г., Лефанова Д. А., Лефанов Д. С., 2021

более детально, а также даёт необходимую информацию о топологических и геометрических свойствах изображения [3].

$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$	$S_7$	$S_8$	$S_9$	$S_{10}$	$S_{11}$	$S_{12}$	$S_{13}$	$S_{14}$	$S_{15}$
0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1	0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1	0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1	0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1	0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1	0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1	0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1	0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1	0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1	0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1	0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1	0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1	0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1	0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1	0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1	0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1
$K_0$	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_6$	$K_7$	$K_8$	$K_9$	$K_{10}$	$K_{11}$	$K_{12}$	$K_{13}$	$K_{14}$	$K_{15}$

Рис. 1: Характеристический набор коэффициентов [4].

Напомним более детально определение характеристического набора [4]. Выше приведена таблица (см. рис. 1), в которой показаны 16 коэффициентов изображения, построенных по системе фрагментов размером  $2 \times 2$ : во второй строке представлен геометрический аналог соответствующего фрагмента; в третьей строке таблицы указан тип подматрицы, репрезентирующей данный фрагмент. Четвёртая строка — набор неотрицательных целых чисел, указывающих число вхождений фрагментов данного типа в изображение, и этот набор представляет собой шестнадцатимерный вектор, то есть характеристический набор.

Каждое изображение анализируется с позиции количества данных фрагментов; в частности, вычисляется количество фрагментов каждого типа в данном изображении. Следующие выводы построены по результатам сравнения наборов двух изображений.

Подобные инструменты ранее были использованы для решения других задач, в частности, для вычисления эйлеровой характеристики и последующей оценки числа связных элементов изображения [5], а также для различения элементов отдельных алфавитов [6].

Рассмотрим первую задачу, которая состоит в установлении возможности применения характеристического набора для определения идентичности изображений, состоящих из изолированных пикселей.

Необходимо учесть, что, рассчитывая характеристический набор для изображений с одинаковым количеством изолированных пикселей, мы не сможем выявить возможность идентичности изображений, так как их характеристические наборы в любом случае будут одинаковы.

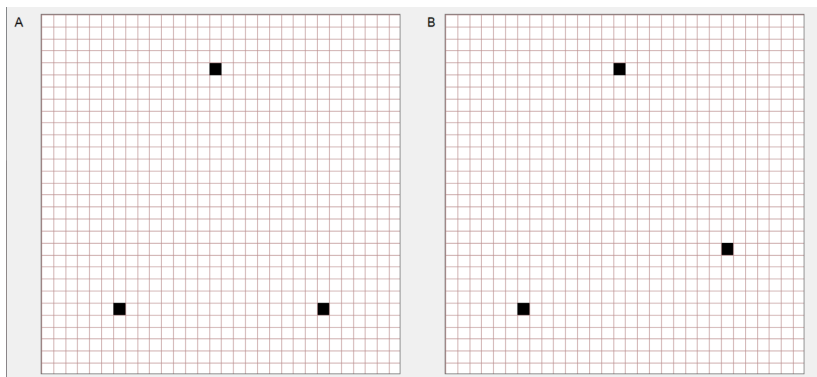


Рис. 2: Изображения, состоящие из изолированных пикселей.

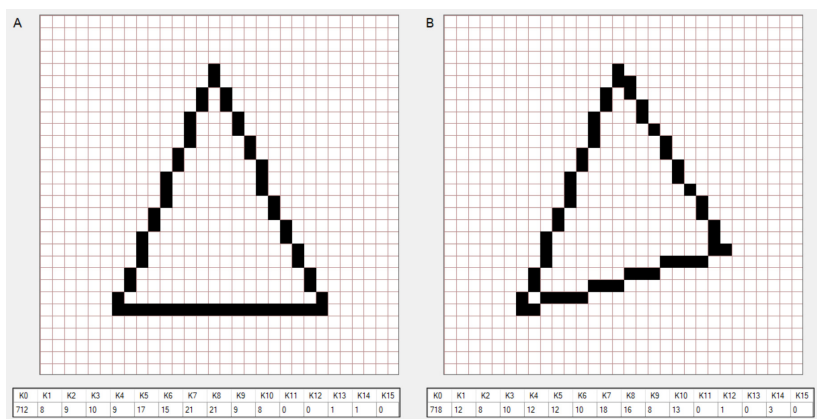


Рис. 3: Характеристический набор для изображений из рис. 2.

Воспользуемся следующим подходом: соединим все точки отрезками и построим характеристический набор для получившихся изображений (см. рис. 2 и 3).

На рис. 2 можно увидеть, что характеристические наборы разных изображений отличаются. Характеристические наборы идентичных изображений будут совпадать (см. рис. 4).

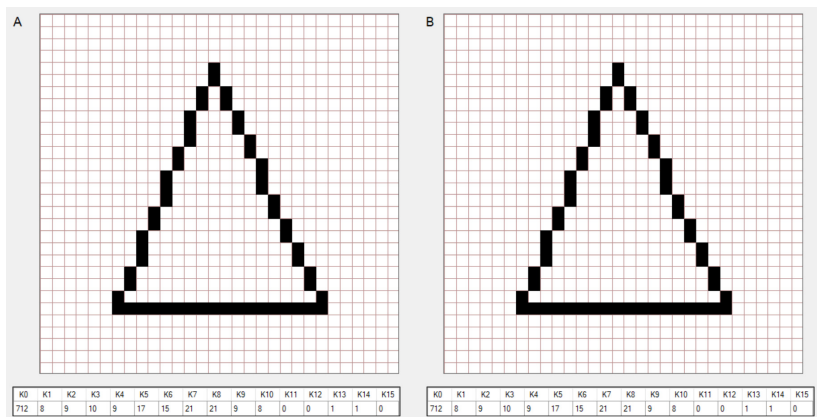


Рис. 4: Пример одинаковых характеристических наборов.

Рассмотрим теперь диагностику несовпадений изображений. Возьмём два изображения, отличающихся друг от друга расположением одной (внутренней) точки (см. рис. 5).

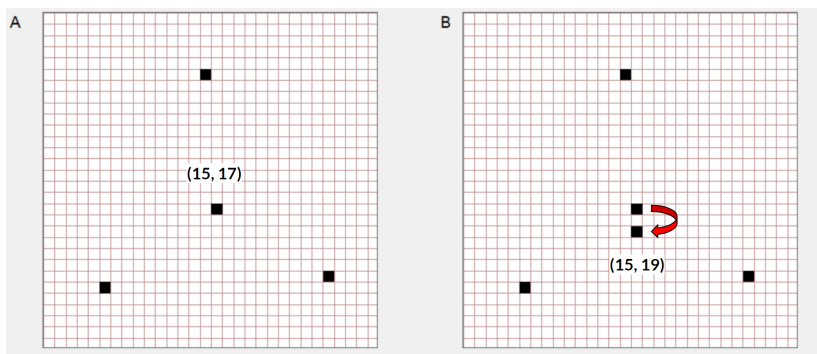


Рис. 5: Сдвиг точки.

Как и выше, здесь необходимо соединить точки каждого изображения между собой. Для решения задачи рассмотрим окрестность (подматрицу  $7 \times 7$  пикселей) вокруг каждой изначальной точки и составим характеристический набор для каждой из этих окрестно-

стей, объединив в пары соответствующие друг другу на первом и втором рисунках (см. рис. 6).

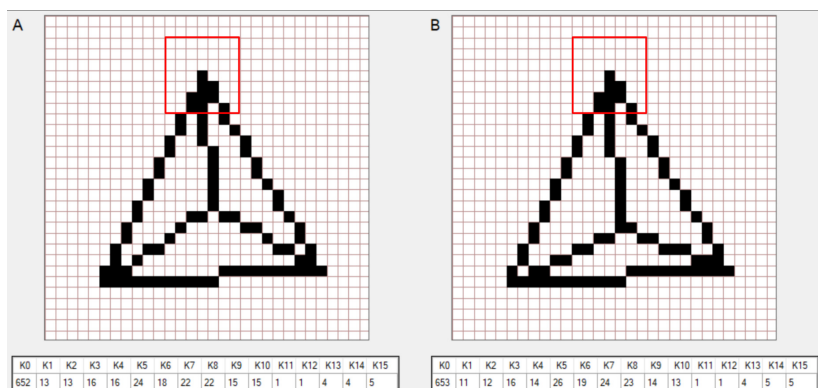


Рис. 6: Пример окрестностей пары точек.

Пример характеристических наборов для пары соответствующих точек представлен в виде таблицы и графика на рис. 7:

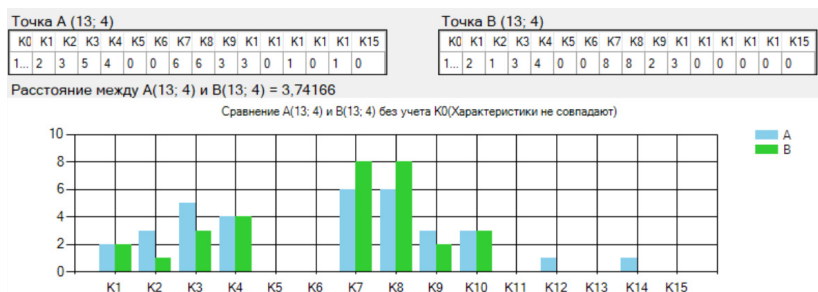


Рис. 7: Сравнение характеристических наборов пары откестностей.

Далее рассчитывается евклидово расстояние между характеристическими наборами (шестнадцатимерными векторами) соответствующих окрестностей каждой пары точек, то есть между вектором, описывающим окрестность первой точки (начальное положение точки, изображение А (слева), см. рис. 6) и вектором, описывающим окрестность второй точки (конечное положение точки,

изображение В (справа), см. рис. 6). Та пара окрестностей, которая обнаруживает наибольшее расстояние относительно расстояний в других парах, содержит точки с разными координатами.

В ходе работы было доказано, что описанный выше подход с использованием характеристического набора коэффициентов изображения применим к решению задачи различения изображений, состоящих из изолированных пикселей, а также к задаче идентификации точки, изменившей свое положение относительно начальных координат. Данный подход был программно реализован, результат программы показан на рисунках.

### Список литературы

1. *Королёв С. Н., Парфёнов П. Г.* Двойственность в задаче астроориентации // Современные проблемы естествознания. Математика. Информатика. Ярославль, 1997. С. 23—25.
2. *Парфёнов П. Г.* О некоторых свойствах характеристического набора коэффициентов черно-белого цифрового изображения // Моделирование и анализ информационных систем. Ярославль, 2005. Т. 12, № 1. С. 52—54.
3. *Парфёнов П. Г., Назарычев С. Л.* Об одном подходе к различению элементов из больших совокупностей традиционных систем символов // Моделирование и анализ информационных систем. Ярославль, 2006. Т. 13, № 1. С. 23—25.
4. *Парфёнов П. Г.* Топологические алгоритмы обработки цифровых изображений: метод. указания. Ярославль : ЯрГУ, 2008. 26 с.
5. *Gray S. B.* Local properties of binary images in two dimensions // IEEE Trans.Computers. 1997. С. 551—561.
6. *Парфёнов П. Г.* Некоторые числовые характеристики изображений, инвариантные относительно сдвигов и поворотов // Моделирование и анализ информационных систем. Ярославль, 1998. № 5. С. 58—61.