

УДК 528.854.2

## ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ КРИВЫХ ЛИНИЙ НА ОСНОВЕ АПРОКСИМАЦИИ ОКРУЖНОСТЯМИ

Д.И. КИРИЛЮК, Ю.И. КУЛАЖЕНКО

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

*Поступила в редакцию 3 декабря 2015*

Приведены примеры различных подходов к параметризации кривых линий. Получена оценка стабильности параметров кривых линий при поворотной трансформации изображения.

*Ключевые слова:* параметризация кривых линий, оценка стабильности параметров.

### Введение

Важными задачами в обработке изображений являются идентификация и параметризация линий. Прямые линии встречаются на изображении достаточно редко, поэтому стоит более общая задача – параметризовать произвольную линию на изображении.

### Подходы к параметризации кривых линий

При параметризации кривых линий известны следующие подходы.

1. Приближение кривых линий кривыми, свойства которых хорошо изучены, например кривыми второго порядка, в частности, окружностями или эллипсами [1].
2. Аппроксимация функции кривой сплайнами различных степеней [2].
3. Разложения в ряды Фурье или по другим ортогональным системам [3].
4. Методы Хафа [4].

Для того, чтобы применить второй и третий подходы, необходимо рассмотреть кривую как функцию, что является трудоемким процессом при работе с большим количеством кривых на изображении. Сложность заключается в выборе системы координат, и разбиении кривой на подкривые для того, чтобы выполнялись условия существования функции. После этого в случае второго подхода необходимо зафиксировать некоторое количество точек, и в зависимости от этого количества выбрать степень аппроксимирующего сплайна. Далее необходимо решить систему линейных алгебраических уравнений относительно коэффициентов сплайна. Методы Хафа не обладают достаточной точностью. Первый подход является менее ресурсозатратным и достаточно эффективным. Поэтому в дальнейшем будет дана оценка стабильности параметризации именно на его основе.

### Оценка стабильности характеристических параметров кривых линий

Рассмотрены две тестовые кривые на изображении размером 68×68 (см. рис. 1).



Рис. 1. Тестовые кривые: *a* – кривая 1, *b* – кривая 2

Построены окружности малого радиуса, аппроксимирующие данные кривые. Для кривой 1 – 18 окружностей, для кривой 2 – 22. В качестве параметров использованы длины отрезков, соединяющие центры окружностей, и углы, образованные этими отрезками. Были вычислены параметры этих кривых при повороте изображений на 15, 30, 45, 60, 90, 120, 135, 150 и 180 градусов. Для оценки стабильности была вычислена среднеквадратическая ошибка (MSE), полученных параметров. Результаты приведены на графике (по длинам отрезков – рис. 2, 3, по углам – рис. 3, 4).



Рис. 2. Значение MSE по длине отрезков кривой 1

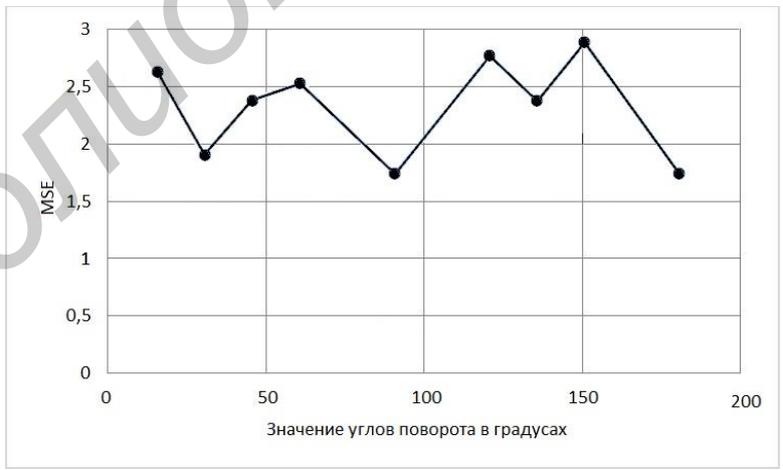


Рис. 3. Значение MSE по длине отрезков кривой 2

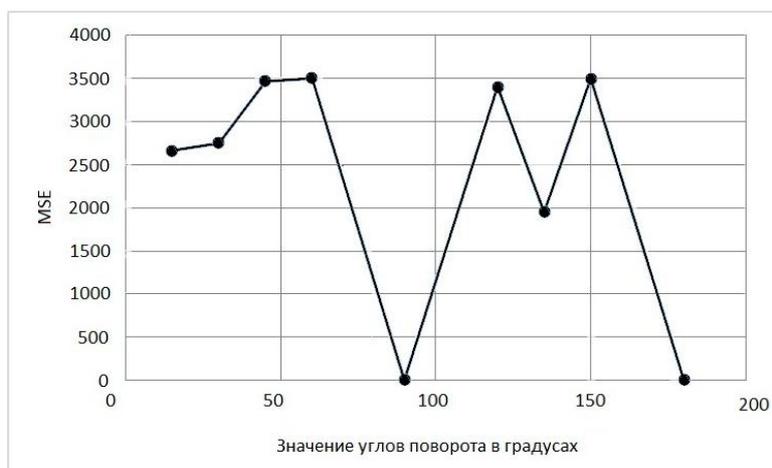


Рис. 4. Значение MSE по величине углов кривой 1

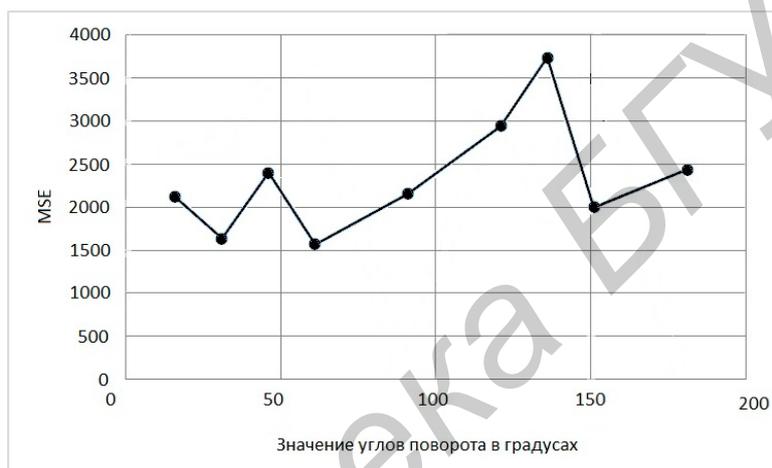


Рис. 5. Значение MSE по величине углов кривой 2

### Заключение

На основании полученных данных можно сделать вывод, что параметризация кривой по значению длин отрезков более устойчива к повороту изображения, чем параметризация по значению углов.

## PARAMETRIZATION OF CURVES ON THE BASIS OF APPROXIMATION BY CIRCLES

D.I. KIRYLUK, YU.I. KULAZHENKO

### Abstract

Examples of various approaches to parametrization of curves are given. The assessment of stability of parameters of curves at rotary transformation of the image is received.

### Список литературы

1. Канатников А.Н., Крищенко А.П. Аналитическая геометрия. М., 2002.
2. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. М., 2001.
3. Жук В.В., Натансон Г.И. Тригонометрические ряды Фурье и элементы теории аппроксимации. Л., 1983.
4. Guil N. IEEE Transactions on Image Processing. 1995. Vol. 4. №11. P. 1541-1548.