УДК 004.93:519.71

ВЕКТОРИЗАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ КРИВЫХ НА ОСНОВЕ АВТОМАТНЫХ МОДЕЛЕЙ

В.С. Молчанова
Приазовский государственный технический университет

Запропоновано алгоритм опису растрових зображень кривих, а саме кіл і в загальному випадку еліпсів у вигляді систем автоматних рівнянь.

В области анализа и синтеза образов важный класс приложений составляют системы обработки технической документации, картографической информации, аэрокосмических изображений и т.п. [1]. Их эффективность во многом определяется удачным выбором алгоритмов перехода от растровых изображений к векторному описанию.

Рассматриваемый переход к векторному описанию опирается на предложенную ранее идею представления соответствующего растрового изображения некоторым словом в заданном алфавите и построение по этому слову системы уравнений автомата, порождающего данное слово.

Растр представляет собой битовое поле, клетки которого окрашены в белый (клетка пуста) или черный цвет (клетка содержит информацию). Автомат движется по растру слева-направо сверху-вниз до тех пор, пока ему не встретится первая закрашенная клетка. Начиная с этой клетки автомат-сканер движется по контуру изображения и начинается формирование слова, описывающего образ.

Для описания образов используется так называемый алфавит Фримена (алфавит «розы ветров») $V=\{0,1,2,3,4,5,6,7\}$, где 0 кодирует движении вправо, 1 – вправо вниз, 2 – вниз и т.д. по часовой стрелке [3].

Приведем основные определения. Конечным автоматом называется шестерка $A=(S,X,Y,\delta,\lambda,s_0)$, где S – конечное множество состояний, X – конечное множество входных символов (входной алфавит), Y – конечное множество выходных символов (выходной алфавит), δ – функция, определяющая следующее состояние, λ: $S\times X\to Y$ – функция выходов, $s_0\in S$ – начальное состояние. Будем считать автомат автономным, т.е. таким, у которого д и л не зависят от значений на входе.

В работе [2], получены уравнения, позволяющие с помощью конечных автоматов компактно описать прямые.

Вначале рассмотрим способ описания окружности как частного случая эллипса на основе автоматных уравнений. В силу симметричности этих кривых достаточно рассмотреть описание их первой четверти.

Выходное значение Y определяет направление, по которому необходимо передвинуться автомату. Поскольку рассматривается только первая четверть окружности, то возможны следующие варианты движения окружности по контуру: вправо на 1 позицию, по диагонали вправо вниз на позицию, вниз на 1 позицию, что определяет выходные значения автомата. Для удобства описания будем эти направления кодировать как 1,0 и -1 соответственно.

Множество состояний автомата $S=\{(s,g)\,|\,s\in[0,r],g\in[0,r]\}$, r – радиус окружности (для простоты будем считать, что r некоторое натуральное число). Пара (s,g) указывает координаты очередной клетки изображения.

Тогда уравнение автомата, описывающего первую четверть, имеет следующий вид:

$$\begin{cases} s(t)=s(t-1)+\mathrm{sign}(y(t-1)) \\ g(t)=g(t-1)+\mathrm{sign}(-y(t-1)) \\ y(t)=\alpha^*+\beta^* \\ s(0)=0,\ g(0)=0 \\ y(0)=1,\ t\in N \end{cases} \qquad (1)$$

Для окружности $y(t)$ определяем следующим образом.

Пусть $f(\alpha,\beta)=|r^2-((s(t)+\alpha)^2+(r-g(t)+\beta))^2|$ и $\arg\min(f(\alpha,\beta))=(\alpha^*,\beta^*)$, где минимум берется по всем (б,в), таким, что $\alpha\in\{0,1\},\beta\in\{-1,0\},\alpha^2+\beta^2\neq 0$. Тогда $y(t)=\alpha^*+\beta^*$.

Поскольку изначально в качестве алфавита описания образов использовался алфавит «розы ветров» *V*, состоящий из символов {0,1,2,3,4,5,6,7}, в рассмотренном выше способе решения для кодировки образа используются символы алфавита *V'*={-1,0,1}, кодирующие направления, соответствующие направлениям 2,1,0 из алфавита *V*. Легко заметить, что $v+v'=1$, где $v\in\{2,1,0\};v'\in V'$. Тогда $v=1-v'$.

После построения первой четверти получим слово $y1=y1(1)y1(2)..y1(t)...y1(k)$, тогда для второй четверти соответствующее выходное слово получается перекодировкой: $y_2(t)=8-y_1(t)$. Для третьей четверти выходное слово будет получено по следующей формуле: $y_3(t)=(12-y_2(t))\bmod 8$. А для четвертой – $y_4(t)=(8-y_3(t))\bmod 8$. Выходное слово

$Y(r)$, описывающее всю окружность радиуса r, есть конкатенация всех четырех слов y_1, y_2, y_3, y_4.

Применив те же рассуждения, что и к окружности, к эллипсу, получим уравнения автомата (1), описывающего первую четверть эллипса с осями a,b, но с другой интерпретацией функции $f(\alpha,\beta)$ (2):

$$f(\alpha,\beta) = |a^2 b^2 - (s(t)+\alpha)^2 b^2 - (g(t)+\beta)^2 a^2|. \qquad (2)$$

Ввиду симметричности эллипса относительно его осей, рассуждения, касательно получения описаний второй, третьей и четвертой четверти окружности, справедливы и для эллипса.

Выше предложен способ построения окружности или эллипса с толщиной контура 1 пиксел. Однако предложенный способ может быть применен для описания кривых с толщиной линии контура 2 и более пиксела. Окружность с толщиной линии контура m описывается как конкатенация слов $Y(r), Y(r-1), \ldots, Y(r-m+1)$.

Растровое изображение может быть существенно сжато за счет автоматных уравнений и использовано как описание примитива в задаче синтеза более сложных изображений с использованием примитивов, описанных автоматными уравнениями.

Выводы

Предложенный в работе способ описания растровых изображений окружности и эллипса в виде автоматных уравнений позволяет существенно сжать такие описания. Найденное решение может быть распространено на случай, когда главные оси не параллельны координатным осям. Эти описания могут быть использованы в задаче синтеза более сложных изображений, в которых составляющие эти изображения примитивы, описываются автоматными уравнениями.

Библиографический список

1. С.В. Абламейко, Д.М. Лагуновский Обработка изображений: технология, методы, применение. – Минск: Амалфея, 2000. – 304 с.
2. Ю.Б. Деглина, В.С. Денисова, В.А. Козловский. Автоматные алгоритмы синтеза образов // Искусственный интеллект, 2008 - №3 – с.290-295
3. Введение в контурный анализ; приложения к обработке изображений и сигналов. Под ред. Я.А. Фурмана. – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. –592 с.