

关于任意几何外形的角度编码方法¹⁾

周冠雄 王宏远
(华中工学院)

摘 要

本文提出了一种任意几何外形的新的编码方法——角度编码,它是在 H. Freeman 方向编码的基础上给出的,同时对于几何外形在平移、相似及旋转变换下具有不变性质,为几何客体的外形识别提供了另一种途径和方法。

一、方向编码的局限性

Freeman 的方向编码是实现几何图形结构描述的经典方法^[1-3],它通过实现方向链码描述将几何外形曲线的识别转换为字符串的识别^[4,5],如图 1 所示。但是,一般说来,模式识别要求正确区分模式在平移、相似及旋转变换下出现的不同构型,而方向链码只是模式的平移不变量,在相似变换下仅保持结构的不变性,在旋转变换下甚至得到完全不同的链码结构,因此,在预处理阶段实现模式在平移、相似及旋转变换下的不变描述,就是一个非常有吸引力的想法。本文在方向编码的基础上提出一种新的角度编码方法,依据正交线性变换的保角性,给出几何外形的一个角度链码描述。

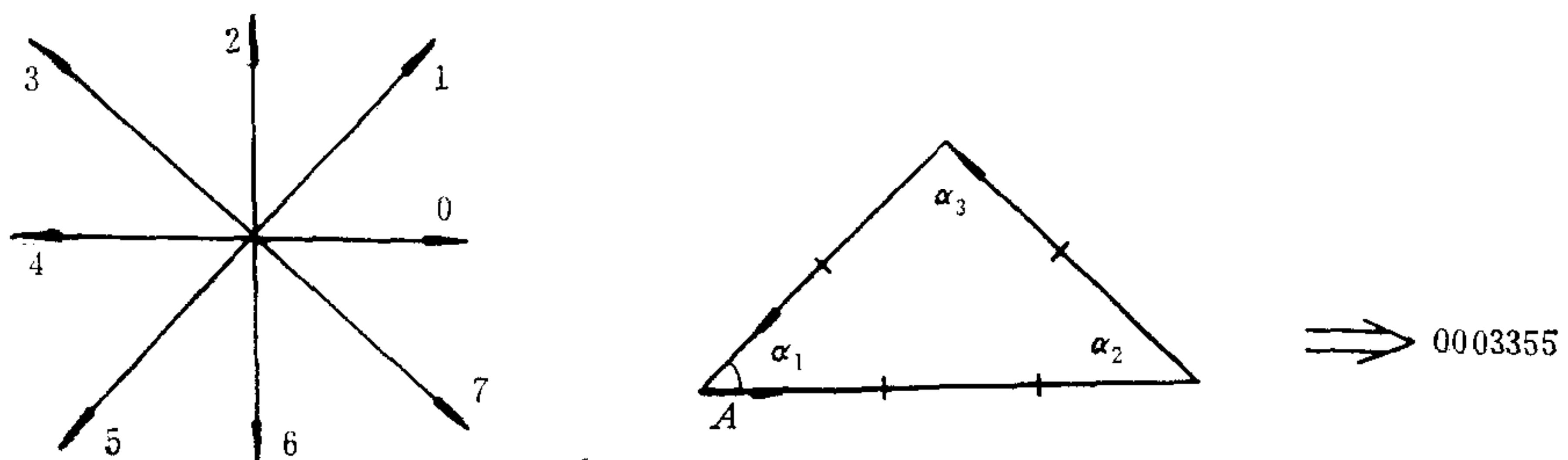


图 1

二、角度编码

在上述变换下,即使构成几何曲线的每一直线段的 Freeman 编码发生改变,相邻两直线段之间的相互关系(夹角)仍保持不变,因而可以通过相邻两直线段的方向编码描述

本文于 1984 年 8 月 6 日收到。

1) 本文的程序设计工作是由殷贤亮完成的。

这一不变的角度关系,并使任一确定的角度均与一确定的数字相对应.

定义 1. 设两直线段 a 及 b 分别与 o 方向成夹角 α 及 β (规定按反时针方向旋转),其方向链码为 u 及 v ,若 $\beta = \alpha + \pi$,则称方向码 v 为方向码 u 之反向码,记为 $\bar{u} = v$.

引理 1. 若平面由 n 个标准方向所等分,则有反向码计算公式

$$\bar{u} = \begin{cases} u + \frac{n}{2} & \forall 0 \leq u < \frac{n}{2}, \\ u - \frac{n}{2} & \forall \frac{n}{2} \leq u \leq n - 1. \end{cases} \quad (1)$$

现在考虑两个相邻的直线段 a_i 及 a_{i+1} ,其方向码分别为 u_i 及 u_{i+1} ,并规定平面上的 n 个标准方向,则 a_i 与 a_{i+1} 之间的角度 α (由 a_{i+1} 依反时针方向旋转至 a_i) 可由方向码表征:

定义 2. 对于分别具有不同的方向码描述的两相邻直线段之间的夹角 α ,其方向码表征为

$$\alpha := (u_{i+1} - \bar{u}_i) \frac{2\pi}{n} = m \frac{2\pi}{n}. \quad (2)$$

其中 m 为 α 的表征系数, $2\pi/n$ 为平面方向等分角.

定义 3. 称表征系数 m 为直线段 a_{i+1} 与 a_i 所构成的角度 α 的角度表征码.例如,图 1 中之三角形三内角依次有如下角度表征及角度表征码:

$$\alpha_1 := (0 - \bar{5}) \frac{2\pi}{n} = (-1) \frac{2\pi}{n}, \quad m_1 = -1;$$

$$\alpha_2 := (3 - \bar{0}) \frac{2\pi}{n} = (-1) \frac{2\pi}{n}, \quad m_2 = -1;$$

$$\alpha_3 := (5 - \bar{3}) \frac{2\pi}{n} = (-2) \frac{2\pi}{n}, \quad m_3 = -2.$$

考虑到角度旋转的周期性,若 $\beta = \alpha + k(2\pi)$, $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$,则令 $\beta = \alpha$,即如果角度表征码 m 及 l 之间成立关系式

$$l = m + k \cdot n, \quad (3)$$

则认为 l 与 m 对应着同一角度.例如,对于规定了 8 个基本方向的平面,两相邻直线段之间的所有可能角度的集合为

$$G = \left\{ 0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}, \frac{3}{4}\pi, \pi, \frac{5}{4}\pi, \frac{3}{2}\pi, \frac{7}{4}\pi \right\}. \quad (4)$$

定理 1 (8 方向角度编码规则). 在 8 个标准方向的平面上,任意两直线段之间的夹角由下列编码规则给出:

$$0 := 0 + k \cdot 8; \quad \pi := -4 + k \cdot 8; \quad \frac{\pi}{4} := -1 + k \cdot 8;$$

$$\frac{5}{4}\pi := 1 + k \cdot 8; \quad \frac{\pi}{2} := -2 + k \cdot 8; \quad \frac{3}{2}\pi := 2 + k \cdot 8; \quad (5)$$

$$\frac{3}{4}\pi := -3 + k \cdot 8; \quad \frac{7}{4}\pi := 3 + k \cdot 8. \quad k = 0, \pm 1.$$

定义 4. 称 $G' = \{0, -1, -2, -3, -4, 1, 2, 3\}$ 为角度表征码的主值集,其中

的主值即为角度编码。对于任一角度表征码 m ，可通过公式 (3) 将其化为主值 l 。例如，若角度 α 有表征码 $m = 5$ ，取 $k = -1$ ，得 $l = 5 - 8 = -3$ ，即 $m = 5$ 的主值为 $l = -3$ ，由式 (5) 知，其对应的角度为 $3\pi/4$ 。

定理 2. 角度编码在平移、相似及旋转变换下保持不变(计及正交线性变换的保角性质)。

三、描述几何外形曲线的角度编码算法

在计算机模式识别中，经过诸如平滑、阈值及正规化处理后的几何外形曲线是由具有一个图象点宽度的直线段组成的折线图形。一般来说，有封闭的或不封闭的；单连通的或多连通的；或以此组合而成的其他折线图形。因为封闭的多连通图形可归结为多个封闭的单连通图形(即客体的内、外封闭边界)来处理，因而在实现角度编码描述时，仅需研究封闭的单连通图形及不封闭的图形两种情况，它们将通过下面给出的带跑长属性参数的角度编码算法作统一的处理。

定义 5. 在直线的方向编码字符串中，非单个出现的方向称为主方向，其余方向为次方向。

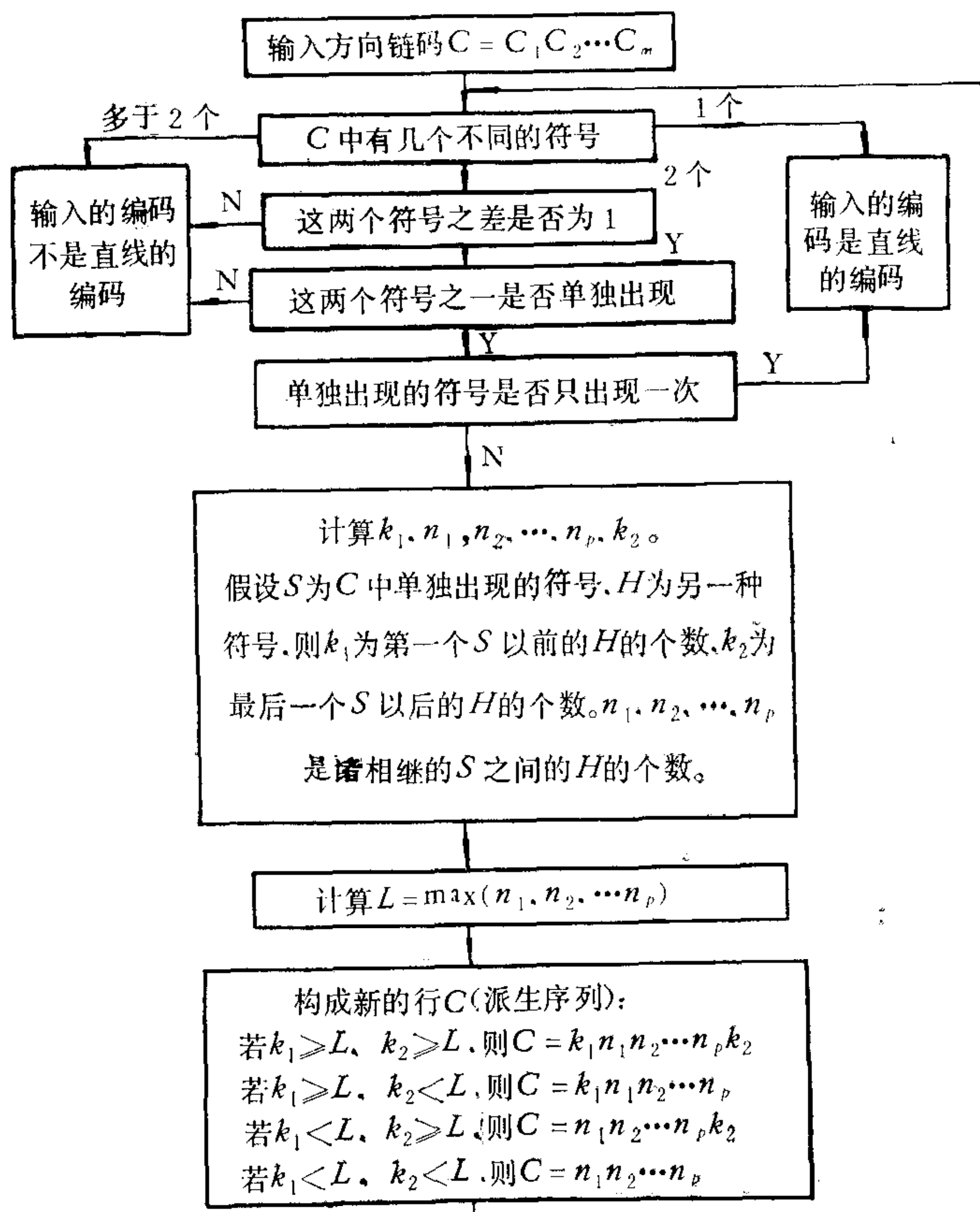


图 2 直线方向链码的识别算法

算法 1. 判断一方向链码是否为直线方向链码的算法。图 2 给出了判断直线方向链码的识别算法。

定义 6. 对于由相邻直线 a 及 b 所构成的夹角 α , 称 Ml 为带跑长属性参数 M 的 α 的角度编码。 M 表示直线的长度, 即扫描过程中直线 a 的方向码的个数 (包括主方向码及次方向码)。

由定义 6 可知, 为了给属性参数 M 赋值, 必须运用算法 1 正确识别直线的方向编码字符串^[5,7]。

算法 2. 几何外形曲线的角度编码算法。

1) 以行扫描方式确定初始点 A , 从 A 开始跟踪曲线并记录其方向编码字符串^[5]
 $u_1 u_1 \cdots u_1 u_2 u_2 \cdots u_2 \cdots u_r u_r \cdots u_r$ 。

2) 在产生上述字符串的同时, 从 u_1 开始即执行算法 1, 依次检验后续产生的字符是否与前面的字符串构成直线的方向编码字符串。若是, 则继续向前执行算法 1; 若否, 则记录该字符串中 (除当前字符外) 之方向码及其数目 M_1 , 并取该字符串的主方向为无跑长方向编码符, 仍记为 u_1 (为论述方便计), 以当前字符作为第一次输入重新开始执行算法 1。余此类推, 直至外形曲线之终止点 A_E 。

3) 产生带属性参数 M_i 之无跑长方向编码字符串 $M_1 u_1 M_2 u_2 \cdots M_r u_r$ 。

4) 依据式 (2) 计算带属性参数 M_i 之角度表征码 $M_1 m_1 M_2 m_2 \cdots M_r m_r$ 。

5) 依据式 (3) 将 m_1, m_2, \cdots, m_r 化为主值, 得带属性参数 M 的相应的角度编码字符串 $M_1 l_1 M_2 l_2 \cdots M_r l_r$ 。

显然, 依此可准确地描述并重现封闭的及不封闭的几何外形曲线。另外, 当 A 与 A_E 相同时, 表明外形曲线是封闭的, 在执行步骤 2) — 5) 时可不计算属性参数 M_i 。

参 考 文 献

- [1] Freemann, H., On the Encoding of Arbitrary Geometric Configuration, *IEEE Trans. EC-10* (1961), 260—268.
- [2] Freemann, H., Computer Processing of Line Drawing Images, *Surveys*, 6(1974), 57—97.
- [3] Morrin, T. H., Chain-link Compression of Arbitrary Black-white Images, *CGIP-5* (1976), 172—189.
- [4] 傅京孙著, 模式识别及其应用, 科学出版社(1983), 15.
- [5] 周冠雄、殷贤亮, 一个混合分层的外形识别系统(1), 计算机应用与软件, 第三期, (1985), 5—9.
- [6] Gaafer, M., Convexity Verification, Block-chords and Digital Straight Lines, *CGIP-6*(1977), 361—370.
- [7] Wu, L. D., On the Freeman's Conjecture About the Chain Code of a Line. Proc. 5th ICPR, (1980), 35—38.

ANGLE CODING FOR ARBITRARY GEOMETRIC CONFIGURATION

ZHOU GUANXIONG WANG HONGYUAN

(Huazhong University of Science and Technology)

ABSTRACT

A new coding method—Angle Coding for arbitrary geometric configuration based on Freemann's direction coding is presented in this paper. Implemented with this new method, the features of a geometric configuration are kept invariant under translation, scaling and rotation transformations. Therefore, angle coding provides a new approach for the recognition of the configuration of geometric objects.