

识别在线手写汉字的模糊属性自动机

刘迎健 戴汝为

(中国科学院自动化所)

摘 要

本文提出一种识别在线手写汉字笔划的模糊属性自动机,为汉字识别打下了基础。汉字的笔划由笔段构成,利用笔段的长度信息,借助模糊信息处理方法,以不变嵌入原理为着眼点,提出一种模糊属性文法及其相应的模糊属性自动机。这种文法在句法形式上是有限状态文法,但语义规则中包含上下文的信息,其能力大大超过有限状态文法,相应的自动机能有效地识别笔划。经对大量在线手写汉字的识别,表明了模糊属性自动机的实用性。

一、前 言

以计算机为工具进行汉字信息处理所面临的一个关键问题是汉字的自动识别。由于日常用到的汉字数量非常大,给识别问题带来了困难。自动识别汉字有两种方式,一是把印在纸上或写在纸上的汉字通过光电扫描装置送入计算机,然后对输入汉字自动加以分类;另一种是通过图形输入板书写汉字送入计算机后进行分类,称为在线手写汉字识别。本文只讨论后者,其中笔划的识别是个基本问题。国内外已经提出过一些识别笔划的方法,如序列比较、动态规划、有限状态自动机等方法。但这些方法往往是以笔段的方向码序列为链码,不考虑笔段的长度,或者在考虑长度时把一段长度分成等长的若干小段做为方向链码;有的对方向码做了筛选后再进行匹配运算。对于不精确的区分(如仅分八、九种)来说是有效的,但不能准确区分四十种以上的笔划,常把不同笔段的笔划分为一类,则不能胜任笔段的抽取。本文根据汉字及其笔划的结构,提出了一种模糊属性文法及与其对应的模糊属性自动机。这种文法与自动机是以往有关属性文法^[2-5]的一种开拓。在 IBM-PC-XT 上通过大量实践工作,表明如果把在线手写汉字分为笔段一笔划一整字三层,用上述模糊属性自动机再加以某些识别整字的措施,可以识别 7000 多个汉字,初次使用的识别率为 78%,经常使用后的识别率达 98%。

二、关于笔划的分析

有人统计过楷书中的笔划有 38 种,但由于人们不可能都写出规范的笔划,所以实际

上的笔划种类大于38种。从200多人的工整手写体汉字统计,大约有54种,加上各种楷书的自然连笔,至少需要区分70种以上的笔划。图1是50多人写的几种笔划。

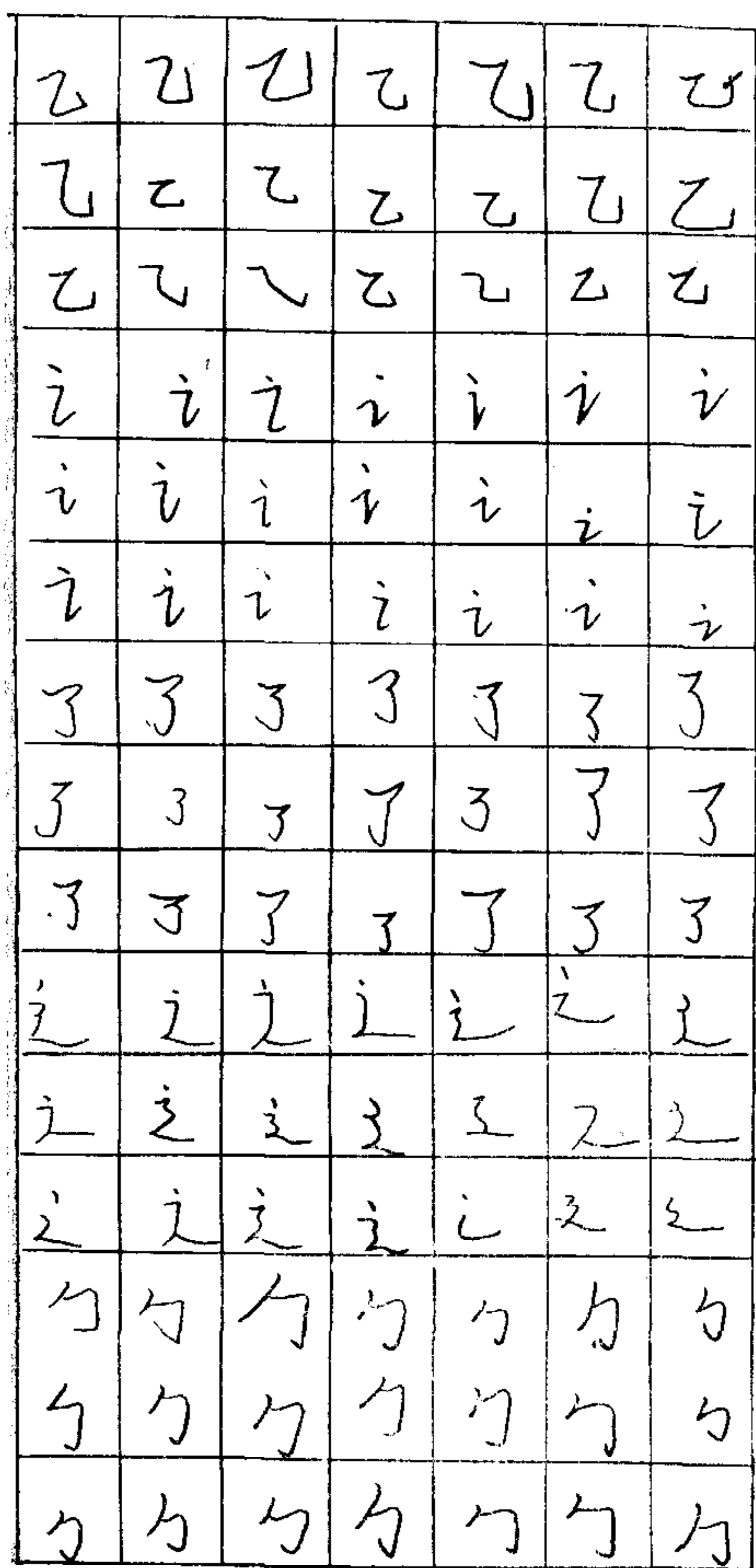


图 1

图1中所示笔划同正楷笔划比较有如下相同之处:大都包含了正楷笔划中的笔段,而且占了总长度的大部分。不同之处在于增加了一些其它方向的笔段,特别是在起笔、抬笔和拐弯处。而且主要方向笔段的长度比例各有不同。这些手写笔划可以看成是以楷书笔划作为模板笔划经过畸变后而形成的模糊集合。

下面我们先建立一种用以描述以模板笔划为核,发生畸变的笔划集合的模糊属性文法。

三、模板为核的属性文法及自动机

在图形输入板上书写的笔划可以看成是以楷书作为模板发生畸变后所形成的笔划。这里首先考虑如何描述这些畸变的笔划。如果一个笔划的模板由 n 个笔段 a_1, a_2, \dots, a_n 组成, a_i ($i=1, 2, \dots, n$)的属性(长度) $A(a_i) = l_i$ 。如果以模板为核,发生两种方式的畸变,一是原来相连接的两笔段之间增添了一些新的笔段,结构上发生了变化;另一是模板的笔段的属性 l_i 发生变化,形成了畸变。或者换句话说,利用“不变嵌入原理”把模板笔划嵌入到一族互相间有联系的笔划中加以分析,而这类畸变的笔划用一个属性文法描述。文法中产生式的选择是

由属性所满足的某种条件加以控制。给出文法 G

$$G = (V_N, V_T, N_0, P, J, H).$$

其中 V_N 是非终止符有限集; V_T 是终止符有限集; N_0 是起始符; J 是产生式标号有限集; H 是给定函数 f 的有限集。

P :

$$1. N_0 \rightarrow a_1 N_0, a_1 \in V_{T1}, V_{T1} \subset CV_T, A(a_1) = l_1, \text{ 或 } a_1 \in V_{T1}, f_1(A(a_1)) \leq 0.$$

$$2. N_0 \rightarrow a_1 N_1, a_1 \in V_{T1}, f_1(A(a_1)) \leq 0, A(a_1) = l_1.$$

\vdots

$$2n-1. N_{n-1} \rightarrow a_n N_{n-1}, a_n \in V_{Tn}, V_{Tn} \subset V_T, \text{ 或 } a_n \in V_{Tn}, f_n(A(a_n)) \leq 0, A(a_n) = l_n.$$

$$2n. N_{n-1} \rightarrow a_n, a_n \in V_{Tn}, f_n(A(a_n)) \leq 0, A(a_n) = l_n.$$

在上述 $2n$ 个产生式中,标号为奇数的产生式描绘在模板笔划的相继两笔段间加入新

的笔段，或者 a_i 的属性 $A(a_i)$ 不满足条件 $f_i(A(a_i)) \leq 0$ 的情况。而标号为偶数的产生式则描绘了长度在允许范围内的模板笔段。G 产生下述语言：

$$L(G) = \left\{ x \mid N_0 \xrightarrow{\Pi} x \right\}.$$

其中 Π 表示从 N_0 开始生成 x 的产生式标号序列。x 中符号的个数不一定为 n ，而比 n 大。

与上述文法相对应的属性自动机如：

$$A = (\Sigma, Q, \delta, q_0, H, q_f).$$

式中 Σ 是具有属性的字母表，其中的元素用序对 (a_i, l_i) 表示；Q 是具有参考属性的状态的有限集；H 是给定的函数集； q_0 是初始状态； q_f 是终止状态； δ 是从 $Q \times \Sigma \times H$ 到 Q 的映射。

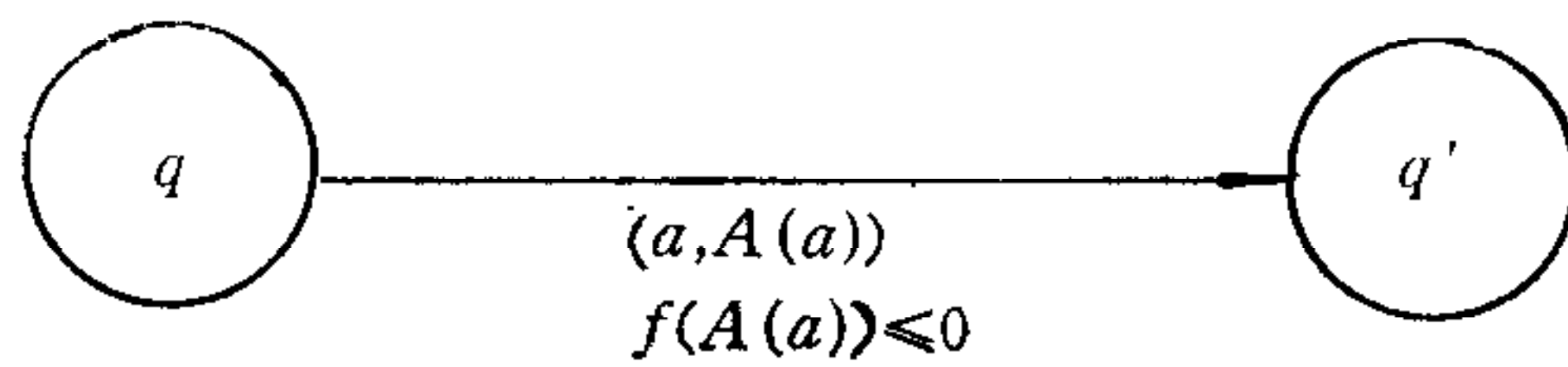


图 2

如果自动机处于状态 q ，当输入序对 $(a, A(a))$ 满足条件 $f(A(a)) \leq 0$ 时，才能转移到新的状态 q' ，这是属性自动机的转移与一般自动机不同之处。如果输入一串具有属性的符号，当读入最后一个序对时，自动机的状态转移到终止状态 q_f ，则认为该串符号被自动机接受。

下面举例说明属性自动机的转移情况。考虑用 0, 1, 2, 3, 4 五个方向对笔划进行编码，并对图 3 所示笔划建立如下属性自动机：

$$A = (\Sigma, Q, \delta, q_0, H, q_f).$$

其中 $\Sigma = \{(0, l), (1, l), (2, l), (3, l), (4, l)\}$ ；

l 为正数变量。模板笔段的长度分别为 $\bar{l}_0 = 20$ ； $\bar{l}_1 = 40$ ； $\bar{l}_2 = 20$ ；以此作为状态的属性。

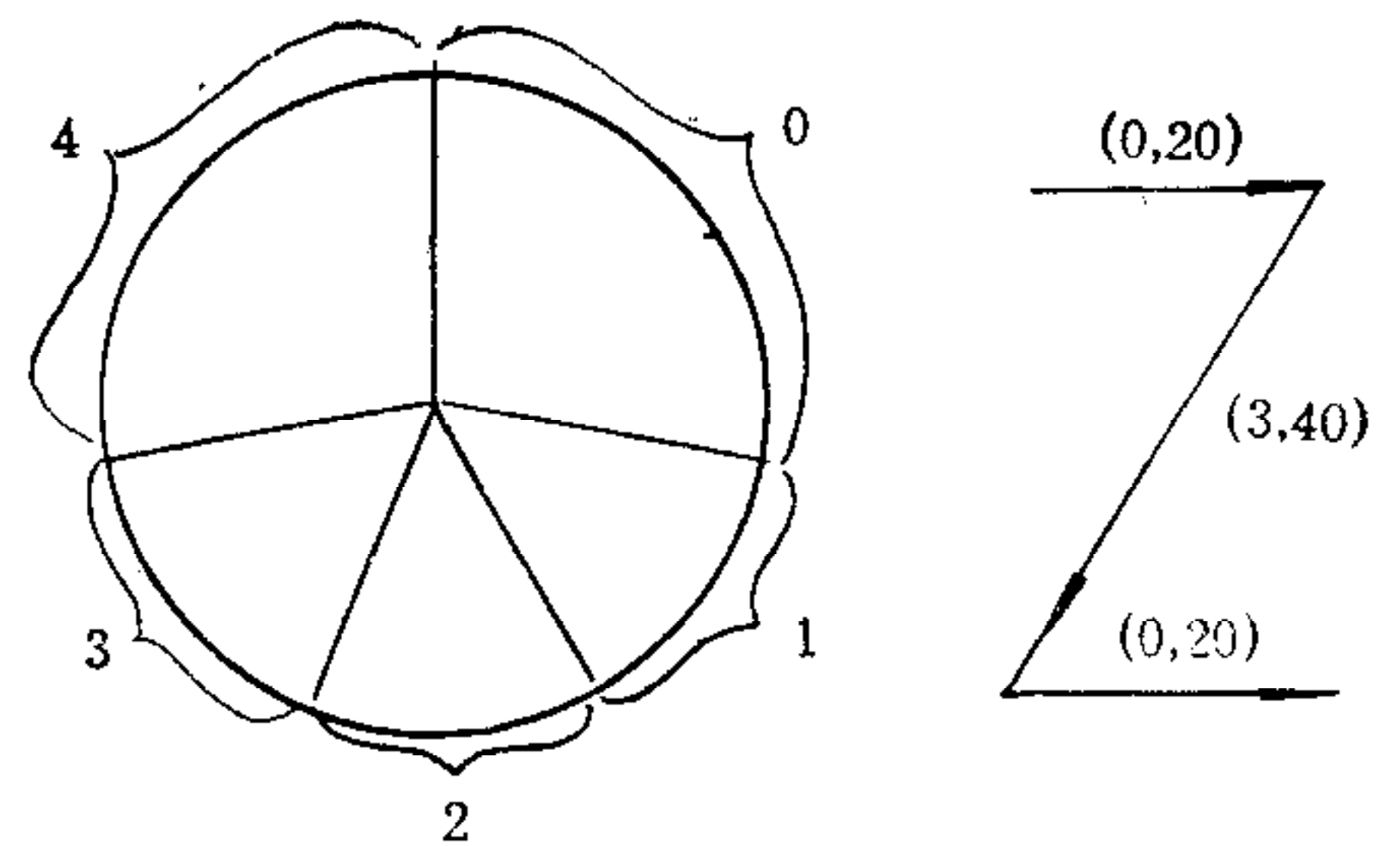


图 3

$$Q = \{q_0(20), q_1(40), q_2(20), q_f(0)\},$$

$$H = \left\{ \frac{\bar{l}_0}{2} \leq A(a) \leq \frac{3}{2} \bar{l}_0, \frac{1}{2} \bar{l}_1 \leq A(a) \leq \frac{3}{2} \bar{l}_1, \frac{1}{2} \bar{l}_2 \leq A(a) \leq \frac{3}{2} \bar{l}_2 \right\}.$$

状态转移 δ 为

$$\delta[q_0, (a, l_0)] = \begin{cases} q_1, & \text{如果 } a = 0, \text{ 且 } 10 \leq l_0 \leq 30. \\ q_0, & \text{其它情况.} \end{cases}$$

$$\delta[q_1, (a, l_1)] = \begin{cases} q_2, & \text{如果 } a = (2 \text{ 或 } 3), \text{ 且 } 20 \leq l_1 \leq 60. \\ q_1, & \text{其它情况.} \end{cases}$$

$$\delta[q_2, (a, l_2)] = \begin{cases} q_f, & \text{如果 } a = 0, \text{ 且 } 10 \leq l_2 \leq 30. \\ q_2, & \text{其它情况.} \end{cases}$$

上述自动机的状态转移图如图 4 所示。

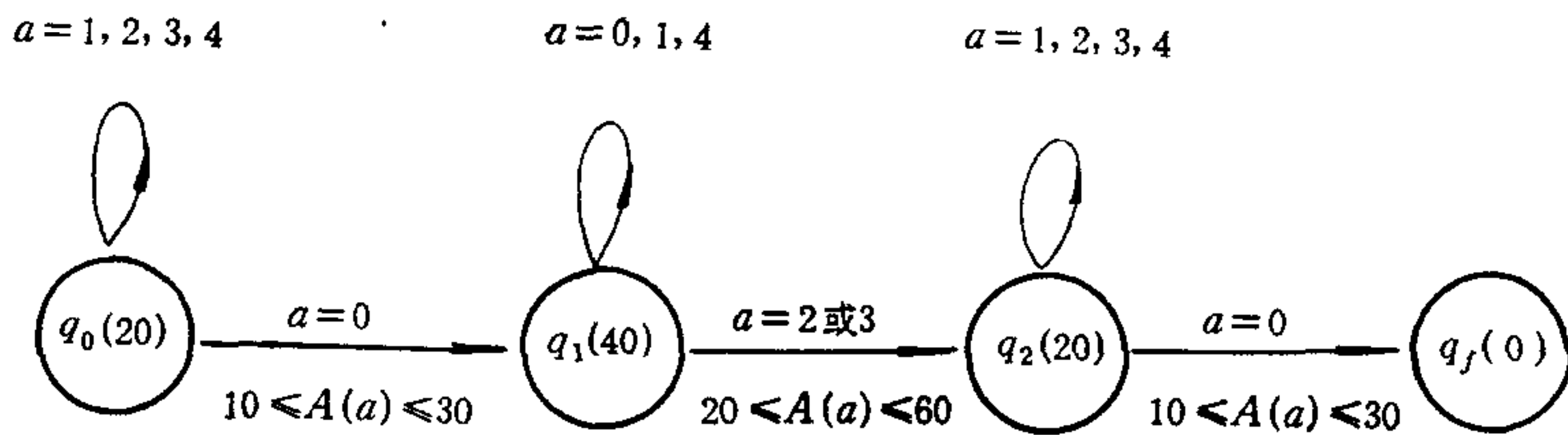


图 4

下面讨论属性自动机对一串符号的识别。如图 5 所示笔划，经过整形后得到的一串符号为

$$x = (1, 4)(0, 14)(1, 3)(2, 24)(1, 8)(0, 19).$$

属性自动机识别 x 的过程为

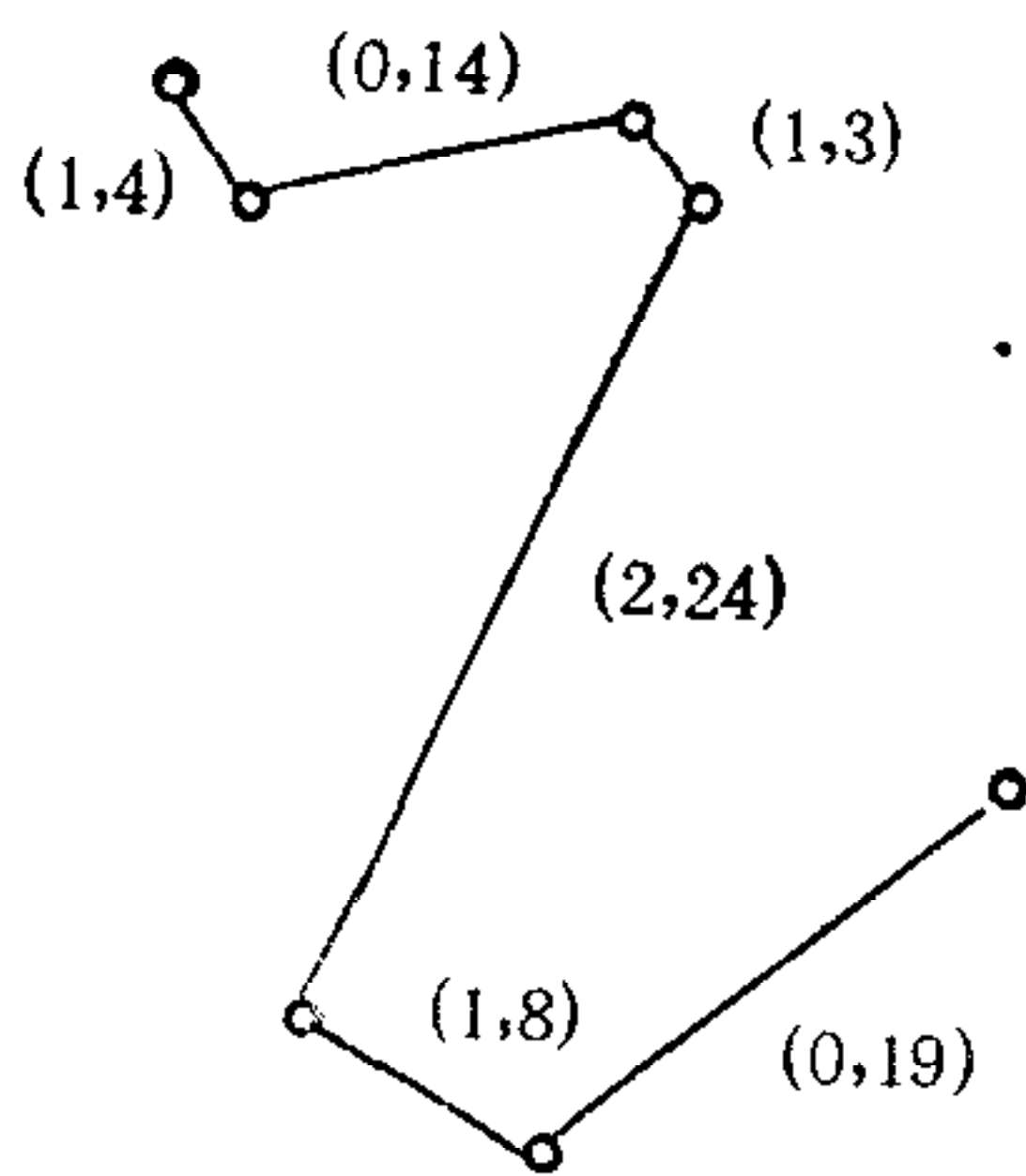


图 5

$[q_0, (1, 4)] = q_0, \quad \because a \neq 0, l_0 = 4 < 10.$
 $(0, 14): \because a = 0, \text{ 且 } 10 \leq l_0 = 14 \leq 30,$
 $[q_0, (0, 14)] = q_1.$
 $(1, 3): \because a = 1, l_1 = 3 < 20, [q_1, (1, 3)] = q_1.$
 $(2, 24): \because a = 2, 20 \leq l_1 = 24 \leq 60,$
 $\therefore [q_1, (2, 24)] = q_2.$
 $(1, 8): \because a = 1, l_2 = 8 < 10, \therefore [q_2, (1, 8)] = q_2.$
 $(0, 19): \because a = 0, 10 \leq l_2 = 19 \leq 30,$
 $\therefore [q_2, (0, 19)] = q_f.$

x 被属性自动机接受。可以看出上述自动机能识别的笔划集是以楷书“Z”为核，笔段方向码的次序正确、笔段长度在给定范围内变化的笔划。属性自动机在形式上同有限状态自动机十分相似，但功能大大提高了。它的程序算法很简单，内存和运算时间都较小。如果采用一般的有限状态自动机识别楷书笔划为模板的畸变笔划集合，自动机的数量要大得惊人，状态也复杂得多。与有限状态自动机相比较，有限状态属性自动机有改进，但仍达不到实际应用的要求。原因如下：

1) 给定一串具有属性的符号，对于某个自动机来说只有两种选择，即接受或不接受。由于识别笔划的系统中包括许多自动机，输入的一串符号可能同时被几个自动机接受，也可能没有一个自动机能接受。这两种情况都会给下一步处理带来失误。如笔划“J”，就有可能被模板为“/”与模板为“J”的自动机同时接受。笔划“Z”则有可能不被任何自动机接受。

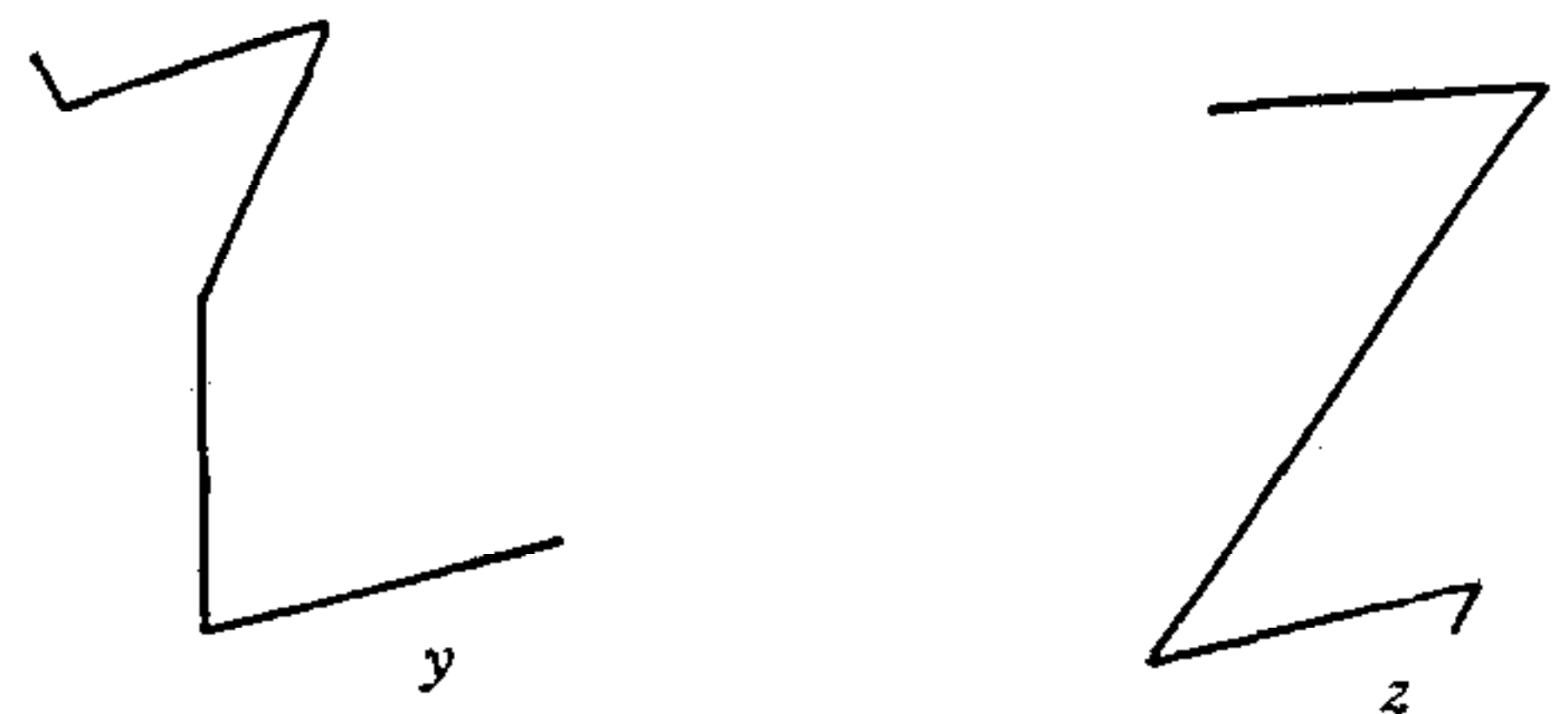


图 6

2) 当读入一串符号时，对于某个自动机的状态映射函数 δ ，只有两种映射结果，即停止在原状态或转移到下一个状态，没有记忆下什么信息。这样就会出现许多不合理的情况。上例中方向相同且长度在一定范围内的符号输入时，状态转移到下一个状态，其它情况则停止在原状态，许多与“Z”非常相似的笔划，不能被接受。如： $y = (1, 4)(0, 17)(3, 18)(2, 19)(0, 22)$ 。其中(3, 18)及(2, 19)

的方向及长度都合乎转移条件,但由于各自的长度不在转移条件范围内,故不能被接受。再如 $z = (0, 19)(3, 41)(0, 19)(3, 1)$ 只因为尾部有点干扰,达不到终止状态,也不能被接受。

3) 模板笔划的各线段长都是取绝对值,不能适应输入符号串长或短的变化。换句话说模板线段的长度应该随着输入符号串的长短不同有相应的改变。

下面讨论的以模板为核的模糊文法及自动机就是为克服以上的缺点而提出来的。

四、以模板为核的模糊属性文法及自动机

属性自动机对于识别汉字的笔划还不够有力。它所接受的笔划集合是确定集合,而把手写笔划的集合当成模糊集合也许更为适宜。这里我们采用模糊信息处理的方法描述与识别笔划,以模板笔划为核,提出一种模糊属性文法及相应的模糊属性自动机。

前一节以模板为核考虑了两种方式的畸变,采用“不变嵌入原理”把模板笔划嵌入到一族笔划中进行分析。该族中每个笔划的笔段数至少为 n ,进一步把所要嵌入的族加以扩展,使其将笔段数小于 n 的那些畸变笔划也包括在内。也就是说一族中各笔划的笔段数可以大不相同,这就意味着结构是不一样的。在此基础上,建立模糊属性文法。

用下述以模板为核的模糊属性文法 G_f ,描述笔段数不相同、笔段间有各种畸变的笔划集合。其中属性规则起了很重要的作用,通过属性规则体现了上下文的信息。

模糊属性文法 G_f 是一个 7 元式 $G_f = (V_N, V_T, N_0, P, J, H, L)$ 规定的系统。其中 V_N 是非终止符的有限集; V_T 是具有属性的终止符的有限集; $V_{T_i} \subset V_T (i = 1, 2, \dots, n)$ 是 V_T 的子集。 J 是产生式序号的有限集; H 是给定函数集; L 是与非终止符对应的属性的有限集; P 是产生式的有限集。

P 中的产生式具有下列形式:

句法部分		语义部分
1. $N_0 \rightarrow a_1 N_0$	则	$\begin{cases} a_1 \bar{\in} V_{T_1}, & l_1 = \bar{l}_1 + 0 & g_1 = A(a_1). \\ a_1 \in V_{T_1}, & l_1 = \min[\bar{l}_1 + A(a_1), \bar{l}_1], & g_1 = A(a_1). \end{cases}$
2. $N_0 \rightarrow a_1$	则	$\begin{cases} a_1 \bar{\in} V_{T_1}, & l_1 = \bar{l}_1 + 0 & g_1 = A(a_1). \\ a_1 \in V_{T_1}, & l_1 = \min[\bar{l}_1 + A(a_1), \bar{l}_1], & g_1 = A(a_1). \end{cases}$
3. $N_0 \rightarrow a_2 N_1$		$a_2 \in V_{T_2}, \quad f_1(A(a_1), \bar{l}_1) \leq 0.$
4. $N_1 \rightarrow a_2 N_1$		
\vdots		
$3n - 2. N_{n-1} \rightarrow a_n N_{n-1}$	则	$\begin{cases} a_n \bar{\in} V_{T_n}, & l_n = \bar{l}_n + 0 \\ a_n \in V_{T_n}, & l_n = \min[\bar{l}_n + A(a_n), \bar{l}_n], & g_n = A(a_n). \end{cases}$
$3n - 1. N_{n-1} \rightarrow a_n$	则	$\begin{cases} a_n \bar{\in} V_{T_n}, & l_n = \bar{l}_n + 0 \\ a_n \in V_{T_n}, & l_n = \min[\bar{l}_n + A(a_n)], & g_n = A(a_n). \end{cases}$

G_f 中的每一个非终止符 $N_i (i = 0, 1, 2, \dots, n - 1)$ 有三种再写的方式,描绘了以模板笔划的第 $i + 1$ 笔段为核所可能发生的畸变。在文法的语义部分中,属性规则起着特殊的作用。 $N_{i-1} \rightarrow a_i N_i, N_{i-1} \rightarrow a_i$ 对应着规则 $l_i = \min[\bar{l}_i + A(a_i), \bar{l}_i]$ 。在这一属性规则中, \bar{l}_i 表示在选用该条产生式前,通过左端为 N_{i-1} 的产生式所得到的属性, \bar{l}_i 则表示

模板的第 $i + 1$ 笔段属性, \min 表示取方括号中两个量的较小者. 这一规则表明属性 l_i 与以前使用的产生式有关, 也就是隐含着上下文的信息. G_f 产生的语言为:

$$L(G_f) = \left\{ x \mid N_0 \xrightarrow{\Pi} x, \mu(x) \right\}.$$

其中 Π 是以 N_0 开始, 产生具有属性的符号串 x 所用到的产生式的标号的序列.

可以把 $x \in L(G_f)$ 的隶属度定义为

$$\mu(x) = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{k \sum_{i=1}^n \bar{e}_i}, \text{ 其中 } k = \frac{\sum A(a)}{\sum_{i=1}^n \bar{e}_i}$$

与上式文法相对应, 可以给出一个模糊属性自动机.

模糊属性自动机是一个 8 元组 $A_f = (\Sigma, Q, F, \delta, H, L, q_0, \mu)$ 所规定的系统. 其中 Σ, H, Q, q_0 如前所述. Q 中的任何一个状态都可以作为终止状态, 这是与一般自动机不同的; L 是下标与状态标号对应的变量的有限集, 开始时这些变量的值均为 0; F 是 $\Sigma \times Q \times L$ 到 L 的映射; δ 是 $\Sigma \times Q \times L$ 到 Q 的映射; μ 是隶属函数 $\mu(x) \in [0, 1]$, 其中 x 为输入符号串.

对于 F 与 Q 需要解释如下:

$F[q_i, l_i, (a, u)]$: 当自动机处于状态 q_i , 输入具有属性的符号 (a, u) , 变量(属性)在 (a, u) 输入以前, 由于在这个状态进行转移所具有的属性 \bar{l}_i , 则

$$l_i \xrightarrow{(a, u)} \begin{cases} \bar{l}_i + 0, & \text{如果 } a \in V_{Ti}. \\ \min [(\bar{l}_i + u), \bar{l}_i], & a \in V_{Ti}. \end{cases}$$

其中 \bar{l}_i 是给定的参考量.

$\delta[q_i, l_i, (a, u)]$: 见图 7.

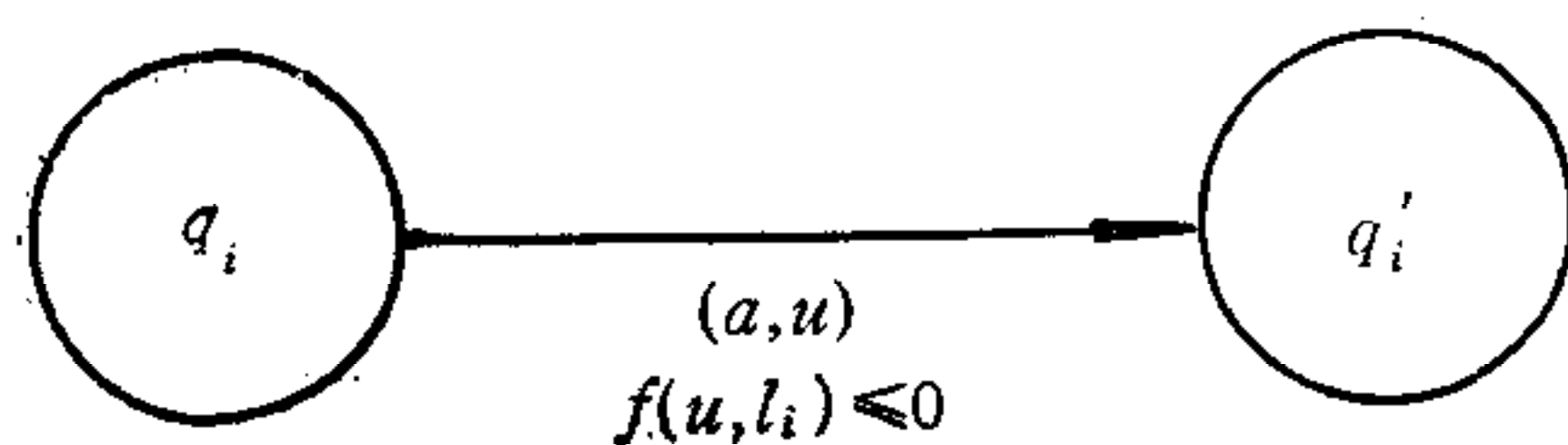


图 7

例. 下面通过一个例子说明模糊属性自动机的性能明显优于属性自动机. 以标准楷书笔划“Z”为模板, 建立如下模糊属性自动机:

$$A_f = (\Sigma, Q, F, \delta, H, L, q_0, \mu).$$

映射函数为

$$F[q_0, l_0, (a, u)] = \begin{cases} l_0 + 0 \rightarrow l_0, & a \neq 0, \\ \min [(l_0 + u), k\bar{l}_0] \rightarrow l_0, & a = 0. \end{cases}$$

$$F[q_1, l_1, (a, u)] = \begin{cases} l_1 + 0 \rightarrow l_0, & a \text{ 为其它,} \\ \min [(l_1 + u), k\bar{l}_1] \rightarrow l_1, & a = 2 \text{ 或 } 3. \end{cases}$$

$$F[q_2, l_2, (a, u)] = \begin{cases} l_2 + 0 \rightarrow l_2, & a \text{ 为其它,} \\ \min [(l_2 + u), k\bar{l}_2] \rightarrow l_2, & a = 0. \end{cases}$$

映射函数 δ 为

$$\delta[q_0, l_0, (a, u)] = \begin{cases} q_0, & \text{如 } a = 0 \text{ 或 } l_0 < k\bar{l}_0/2, \\ q_1, & a \neq 0 \text{ 且 } l_0 \geq k\bar{l}_0/2. \end{cases}$$

$$\delta[q_1, l_1, (a, u)] = \begin{cases} q_1, & \text{如 } (a = 2 \text{ 或 } a = 3) \text{ 或 } l_1 < k\bar{l}_1/2, \\ q_2, & a \neq 2, a \neq 3 \text{ 且 } l_1 \geq k\bar{l}_1/2. \end{cases}$$

$$\delta[q_2, l_2, (a, u)] = q_2 \quad a = 0 \text{ 或 } a = 1.$$

隶属函数 μ 为

$$\mu(u) = \frac{\sum_i^n l_i}{\sum_i^m g_i} \quad \begin{array}{l} \text{分子为各状态时 } F \text{ 的映射和,} \\ \text{分母为输入串的长度属性和.} \end{array}$$

设输入串 $u = (1, 4)(0, 17)(3, 18)(2, 19)(0, 22)$, 如图 8 所示. 该串没有被前面所述的属性自动机接受.

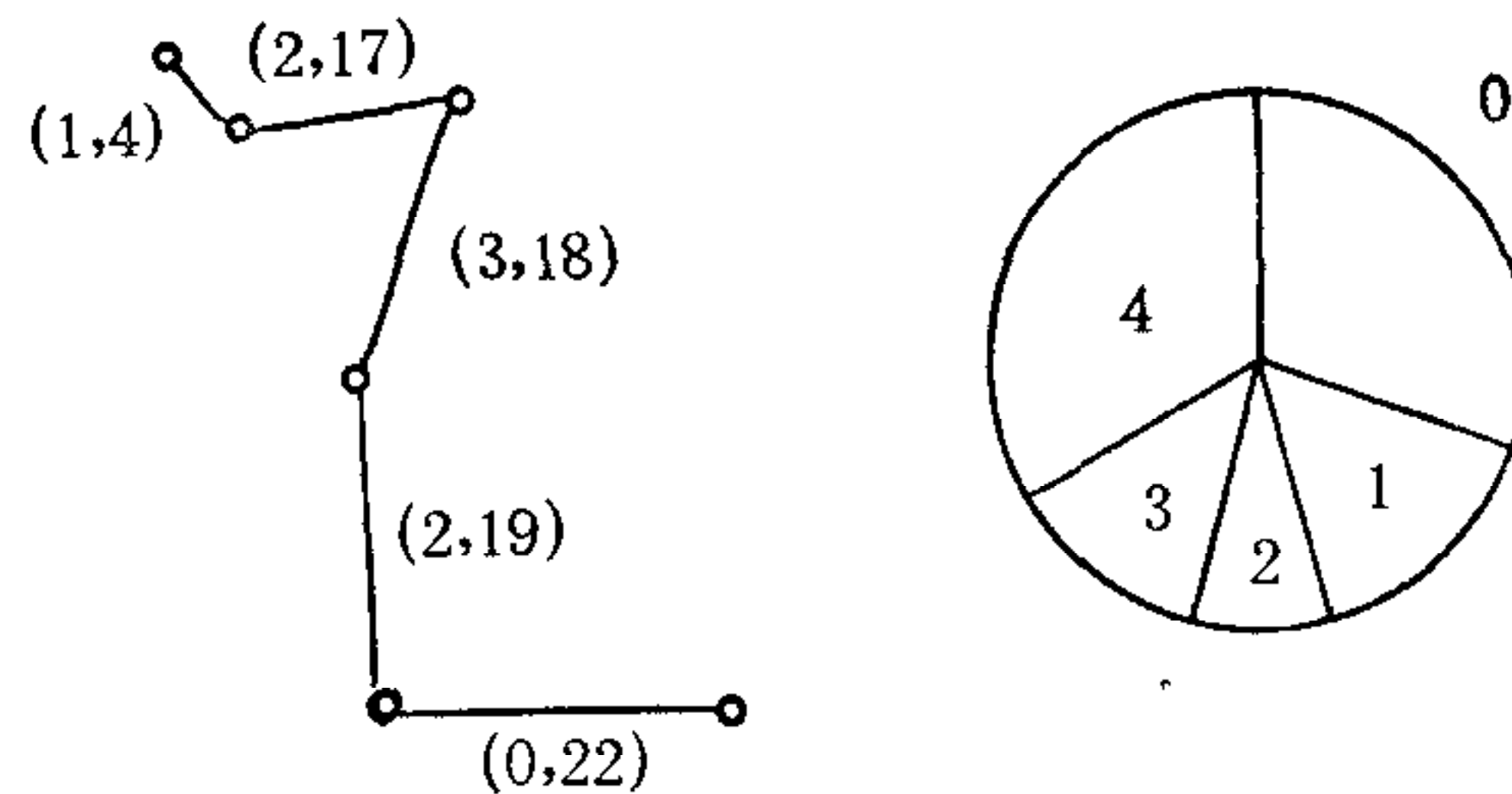


图 8

这里 $k = \left(\sum_{j=1}^m g_j\right)/16 = (4 + 17 + 18 + 19 + 22)/16 = 5$. $k\bar{l}_0/2 = 5 \times 4/2 = 10$,

$k\bar{l}_1/2 = 5 \times 8/2 = 20$, $k\bar{l}_2/2 = 5 \times 4/2 = 10$. 以下是 A_f 接受 u 的过程:

$$(1, 4) \because a \neq 0, l_0 = 0, F[q_0, l_0, (1, 4)] = 0 + 0 = l_0.$$

$$\because l_0 < 10, \quad \delta[q_0, l_0, (1, 4)] = q_0, \text{ 读入头移动一格.}$$

$$(0, 17) \because a = 0, l_0 = 0, F[q_0, l_0, (0, 17)] = \min[(0 + 17), 20] = 0 + 17 = 17 = l_0.$$

$$\because a = 0, l_0 = 17, \delta[q_0, l_0, (0, 17)] = q_0, \text{ 读入头移动一格.}$$

$$(3, 18) \because a \neq 0, l_0 = 17, F[q_0, l_0, (3, 18)] = 17 + 0 = 17 = l_0.$$

$$\because a \neq 0 \text{ 且 } l_0 \geq 10, \delta[q_0, l_0, (3, 18)] = q_1, \text{ 状态转移.}$$

$$(3, 18) \because a = 3, l_1 = 0, F[q_1, l_1, (3, 18)] = \min[(0 + 18), 40] = 18 = l_1.$$

$$\because a = 3, l_1 = 18, \delta[q_1, l_1, (3, 18)] = q_1, \text{ 移动一格.}$$

$$(2, 19) \because a = 2, \quad F[q_1, l_1, (2, 19)] = \min[(18 + 19), 40] = 37$$

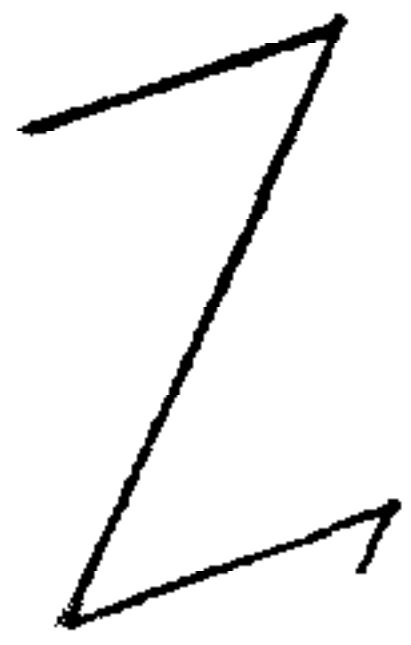


图 9

$$= l_1.$$

$\because a = 2, l_1 = 37, \delta[q_1, l_1, (2, 19)] = q_1$, 移动一格.

$$(0, 22) \because a \neq 2 \wedge a \neq 3, l_1 = 37, F[q_1, l_1, (0, 22)] = 37 + 0 = 37.$$

$\because a \neq 2 \wedge a \neq 3$ 且 $l_1 \geq 20, \delta[q_1, l_1, (0, 22)] = q_2$, 状态转移.

$$(0, 22) \because a = 0, l_2 = 0, F(q_2, l_2, (0, 22)) = \min[(0 + 22), 20] = 20 = l_2.$$

$$\delta(q_2, l_2, (0, 22)) = q_2.$$

$$\mu(u) = \frac{17 + 37 + 20}{4 + 17 + 18 + 19 + 22} \doteq 0.925.$$

隶属度很接近 1, 显然是合理的.

对于图 9 所示的笔划, 其输入串 $u = (0, 19)(3, 41)(0, 19)(3, 1)$, 通过自动机后隶属度为

$$\mu(u) = \frac{19 + 40 + 19}{19 + 41 + 19 + 1} = 0.975, \text{ 接近 } 1, \text{ 是合理的.}$$

五、简短讨论

在以上分析中, 采用模糊属性文法的出发点是把模板笔划嵌入到一族结构不相同的畸变笔划之中. 为了识别的要求, 需要建立畸变笔划与模板笔划之间的一种相似性准则, 其直观的办法是采用距离度量. 但由于面临的是结构不保持的情况, 用列汶施坦距离或误差校正^[1]办法很难达到精确识别的要求. 本文引用了属性文法描述笔划的结构, 在利用属性及属性规则的基础上, 对每个畸变笔划可以计算隶数度函数 μ , 只要规定一个阈值 μ^0 作为识别的标准即可. 而隶属度函数的形式比起列汶施坦距离的形式有很大优越性, 所以能较完善地解决笔划识别问题.

参 考 文 献

- [1] 傅京孙著, 模式识别原理及其应用(戴汝为、胡启恒翻译、整理), 科学出版社, 1983 年.
- [2] 戴汝为、胡启恒, 手写体字符识别方法探讨, 自动化学报, 5(1979), 39—46.
- [3] 戴汝为, 模式识别的一类属性文法, 自动化学报, 9(1983), 90—98.
- [4] 戴汝为, 一种识别线划图形的方法, 自动化学报, 11(1985), 225—233.
- [5] 戴汝为, 属性文法变元间几种关系, 自动化学报即将发表.
- [6] Kandel, A., Fuzzy Technigues in Pattern Recognition, John Wiley and Sons, 1982.

A FUZZY ATTRIBUTED AUTOMATON FOR ON-LINE CHINESE CHARACTER RECOGNITION

LIU YINGJIAN DAI RUWFI

(*Institute of Automation, Academia Sinica*)

ABSTRACT

A fuzzy attributed automaton for on-line recognition of Chinese character strokes is proposed. We know that a Chinese character consists of several strokes, and that a stroke is composed of a few line segments. By using the length information of line segment and fuzzy information processing technique, a fuzzy attributed grammar as well as the corresponding automaton are defined. The production form of the grammar is a finite-state form, but the context information of the attributes are introduced into the semantic part of the grammar. On the basis of such fuzzy attributed automaton, a large amount of Chinese characters can be recognized effectively.

欢迎订阅《控制与决策》

《控制与决策》是经国家科委批准出版的自动化学术性刊物。本刊以“交流成果,活跃学术,繁荣科技,服务四化”为宗旨,努力反映国内外控制领域和决策领域的最新理论、最新成果,竭诚为广大读者服务。

本刊刊登以下内容:控制理论及应用、决策与对策、管理科学、大系统理论、系统工程、系统仿真、系统辨识、计算机应用、检测技术及仪表、工业过程控制、电力拖动自动控制、电力系统自动化等。本刊可供从事于控制领域和决策领域的研究人员、工程技术人员、高等院校教师、研究生和高年级学生参阅。

本刊暂为季刊,16开本,64页,每季首月30日出版。每册定价0.80元,全年定价3.20元。

本刊经邮局发行,国内刊号:8-51。欲订者请到当地邮电局(所)办理手续;逾期可与编辑部联系订购,并经邮局汇款。本刊通讯地址:沈阳市和平区文化路一段一号东北工学院125信箱。

欢迎单位或个人订阅《控制与决策》。

《控制与决策》编辑部

1988年1月