

基于数学形态学的手写体数字识别方法

陈鸣华 阎平凡
(清华大学)

摘 要

本文提出一种基于数学形态学的识别手写体数字的方法,它具有位移不变性和较大范围的转动不变性。用 PASCAL 语言实现此算法并对模拟 Mori 等的手写数字数据库的一些数据做了实验,结果均可正确识别。

关键词——数字识别;数学形态学;文字识别。

一、特征抽取和结构描述

有关数学形态学的一些基本运算可参考文献 [1]。假定输入为手写体数字的二值化图象,这里利用字体集合 X 之补, X^c (背景集合)的一些特征来识别字体 X 。用一结构元素 B_i 对 X^c 作某个数学形态运算,得到 X^c 的关于 B_i 和此运算的特性集合 $X_{f_i(\odot)}^c$, $X_{f_i(\odot)}^c \triangleq (X^c \odot B_i)^c - X$; \odot 表示形态学运算。主要利用 $X_{f_1(\odot)}^c = (X^c \odot B_1)^c - X$, 即在开运算下关于 B_1 的特性集合; 这里选 B_1 为一足够大的圆盘(足够大指不至于被如 8、6 等中的环形结构内部包含),图 1 示出了 8、5 的 $X_{f_1(\odot)}^c$ 。

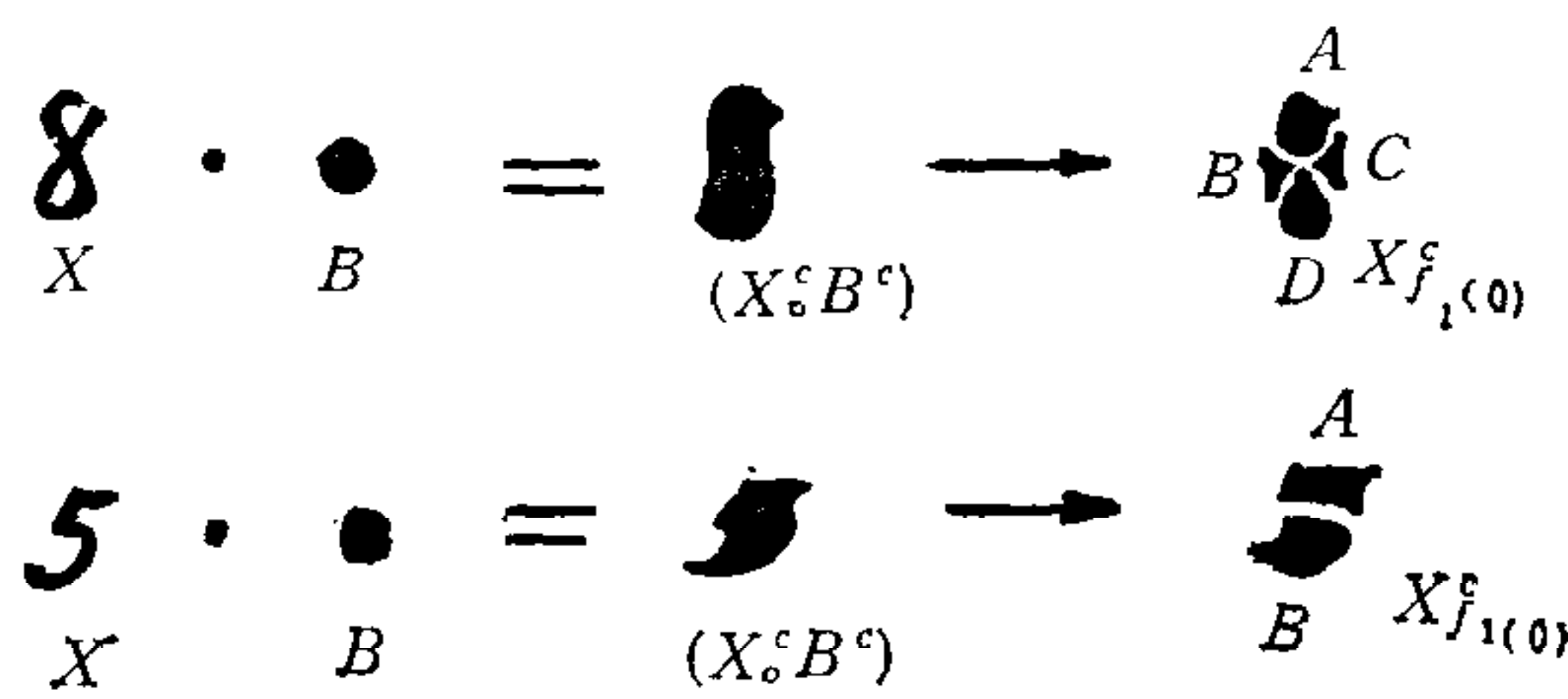


图 1

对于特性集合 $X_{f_i}^c$ 可用一个节点图来描述。先对 $X_{f_i}^c$ 中的连通分量按自上而下、自左向右的扫描顺序依次标以字母 $A、B、C、\dots$, 同时计算出各连通分量的面积和位置(位置以重心的相对坐标确定); 对各分量的面积只很粗略地分成两类——“大”和“小”。图中的

根节点为分量 A ，以圆形节点表示大面积的分量，三角形节点表示小面积的分量。定义 $\alpha_i (i \in \{B, C, \dots, Z\})$ 为根节点 A 的重心与第 i 个分量的重心连线与 X 轴的正向夹角，并规定 A 的子节点自左向右按 α_i 递增排列。另外，设分量 i 与分量 j 重心之间的距离为 $d(i, j)$ ， $i, j \in \{A, \dots, Z\}$ ，定义一个布尔函数 $RD(i, j)$ 如下：

$$RD(i, j) = \begin{cases} \text{TRUE}, & \text{当 } d(i, A) < d(j, A), \\ \text{FALSE}, & \text{当 } d(i, A) \geq d(j, A). \end{cases}$$

在节点图中，若两节点 i, j 之间关系 $RD(i, j)$ 为 TRUE，则用一个标有字母 N 的有向弧(从 i 指向 j)表示之。图 2 示出对数字 8 和 3 的 $X_{f_1(0)}^c$ 的图描述。除 B_1 外还选出 B_2, B_3, B_4, B_5, B_6 ，各结构元素示于图 3，具体用哪个结构元素应针对数字的特殊结构选择。

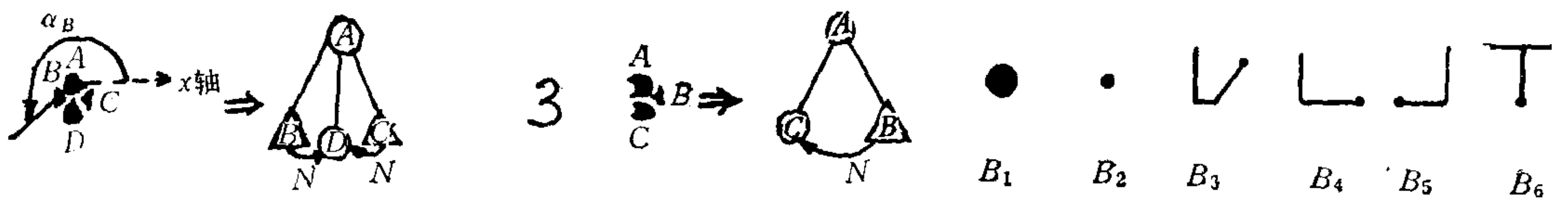


图 2

图 3

图 4 中列出了手写 0 到 9 及其常见变体的节点图描述。对识别不重要的 $RD(i, j)$ 弧未标出。为使一些不规范写法能较好的与标准写法的 $X_{f_1(0)}^c$ 一致，可做一些简单的预

数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$X_{f_1(0)}^c$ 的可能模式										
$X_{f_1(0)}^c$ 的描述										

图 4 手写体数字及其 $X_{f_1(0)}^c$ 特性集合的节点描述

处理,例如用小结构元对 $X_{f_1(o)}$ 作开运算以去除噪声等.

二、算法及实现

将各种可能出现的 $X_{f_1(o)}$ 归为 13 种结构,每一种结构对应的可能不止一个数字,需对每一种结构设定下一步的运算(或运算序列),并据该运算下得到的 $X_{f_1(o)}$ 作进一步的验证及判决.

该算法在 MV/6000 计算机上用 PASCAL 语言实现,输入图象矩阵的分辨力为 24×24 . 字高约为 $H = 20$, 面积大于 30 个象素的定为大分量,小于 30 个象素的为小分量,输入数据是按 Mori^[2] 等人的手写体数字库中的字样在矩阵上模拟产生的. 该算法对所有输入的数据均能正确识别. 实际可利用膨胀运算的可分解性,将一个结构元素分解为一系列的基本结构元素(如相邻的两个象素). 此时膨胀运算可由一个移位和一个逻辑或来完成,这样就易于用硬件实现. 以上说明它比一些现有的算法^[3]有明显的优越性.

参 考 文 献

- [1] Serra, J., *Image Analysis and Mathematical Morphology*, Academic Press, 1982.
- [2] Suen, C. Y., Berthod, M. and Mori, S., *Automatic Recognition of Handprinted Characters—The State of the Art*, *Proc. IEEE*, 68(1980), 487—496.
- [3] Shridhar, M. and Badreldin, A., *High Accuracy Character Recognition Algorithm Using Fourier and Topological Description*, *Pattern Recognition*, 17(1984), 515—524.

A METHOD FOR HANDPRINTED NUMERALS RECOGNITION BASED ON MATHEMATICAL MORPHOLOGY

CHEN MINGHUA YAN PINGFAN

(Tsinghua University)