

模糊细胞神经网络在书法碑帖汉字重构中的应用

姚远 王广雄 张田文*

(哈尔滨工业大学控制工程系 哈尔滨 150001)

* (哈尔滨工业大学计算机科学与工程系 哈尔滨 150001)

摘要 模糊细胞神经网络作为一种模拟逻辑可编程并行网络,可以用来实时实现数学形态学的全部基本算子.文中基于加性模糊细胞神经网络结构,应用数学形态学的重构算法,研究中国书法碑帖在自然腐蚀噪声环境下去噪和汉字提取问题,并给出了算法的伪代码描述和数字计算机仿真结果.该方法可应用于书法碑帖的汉字处理和实时重构.

关键词 模糊细胞神经网络,数学形态学,图像处理

中图法分类号 TP18; TP391

APPLICATION OF FUZZY CELLULAR NEURAL NETWORKS TO STONE INSCRIPTIONS RECONSTRUCTION IN CHINESE CALLIGRAPHY

YAO Yuan, WANG Guang-Xiong, and ZHANG Tian-Wen

(Department of Control Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

* (Department of Computer Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

Abstract Using the fuzzy cellular neural networks (FCNN), the paper studies the noise suppression and character extraction in Chinese calligraphy stone inscriptions polluted by natural erosive noise. The real-time stone inscription reconstruction is realized and the simulation results are given.

Key words fuzzy cellular neural networks (FCNN), mathematical morphology, image processing

1 引言

传统的细胞神经网络(CNN)^[1,2]是一种大规模局域连接的并行模拟网络,而且基于VLSI实现的CNN通用机(CNN universal machine)具有与图灵机一样强的编程能力^[3],因此适用于复杂情况下的实时图像处理,如机器人视觉等.但是传统CNN是以线性加权连接为特点的,只能实现图像处理中的各种线性滤波器.最近,Yang等人将非线性运算min/max引入权连接,提出了模糊细胞神经网络(FCNN)结构,将模糊逻辑引入到FCNN编程中,并能够实现数学形态学中的非线性滤波器^[4~6].

作为图像分析中的里程碑之一,数学形态学^[7,8]是一种局部作用的并行几何滤波方法.它以结构元作为样本,将与其形状和大小相似的图像特征保留,其他的特征则过滤掉.数学形态学在图像重构、边缘检测、骨架分析和特征提取等方面有着重要的应用^[7~10].然而,由于其大规模并行特征,形态学运算在传统串行计算

原稿收到日期:1998-04-28;修改稿收到日期:1998-08-31.本课题得到国家自然科学基金资助(项目编号69775007).姚远,男,1973年6月生,硕士,目前研究方向为鲁棒控制及滤波、视觉和复杂性.王广雄,男,1933年12月生,教授、博士生导师,主要研究方向为鲁棒控制、H_∞控制理论及应用.张田文,男,1940年3月生,教授、博士生导师,主要研究方向为图像处理、模式识别和计算机视觉.

机上的时间复杂度很大.FCNN作为一种并行模拟网络,以其强大的模拟逻辑(analogic)^[2,6]编程能力,为实现形态学实时图像处理提供了新的范例.

碑刻是历史上保存中国书法艺术的主要途径.但是经过数百年的风化腐蚀,碑刻在不同程度上遭到破坏,碑帖上的字迹往往是模糊的,而且伴有大量的腐蚀噪声.利用FCNN形态学重构来恢复碑刻原貌,不仅对于保存和研究我国书法艺术具有重要的意义,也为其在图像处理领域的应用作出了实例.

本文基于一种加性FCNN结构,采用形态学灰度重构和二值重构算法来进行碑帖噪声抑制和汉字提取.

2 数学形态学FCNN实现的基本理论

Yang等人所提出的加性FCNN可用来实现全部的形态学运算^[5].具体地说,采用一单层M×N加性FCNN结构,其中网络由M行N列细胞(Cell)组成,每个细胞的动力学方程为:

单层加性FCNN细胞状态方程

$$\begin{aligned} C \frac{dx_{ij}}{dt} = & -\frac{1}{R_x} x_{ij} + \sum_{C_{kl} \in N_r(i,j)} (A(i,j;k,l) y_{kl}) + \sum_{C_{kl} \in N_r(i,j)} (B(i,j;k,l) u_{kl}) + I_{ij} \\ & + \tilde{\wedge}_{C_{kl} \in N_r(i,j)} (A_{fmin}(i,j;k,l) + y_{kl}) + \tilde{\vee}_{C_{kl} \in N_r(i,j)} (A_{fmin}(i,j;k,l) + y_{kl}) \\ & + \tilde{\wedge}_{C_{kl} \in N_r(i,j)} (B_{fmin}(i,j;k,l) + u_{kl}) + \tilde{\vee}_{C_{kl} \in N_r(i,j)} (B_{fmin}(i,j;k,l) + u_{kl}) \end{aligned} \quad (1)$$

输入方程

$$u_{ij} = E_{ij} \quad (2)$$

输出方程

$$y_{ij}(t) = f(x_{ij}(t)) = \frac{1}{2} (|x_{ij}(t) + 1| - |x_{ij}(t) - 1|) \quad (3)$$

这里符号“ $\tilde{\wedge}$ ”、“ $\tilde{\vee}$ ”表示模糊“与”(min)、“或”(max)运算,变量x,y,u都是电压信号.加性是指模糊权与输入或输出信号之间的加法连接.网络连接拓扑结构通常由矩形r-邻域所决定,即 $N_r(i,j) = \{C_{kl} | \max(|k-i|, |l-j|) \leq r, 1 \leq k \leq M; 1 \leq l \leq N\}$.对于边缘细胞,可以将 C_{ij} 与 C_{Mj} 连接, C_{il} 与 C_{iN} 连接.这样,FCNN便形成了一封闭流形,其细胞是空间不变的.因此FCNN的控制参数组为模板(templates): $\{A, B, A_{fmin}, A_{fmax}, B_{fmin}, B_{fmax}, C, R_x, I_{ij} = I\}$.控制前6个参数是FCNN模拟逻辑编程的主要途径,而C和 R_x 则用来决定动态响应时间常数 τ_{FCNN} ,在本文形态学算法实现中恒有 $R_x = 1$.当 I_{ij} 不是空间不变量(常量I)时,常与初始状态 x_{ij}^0 ,细胞输入 u_{ij} 表示图像像素值,可以构成3个FCNN输入,为其图像处理编程提供了更灵活的方式.FCNN的输出范围是闭区间 $[-1, 1]$,可用来表示二值图像值($\{-1, 1\}$)和灰度图像值(区间 $[0, 1]$).图1是一4

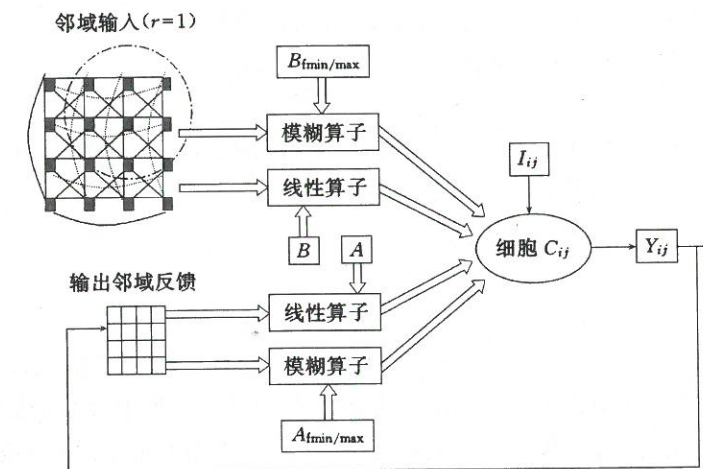


图1 FCNN结构示意图