

线性电子实验室利用现代 CMOS 技术已经研制成功 CNN 通用机芯片^[12], FCNN 芯片也在进一步的开发之中. 这些工作使得细胞神经网络技术在硅眼和机器人视觉等实时图像处理中有着良好的应用前景.

作为图像分析学的里程碑之一, 数学形态学^[7, 8]在图像重构、边缘检测、骨架分析和特征提取等方面都有着重要的应用. 对于二值图像和灰度图像, 它是一种具有严密理论的非线性几何滤波方法; 但从灰度图像向彩色图像的推广, 数学形态学的研究仍处于经验阶段^[11]. 这其中的主要问题在于彩色图像序结构的建立. 二值图像中的“包含”关系和灰度图像的“强度”关系, 确立了像素值之间的序结构. 但彩色图像的像素是一多维向量(如 RGB 空间的三维向量), 不存在明显的序结构. 不同的序结构的建立, 便产生了不同的彩色形态学方法. 现有的方法可以归纳为两类: 分量法^[11]和向量排序法. 分量法利用色彩的空间分解, 所形成的每一个子空间(色彩分量)都是灰度图像, 从而用灰度形态学分别独立处理各分量; 向量排序法建立以像素向量为变量的标量函数(序函数), 以该序函数标量值的大小来对向量排序, 形成序函数的灰度图像, 再据此应用灰度形态学.

FCNN 的结构特点使其易于实现基于分量法的彩色形态学. 本文通过色彩的 RGB 空间分解, 在多层 FCNN 上实现了彩色形态学基本算子, 并推广灰度形态学重构算法, 实现了分量法彩色形态学重构. 本文组织如下: 第 2 节讨论 RGB 分量法彩色形态学基本算子的 FCNN 实现; 第 3 节研究基于 FC-

NN 的分量法彩色形态学重构及其对偶形式; 第 4 节讨论该重构算法在抑制彩色图像高频噪声中的应用. 文中给出了计算机仿真结果.

2 分量法彩色形态学基本算子的 FCNN 实现及特点

数学形态学中的基本公理可以简化为 3 个基本思想^[7, 8]: 序结构; 该序结构的极大极小运算; 运算的无穷性. 其中, 序结构是最基本的. 由于彩色图像的像素是向量, 不存在自然的序结构, 因此就无法定义极大极小以至其它的运算. 因此, 彩色形态学不存在一个统一的方法和理论, 它依赖于具体序结构的建立. 分量法是 FCNN 的最简单实现.

RGB 分量(Component-wise)法 它基于图像的色彩空间分解(如 RGB 空间分解和 HSB 空间分解等), 各色彩子空间(分量)都构成灰度图像, 可将灰度形态学运算独立地施加在各子空间上. 本文仅讨论 RGB 空间分解, 因此称为 RGB 分量法. 设彩色图像为 $X = [X_R, X_G, X_B]$, 结构元为 $S = [S_R, S_G, S_B]$, 则彩色形态学的基本算子定义如下:

腐蚀算子: $X \ominus S = [X_R \ominus S_R, X_G \ominus S_G, X_B \ominus S_B]$;

膨胀算子: $X \oplus S = [X_R \oplus S_R, X_G \oplus S_G, X_B \oplus S_B]$;

开算子: $X \circ S = [X_R \circ S_R, X_G \circ S_G, X_B \circ S_B]$;

闭算子: $X \cdot S = [X_R \cdot S_R, X_G \cdot S_G, X_B \cdot S_B]$.

RGB 分量法彩色形态学的 FCNN 是三层加性网络结构(如图 1), 每层表示一个色彩分量. 对于单层 $M \times N$ 元加性 FCNN 结构, 单个细胞的动力学方程为

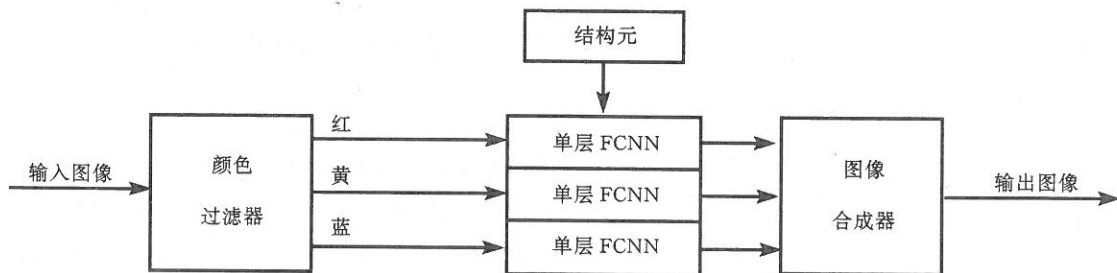


图 1 RGB 分量法 FCNN 形态学图像处理示意图

$$C \frac{dx_{ij}}{dt} = -\frac{1}{R_x} x_{ij} + \sum_{C_{kl} \in N_r(i,j)} (A(i,j;k,l) \dot{y}_{kl}) + \sum_{C_{kl} \in N_r(i,j)} (B(i,j;k,l) u_{kl}) + I_{ij}$$

$$+ \bigwedge_{C_{kl} \in N_r(i,j)} (A_{fmin}(i,j;k,l) + y_{kl}) + \bigvee_{C_{kl} \in N_r(i,j)} (A_{fmax}(i,j;k,l) + y_{kl})$$