



图2 无噪声环境 FCNN 汉字提取

4 自然腐蚀噪声环境 FCNN 汉字重构

由于数百年来风雨剥蚀,碑刻拓本含有大量的自然腐蚀噪声,而形态学灰度重构为我们提供了去噪的方法.下面是有关形态学灰度重构的定义:

定义 2. 灰度最短距离膨胀(grey-scale geodesic dilation)^[5]. 设 X 为灰度图像,其标识图像 $J \leq X$,则一阶灰度最短距离膨胀定义为:

$$D_X^{(1)}(J) = (J \oplus S) \wedge X; \quad (7)$$

n 阶灰度最短距离膨胀定义为:

$$D_X^{(n)}(J) = \underbrace{D_X^{(1)} \circ D_X^{(1)} \circ \dots \circ D_X^{(1)}}_{n \text{ times}}(J); \quad (8)$$

算法 2. 形态学灰度重构^[5]. 设 X 为灰度图像,其标识图像 $J \leq X$,则 J 所标识的 X 的峰值区可由反复迭代灰度最短距离膨胀直至稳定而重构出来:

$$R_X(J) = \bigvee_{n \geq 1} D_X^{(n)}(J), \quad (9)$$

上面的“ \vee ”和“ \wedge ”表示逐点 max 和 min 运算,可由 FCNN 模糊算子实现之.

应用灰度重构进行噪声抑制的关键在于标识图像 J 的选择,它必须不包含高频噪声部分的峰值区,同时包含那些希望重构出来的低频部分峰值区.对于碑帖上的自然腐蚀噪声,可以通过膨胀算子在一定程度上抵消自然腐蚀作用,产生标识图像.经过灰度重构,可以产生低噪声的灰度图像.然后利用第 3 节的算法,提取出需要的汉字.

整个过程由图 3 的流程图表示:



图3 自然腐蚀噪声环境 FCNN 汉字重构流程图

图 4 是上述过程的仿真结果.图 4(a)是摄自著名书法碑帖《圣教序》的片段,其中包含要提取的繁体“华”字;(b)是灰度重构平滑噪声的结果,其中膨胀算子的结构元为

$$S_1 = \begin{bmatrix} 0.08 & 0.04 & 0.08 \\ 0.04 & 0 & 0.04 \\ 0.08 & 0.04 & 0.08 \end{bmatrix}; \quad (10)$$

图 4(c)是图 4(b)的二值化图像,门限为 0.15;由于前景和背景像素值与第 3 节相反,故此在二值重构中要选择各自的对偶算子,图 4(d)为一种提取标识图像,由 9 个斑点块组成;图 4(e)为最后得到的繁体“华”字.