

实现指纹图像处理

一、算法研究

1.1 腐蚀和膨胀

腐蚀的作用可以理解成使图像缩小，使用腐蚀能够消除图像的细节部分，产生滤波器的作用。设 A 和 B 是两个集合， A 被 B 腐蚀定义为：

$$A \ominus B = \{z | (B)_z \subseteq A\} \quad \text{公式 (1)}$$

该式指出 B 对 A 的腐蚀是一个用 z 平移的 B 包含在 A 中的所有点 z 的集合。

膨胀的作用可以理解成使图像扩大，会粗化二值图像中的物体。设 A 和 B 是两个集合， A 被 B 膨胀定义为：

$$A \oplus B = \{z | (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\} \quad \text{公式 (2)}$$

这个公式是以 B 关于它的原点的映像，并且以 z 对映像进行平移为基础。 B 对 A 的膨胀是所有位移 z 的集合，这样， \hat{B} 和 A 至少有一个元素是重叠的。根据这种解释，公式 (2) 可以等价于：

$$A \oplus B = \{z | (\hat{B})_z \cap A \subseteq A\} \quad \text{公式 (3)}$$

1.2 开操作和闭操作

开操作能使图像的轮廓变得光滑，断开狭窄的间断和消除细的突出物。使用结构元素 B 对集合 A 进行开操作，定义为：

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad \text{公式 (4)}$$

上式含义是先用 B 对 A 腐蚀，然后用 B 对结果膨胀。其另一个定义如下：

$$A \circ B = \bigcup \{(B)_z | (B)_z \subseteq A\} \quad \text{公式 (5)}$$

闭操作能同样使图像的轮廓变得光滑，但与开操作相反，它能消除狭窄的间断和长细的鸿沟，消除小的孔洞，并填补轮廓线中的裂痕。使用结构元素 B 对集合 A 进行闭操作，定义为：

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad \text{公式 (6)}$$

上式含义是先用 B 对 A 膨胀，然后用 B 对结果腐蚀。先开操作再闭操作，将会构成噪声滤波器。

二、结果说明

图 1 (a) 显示了被噪声污染的指纹图像的一部分。这里，噪声本身表现为在黑色背景上的随机亮元素和指纹较亮部分上的暗元素。我们的目的是消除噪声及其对印刷的影响，同时使图像的失真尽可能小。由开操作后紧跟闭操作组成的形态学滤波器可实现这一目的。



图 1 指纹图像处理结果

图 1 (b) 显示了使用结构元对原始图像进行腐蚀的结果。背景噪声在开操作的腐蚀阶段被完全消除，因为这种情况下的所有噪声分量都比结构元小。包含在指纹中的噪声元素（黑点）的尺寸实际上却增大了。原因是当物体被腐蚀时，这些元素在尺寸增大的内部边界。

这种增大可通过对图 1 (b) 执行膨胀来抵消，也等价于对图 1 (a) 执行开操作，结果如图 1 (c) 所示。可以看到，指纹中包含的噪声分量的尺寸被减小了，部分噪声被完全消除了。

注意到，在图 1 (c) 中，开操作实际上是消除背景和指纹本身的所有噪声，而在指纹的纹路间产生了新的断裂。为避免这种影响，在开操作上执行一次膨胀，如图 1 (e) 所示。

图 1 (e) 中大部分断裂被恢复了，但纹路却变粗了，这可用腐蚀来弥补，也等价于图 1 (a) 先开后闭的操作。最终结果如图 1 (f) 所示，噪声斑点清除得相当干净。