

## 2) 非局部均值算法 (Non-local Mean, NLM)

VMD 方法的处理结果对于低信噪比 (Signal-to-noise, SNR) 信号是不理想的, 异常值会对分解结果产生破坏性影响。因此, 使用 NLM 方法去除信号中的背景噪声和异常值干扰很重要, 是一种有效的信号预处理方法。假设  $u(t)$  是真实的腐蚀数据信号,  $n(t)$  是背景噪声, 且  $f(t)$  是真实的混合信号。信号模型可以表示为  $f(t) = u(t) + n(t)$ 。如果  $N$  是以采样点  $i$  为中心的搜索区域, 则该搜索区域的集合可以表示为  $N(i)$ 。在对搜索区域中的所有点进行加权之后获得加权操作, 并且加权平均值  $K(i)$  被计算为

$$K(i) = \frac{1}{Z(i)} \sum_{j \in N(i)} \omega(i, j) x(j) \quad (3-9)$$

式中  $Z(i)$  是归一化因子, 且

$$Z(i) = \sum_{j \in N(i)} \omega(i, j) \quad (3-10)$$

权重  $w$  需要满足以下两个基本条件

$$0 \leq \frac{w(i, j)}{Z(i)} \leq 1 \quad (3-11)$$

$$\sum_j \frac{w(i, j)}{Z(i)} = 1 \quad (3-12)$$

和式中样本点  $i$  和样本点  $j$  之间的相似度将确定权重  $\omega(i, j)$  的大小。

两个样本点之间的相似度越高, 权重越大; 否则, 两个采样点之间的相似性越低, 两个采样点之间的相似性越低, 重量越小。权重  $\omega(i, j)$  可以通过式 3-13 获得:

$$w(i, j) = e^{\frac{-\sum_{\delta \in \Delta} (x(i+\delta) - x(j+\delta))^2}{h^2}} \quad (3-13)$$

式中参数  $h$  表示带宽参数, 其作用是确定权重  $\omega(i, j)$  的衰减速度并且控制信号滤波的程度<sup>[43]</sup>。