A. 文章原理公式及完整实验结果

A.1 第 2.2 节的优化过程

变量 $\mathbf{M}$ 和 $\mathbf{P}$ 可以如下交替进行求解：

步骤 1：优化 $\mathbf{M}$ 时，固定 $\mathbf{P}$，将第 3.2 节 MDC 目标函数（2）转换为：

$$\min_{\mathbf{M}} \sum_{k=1}^{c}\sum_{i=1}^{n}\left\|\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}-\mathbf{M}_{k}\mathbf{P}\right\|_{2} \tag{A.1}$$

引入辅助变量 $h_{ik}=(\left\|\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}-\mathbf{M}_{K}\mathbf{P}\right\|_{2})^{-1}$ 来表示投影空间中 $\mathbf{X}_{MSPE}^{i}$ 与 $\mathbf{M}_{K}$ 之间的距离，因此上式可以表示为：

$$\min_{\mathbf{M}} \sum_{k=1}^{c}\sum_{i=1}^{n}\left\|\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}-\mathbf{M}_{k}\mathbf{P}\right\|_{2}=\sum_{k=1}^{c}\sum_{i=1}^{n}\left\|\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}-\mathbf{M}_{k}\mathbf{P}\right\|_{2}^{2}h_{ik} \tag{A.2}$$

计算公式（A.2）对 $\mathbf{M}_k$ 的偏导数，可得：

$$\begin{aligned}&\frac{\partial\sum_{k=1}^{c}\sum_{i=1}^{n}\left\|\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}-\mathbf{M}_{k}\mathbf{P}\right\|_{2}^{2}h_{ik}}{\partial\mathbf{M}_{k}}\\&=\sum_{i=1}^{n}2(\mathbf{M}_{k}\mathbf{P}-\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P})\mathbf{P}^{\mathrm{T}}h_{ik}\\&=\sum_{i=1}^{n}2(\mathbf{M}_{k}\mathbf{P}-\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P})\mathbf{P}^{\mathrm{T}}h_{ik}\end{aligned} \tag{A.3}$$

令公式（A.3）为 0，可得出 $\mathbf{M}_k$：

$$\mathbf{M}_{k}=\frac{\sum_{i=1}^{N}\mathbf{X}_{MSPE}^{i}h_{ik}}{\sum_{i=1}^{N}h_{ik}} \tag{A.4}$$

步骤 2：优化 $\mathbf{P}$ 时，固定 $\mathbf{M}$，将目标函数（2）转换为：

$$\begin{aligned}&\min_{\mathbf{P}} \sum_{k=1}^{c}\sum_{i=1}^{n}\left\|\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}-\mathbf{M}_{k}\mathbf{P}\right\|_{2}\\&+\sigma\sum_{i,j}\left\|\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}-\mathbf{X}_{MSPE}^{j}\mathbf{P}\right\|\mathbf{W}_{ij}\\&+\varsigma\left\|\mathbf{P}\right\|_{2,1}\\&s.t.\ \mathbf{P}^{T}\mathbf{P}=\mathbf{I}\end{aligned} \tag{A.5}$$

公式（A.5）可以看作由三部分组成，所以可以将其先拆分成三部分，并逐一分析每个部分的数学含义进行求解：

①第一部分求解：在此通过引入辅助变量 $\tilde{\mathbf{H}}$ 和 $\hat{\mathbf{H}}$，可得：

$$
\begin{aligned}
&\sum_{k=1}^{c}\sum_{i=1}^{n}\left\|\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}-\mathbf{M}_{k}\mathbf{P}\right\|_{2} \\
&=\sum_{k=1}^{c}\sum_{i=1}^{n}\left\|\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}-\mathbf{M}_{k}\mathbf{P}\right\|_{2}^{2}h_{ik} \\
&=\sum_{k=1}^{c}\sum_{i=1}^{n}(\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}_{MSPE}^{i}{}^{\mathbf{T}}h_{ik}-2\mathbf{M}_{k}\mathbf{P}\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}_{MSPE}^{i}{}^{\mathbf{T}}h_{ik}+\mathbf{M}_{k}\mathbf{P}\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{M}_{k}{}^{\mathbf{T}}h_{ik}) \\
&=\sum_{i=1}^{n}\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}_{MSPE}^{i}{}^{\mathbf{T}}(\sum_{k=1}^{c}h_{ik})-\sum_{k=1}^{c}\sum_{i=1}^{n}2\mathbf{M}_{k}\mathbf{P}\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}_{MSPE}^{i}{}^{\mathbf{T}}h_{ik} \\
&+\sum_{k=1}^{c}\mathbf{M}_{k}\mathbf{P}\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{M}_{k}{}^{\mathbf{T}}(\sum_{i=1}^{N}h_{ik}) \\
&\Rightarrow Tr(\mathbf{X}_{MSPE}\mathbf{P}\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathbf{T}}\tilde{\mathbf{H}})-Tr(2\mathbf{M}\mathbf{P}\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathbf{T}}\mathbf{H})+Tr(\mathbf{M}\mathbf{P}\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{M}^{T}\widehat{\mathbf{H}}) \\
&\Rightarrow Tr(\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathbf{T}}\tilde{\mathbf{H}}\mathbf{X}_{MSPE}\mathbf{P})-Tr(2\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathbf{T}}\mathbf{H}\mathbf{M}\mathbf{P})+Tr(\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{M}^{\mathbf{T}}\widehat{\mathbf{H}}\mathbf{M}\mathbf{P})
\end{aligned}
\tag{A.6}
$$

②第二部分求解：在此通过引入辅助变量 $Q=[q_{ij}]_{n\times n}$，其中 $q_{ij}=\begin{cases}\dfrac{1}{2\left\|\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}-\mathbf{X}_{MSPE}^{j}\mathbf{P}\right\|_{2}} & \left\|\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}-\mathbf{X}_{MSPE}^{j}\mathbf{P}\right\|_{2}\neq 0 \\ 0 & \left\|\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}-\mathbf{X}_{MSPE}^{j}\mathbf{P}\right\|_{2}=0\end{cases}$，$q_{ij}$ 可以看作是 $\mathbf{W}_{ij}$ 增加了一个权重。$\mathbf{X}_{MSPE}^{i}$ 距离 $\mathbf{X}_{MSPE}^{j}$ 越远则 $\mathbf{W}_{ij}$ 越小，进一步降低了它们之间的相似性。如果 $\mathbf{X}_{MSPE}^{i}$ 与 $\mathbf{X}_{MSPE}^{j}$ 重合，则 $\mathbf{W}_{ij}$ 是无效的。由此可得：

$$
\begin{aligned}
&\mu\sum_{i,j}\left\|\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}-\mathbf{X}_{MSPE}^{j}\mathbf{P}\right\|_{2}^{2}\mathbf{W}_{ij}q_{ij} \\
&=\mu\sum_{i,j}(2\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}_{MSPE}^{i}{}^{\mathbf{T}}-2\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}_{MSPE}^{j}{}^{\mathbf{T}})\mathbf{W}_{ij}q_{ij} \\
&=2\mu\sum_{i,j}(\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}_{MSPE}^{i}{}^{\mathbf{T}}-\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}_{MSPE}^{j}{}^{\mathbf{T}})\mathbf{W}_{ij}q_{ij} \\
&=2\mu\sum_{i}\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}_{MSPE}^{i}{}^{\mathbf{T}}\sum_{j}\mathbf{W}_{ij}q_{ij}-2\sum_{i,j}\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}_{MSPE}^{j}{}^{\mathbf{T}}\mathbf{W}_{ij}q_{ij} \\
&=2\mu Tr(\mathbf{X}_{MSPE}\mathbf{P}\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathbf{T}}\mathbf{R})-2\mu Tr(\mathbf{X}_{MSPE}\mathbf{P}\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathbf{T}}\mathbf{W}) \\
&=2\mu Tr(\mathbf{X}_{MSPE}\mathbf{P}\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathbf{T}}(\mathbf{R}-\mathbf{W}\otimes\mathbf{Q})) \\
&=2\mu Tr(\mathbf{X}_{MSPE}\mathbf{P}\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathbf{T}}\mathbf{L}) \\
&=2\mu Tr(\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathbf{T}}\mathbf{L}\mathbf{X}_{MSPE}\mathbf{P})
\end{aligned}
\tag{A.7}
$$

其中 $\otimes$ 代表 $\mathbf{W}$ 和 $\mathbf{Q}$ 的哈达玛积（Hadamard），$\mathbf{L}=\mathbf{R}-\mathbf{W}\otimes\mathbf{Q}$，$\mathbf{L}$ 是由 $\mathbf{W}\otimes\mathbf{Q}$ 求出的拉普拉斯矩阵，由此可得：

$$
\mathbf{R}=\begin{bmatrix}R_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & R_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & R_{NN}\end{bmatrix}, R_{ii}=\sum_{j}\mathbf{W}_{ij}q_{ij}
\tag{A.8}
$$

③第三部分求解：

$$
\left\|\mathbf{P}\right\|_{2,1}=2Tr(\mathbf{P}^{\mathbf{T}}\mathbf{D}\mathbf{P})
\tag{A.9}
$$

其中 $\mathbf{D}$ 可表示为：

$$\mathbf{D}=\begin{bmatrix} D_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & D_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & D_{MM} \end{bmatrix}, D_{ii}=\frac{1}{2\|\mathbf{P}\|_2} \tag{A.10}$$

④最后，整合以上三部分可得：

$$\begin{aligned}
&\min_{\mathbf{P}} \sum_{k=1}^{c}\sum_{i=1}^{n}\|\mathbf{X}_{MSPE}\mathbf{P}-\mathbf{M}_k\mathbf{P}\|_2+\sigma\sum_{i,j}\|\mathbf{X}_{MSPE}^{i}\mathbf{P}-\mathbf{X}_{MSPE}^{j}\mathbf{P}\|\mathbf{W}_{ij}+\varsigma\|\mathbf{P}\|_{2,1} \\
&\Leftrightarrow \min_{\mathbf{P}} Tr(\mathbf{P}^{\mathrm{T}}\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathrm{T}}\mathbf{X}_{MSPE}\mathbf{P})-Tr(2\mathbf{P}^{\mathrm{T}}\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathrm{T}}\mathbf{MP}) \\
&+Tr(\mathbf{P}^{\mathrm{T}}\mathbf{M}^{\mathrm{T}}\mathbf{MP})+2\sigma Tr(\mathbf{P}^{\mathrm{T}}\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathrm{T}}\mathbf{L}\mathbf{X}_{MSPE}\mathbf{P})+2\varsigma Tr(\mathbf{P}^{\mathrm{T}}\mathbf{AP}) \\
&\Leftrightarrow \min_{\mathbf{P}} Tr(\mathbf{P}^{\mathrm{T}}((\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathrm{T}}\mathbf{X}_{MSPE}-2\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathrm{T}}\mathbf{M}+\mathbf{M}^{\mathrm{T}}\mathbf{M}) \\
&+2\sigma\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathrm{T}}\mathbf{L}\mathbf{X}_{MSPE}+2\varsigma\mathbf{A}))\mathbf{P} \\
&\Leftrightarrow \min_{\mathbf{P}} Tr(\mathbf{P}^{\mathrm{T}}((\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathrm{T}}\mathbf{X}_{MSPE}-(\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathrm{T}}\mathbf{M}+\mathbf{M}^{\mathrm{T}}\mathbf{X}_{MSPE})+\mathbf{M}^{\mathrm{T}}\mathbf{M}) \\
&+2\sigma\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathrm{T}}\mathbf{L}\mathbf{X}_{MSPE}+2\varsigma\mathbf{A}))\mathbf{P} \\
&\mathbf{B}=(\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathrm{T}}\mathbf{X}_{MSPE}-(\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathrm{T}}\mathbf{M}+\mathbf{M}^{\mathrm{T}}\mathbf{X}_{MSPE})+\mathbf{M}^{\mathrm{T}}\mathbf{M}) \\
&+2\sigma\mathbf{X}_{MSPE}{}^{\mathrm{T}}\mathbf{L}\mathbf{X}_{MSPE}+2\varsigma\mathbf{A})
\end{aligned} \tag{A.11}$$

显然，$\mathbf{B}$ 是一个实对称矩阵。因此，可以根据 $\mathbf{B}$ 的特征值分解结果求解 $\mathbf{P}$，且所得到的 $\mathbf{P}$ 必然是正交的。$\mathbf{P}\in R^{2d\times q}$ 由特征向量组成，其对应的特征值是 q 的非零最小值。q 代表投影空间中变量的个数。当获得最终优化后的变量 $\mathbf{M}$ 和 $\mathbf{P}$ 后，可根据下式求得第二层样本空间，即由保持降维式聚类模块 MDC 生成的样本空间 $\mathbf{X}_{MDC}$：

$$\mathbf{X}_{MDC}=\mathbf{MP} \tag{A.12}$$

A.2 第 2.3 节的优化过程

因此，在求解第 3.3 节 DSICM 目标函数（13）时，变量 $\mathbf{\Phi}$，$\mathbf{Q}$ 和 $\mathbf{\Theta}$ 可以如下交替进行求解：

步骤 1：优化 $\mathbf{\Phi}$ 时，固定 $\mathbf{Q}$ 和 $\mathbf{\Theta}$，将公式（13）中的目标函数转换为：

$$\begin{aligned}
\min_{\mathbf{\Phi}}\ &\frac{\mathcal{G}}{n^2}\mathbf{\Phi}^{\mathrm{T}}(\mathbf{K}_{MDC}\mathbf{Q}\mathbf{1}(\mathbf{K}_{MDC}\mathbf{Q})^{\mathrm{T}}-\mathbf{K}_{MDC}\mathbf{Q}\mathbf{1}(\mathbf{K}_{MDC})^{\mathrm{T}} \\
&-\mathbf{K}_{MSPE'}\mathbf{1}\mathbf{Q}^{\mathrm{T}}(\mathbf{K}_{MDC})^{\mathrm{T}})+\mathbf{K}_{MSPE'}\mathbf{1}(\mathbf{K}_{MSPE'})^{\mathrm{T}})\mathbf{\Phi} \\
&+\frac{1}{n^2}[Tr(\mathbf{\Phi}^{\mathrm{T}}\mathbf{K}_{MDC}\mathbf{QD}(\mathbf{\Phi}^{\mathrm{T}}\mathbf{K}_{MDC}\mathbf{Q})^{\mathrm{T}}) \\
&+Tr(\mathbf{\Phi}^{\mathrm{T}}\mathbf{K}_{MSPE'}\mathbf{D}(\mathbf{\Phi}^{\mathrm{T}}\mathbf{K}_{MSPE'})^{\mathrm{T}}) \\
&-2Tr(\mathbf{\Phi}^{\mathrm{T}}\mathbf{K}_{MDC}\mathbf{QW}(\mathbf{\Phi}^{\mathrm{T}}\mathbf{K}_{MSPE'})^{\mathrm{T}})] \\
s.t.\ &\mathbf{\Phi}^{\mathrm{T}}\mathbf{K\Phi}=\mathbf{I}
\end{aligned} \tag{A.13}$$

对此可以推导出第 j 次迭代列的解 $\mathbf{\Phi}_j$。通过设置令公式（A.13）对 $\mathbf{\Phi}_{j(:,i)}$ 的偏导数为零，得到 $\mathbf{\Phi}_j$ 中的第 i 列向量：

$$
\begin{aligned}
&\frac{1}{n^2}Tr(\mathbf{\Phi}^{\mathbf{T}}\mathbf{K}_{MDC}\mathbf{QD}(\mathbf{\Phi}^{\mathbf{T}}\mathbf{K}_{MDC}\mathbf{Q})^{\mathbf{T}})+\mathbf{K}_{MSPE'}\mathbf{D}(\mathbf{K}_{MSPE'})^{\mathbf{T}}\\
&-\mathbf{K}_{MDC}\mathbf{QW}(\mathbf{K}_{MSPE'})^{\mathbf{T}}-\mathbf{K}_{MSPE'}\mathbf{WQ}^{\mathbf{T}}(\mathbf{K}_{MDC})^{\mathbf{T}})\mathbf{\Phi}_{j(:,i)}\\
&+\frac{\partial}{n^2}(\mathbf{K}_{MDC}\mathbf{Q1Q}^{\mathbf{T}}(\mathbf{K}_{MDC})^{\mathbf{T}}-\mathbf{K}_{MDC}\mathbf{Q1}(\mathbf{K}_{MSPE'})^{\mathbf{T}}\\
&-\mathbf{K}_{MSPE'}\mathbf{1Q}^{\mathbf{T}}(\mathbf{K}_{MDC})^{\mathbf{T}}+\mathbf{K}_{MPSE'}\mathbf{1}(\mathbf{K}_{MPSE'})^{\mathbf{T}})\mathbf{\Phi}_{j(:,i)}\\
=&-\lambda\mathbf{K}\mathbf{\Phi}_{j(:,i)}
\end{aligned}
\tag{A.14}
$$

步骤 2：优化$\mathbf{Q}$时，固定$\mathbf{\Phi}$和$\mathbf{\Theta}$，将公式（13）中的目标函数转换为：

$$
\begin{aligned}
\min_{\mathbf{Q}}\quad &\frac{\mathcal{G}}{n^2}\mathbf{\Phi}^{T}(\mathbf{K}_{MDC}\mathbf{Q1}(\mathbf{K}_{MDC}\mathbf{Q})^{\mathbf{T}}-\mathbf{K}_{MDC}\mathbf{Q1}(\mathbf{K}_{MDC})^{\mathbf{T}}-\mathbf{K}_{MSPE'}\mathbf{1Q}^{\mathbf{T}}(\mathbf{K}_{MDC})^{\mathbf{T}}))\mathbf{\Phi}\\
&+\frac{1}{n^2}(Tr(\mathbf{\Phi}^{\mathbf{T}}\mathbf{K}_{MDC}\mathbf{QD}(\mathbf{\Phi}^{\mathbf{T}}\mathbf{K}_{MDC}\mathbf{Q})^{\mathbf{T}})-2Tr(\mathbf{\Phi}^{\mathbf{T}}\mathbf{K}_{MDC}\mathbf{QW}(\mathbf{\Phi}^{\mathbf{T}}\mathbf{K}_{MSPE'})^{\mathbf{T}}))\\
&+Tr(\mathbf{E}^{\mathbf{T}}(\mathbf{Q}-\mathbf{\Theta}))+\frac{\rho 1}{2}(\|\mathbf{Q}-\mathbf{\Theta}\|_F^2)
\end{aligned}
\tag{A.15}
$$

梯度下降算法（Gradient-Descent）是一种优化方法，通过计算目标函数的梯度并沿着负梯度方向更新参数，逐步调整参数以最小化目标函数值，从而找到最优解，这一过程反复迭代直至满足收敛条件。因此公式（A.15）可以使用梯度下降算法求解变量$\mathbf{Q}$的封闭解，并经过$(j+1)$次迭代后，$\mathbf{Q}_{j+1}$可以转换为：

$$
\begin{aligned}
\mathbf{Q}_{j+1}=\mathbf{Q}_j-\frac{2}{n^2}((&\mathbf{K}_{MDC})^{\mathbf{T}}\mathbf{\Phi\Phi}^{\mathbf{T}}\mathbf{K}_{MDC}\mathbf{QD}\\
&-(\mathbf{K}_{MDC})^{\mathbf{T}}\mathbf{\Phi\Phi}^{\mathbf{T}}(\mathbf{K}_{MSPE'}\mathbf{W})+\mathbf{E}+\rho 1(\mathbf{Q}-\mathbf{L})\\
&+\frac{2\partial}{n^2}[(\mathbf{K}_{MDC})^{\mathbf{T}}\mathbf{\Phi\Phi}^{\mathbf{T}}\mathbf{K}_{MDC}\mathbf{Q1}-(\mathbf{K}_{MDC})^{\mathbf{T}}\mathbf{\Phi\Phi}^{\mathbf{T}}\mathbf{K}_{MSPE'}\mathbf{1}]
\end{aligned}
\tag{A.16}
$$

步骤 3：优化$\mathbf{\Theta}$时，固定$\mathbf{\Phi}$和$\mathbf{Q}$，将公式（13）中的目标函数转换为：

$$
\min_{\mathbf{\Theta}}\quad \gamma\|\mathbf{\Theta}\|_*+Tr(\mathbf{E}^{\mathbf{T}}(\mathbf{Q}-\mathbf{\Theta}))+\frac{\alpha}{2}(\|\mathbf{Q}-\mathbf{\Theta}\|_F^2)
\tag{A.17}
$$

在经过$(j+1)$次迭代之后，$\mathbf{\Theta}_{j+1}$可以优化为：

$$
\mathbf{\Theta}_{j+1}=\min_{\mathbf{\Theta}j}\quad \lambda_1 Tr(\mathbf{\Theta}_j{}^{\mathbf{T}}\mathbf{\Theta}_j)^{\frac{1}{2}}+Tr(\mathbf{E}_1^{\mathbf{T}}{}_j(\mathbf{Q}_j-\mathbf{\Theta}_j))+\frac{\alpha_j}{2}(\|\mathbf{Q}_j-\mathbf{\Theta}_j\|_F^2)
\tag{A.18}
$$

奇异值阈值（Singular Value Thresholding，SVT）算子是一种矩阵降噪技术，通过保留矩阵的主要奇异值，将其余奇异值置零以减少噪声和冗余信息，从而实现数据压缩和去噪处理。因此公式（A.18）可使用 SVT 算子求解得到最终优化变量$\mathbf{\Theta}$。

当获得最优变量$\mathbf{\Phi}$时，通过$\mathbf{X}_{MDC}{}'=[\mathbf{\Phi}^{\mathbf{T}}\varphi(\mathbf{X}_{OP})^{\mathbf{T}}\varphi(\mathbf{X}_{MDC})]^{\mathbf{T}}$可得到与 MSPE 保持样本数据结构信息的局部和全局一致性后的一次聚类包络样本集，其中d'表示 DSICM 后的样本维数。DSICM 使算法能够在构造多层样本空间的情况下保持样本数据结构信息的局部和全局一致性，从而实现有效的样本转换。

A.3 第 5.2.1 节 MSPE、MDC 和 DSICM 的有效性验证完整实验结果

表 A.1-表 A.4 分别对应本文算法各阶段的样本的质量在 ACC、F1、AUC、AP 的比较。

表 A.1 本文算法各阶段的样本的质量（ACC）

数据集	OF (%)	MSPE (%)	MDC (%)	DSICM (%)	DSJPE (%)
AD	54.00±9.55	64.67±4.47	66.67±7.84	72.67±10.38	**75.58±9.59**
LSVT	80.48±6.39	94.29±3.98	95.24±4.45	95.80±3.33	**96.54±4.48**
PD	62.70±1.86	70.75±1.74	66.84±1.52	71.03±1.40	**74.14±4.18**
Pendigits	98.13±0.05	98.62±0.07	99.09±0.35	98.78±0.12	**99.27±0.26**
Statlog	86.13±0.53	**88.65±0.75**	85.86±0.69	86.02±0.75	88.36±0.45
Vehicle	80.35±1.31	83.90±0.19	83.40±0.77	**87.30±0.81**	87.16±0.81
heart	80.89±4.26	85.56±2.83	90.91±4.08	91.20±4.25	**92.44±3.37**
Maxlittle	85.54±4.01	86.77±2.57	88.27±3.86	89.23±5.65	**91.25±8.39**
Urban	79.91±3.87	90.67±2.65	88.27±2.36	93.51±3.35	**94.46±1.47**
WDBC	95.66±1.52	97.57±1.38	98.59±0.38	98.99±1.09	**99.18±0.72**
Wisconsin	96.30±1.72	97.18±1.48	97.89±0.79	98.06±0.50	**98.41±0.74**
PID	70.39±2.74	74.14±4.27	80.08±2.16	82.95±2.25	**83.63±2.99**
LR	85.84±0.16	89.65±0.21	87.92±0.30	89.06±0.11	**89.79±0.34**
GSAD	99.20±0.15	**99.45±0.09**	96.67±1.04	97.45±0.30	96.05±0.60
HAR	98.25±0.32	98.72±0.07	98.36±0.27	98.35±0.15	**99.10±0.26**

表 A.2 本文算法各阶段的样本的质量（F1）

数据集	OF (%)	MSPE (%)	MDC (%)	DSICM (%)	DSJPE (%)
AD	50.24±8.44	64.78±8.32	72.09±7.55	73.85±9.76	**74.12±10.90**
LSVT	76.57±4.38	93.61±4.60	94.75±4.86	95.24±6.52	**95.77±5.62**
PD	60.12±1.65	70.62±1.73	66.89±1.52	70.94±2.46	**71.54±3.18**
Pendigits	97.74±0.13	**99.04±0.09**	97.95±0.05	98.03±0.09	**99.04±0.09**
Statlog	80.98±1.85	**85.60±1.07**	75.24±0.84	77.26±0.91	85.59±1.05
Vehicle	80.57±0.56	84.55±0.96	90.53±0.83	**90.83±1.47**	87.40±0.70
heart	79.95±4.23	86.14±2.63	90.43±2.92	90.86±3.72	**91.09±3.67**
Maxlittle	80.30±4.78	79.36±4.24	79.35±3.67	84.54±8.68	**87.15±5.87**
Urban	76.06±2.12	90.77±2.76	87.32±1.81	**94..37±2.37**	92.13±3.67
WDBC	95.23±1.33	97.63±1.52	97.31±0.46	98.80±0.69	**98.85±1.47**
Wisconsin	95.16±1.59	95.95±1.69	97.69±0.84	97.87±0.56	**98.11±1.28**
PID	71.23±3.96	74.82±2.20	77.43±2.66	74.66±3.16	**75.98±1.90**
LR	85.83±0.19	89.61±0.23	87.87±0.32	89.01±0.05	**90.18±1.26**
GSAD	99.16±0.15	**99.43±0.10**	96.55±0.99	97.37±0.33	96.17±0.47
HAR	98.35±0.29	98.79±0.08	98.46±0.25	98.42±0.14	**99.20±0.22**

表 A.3 本文算法各阶段的样本的质量（AUC）

数据集	OF (%)	MSPE (%)	MDC (%)	DSICM (%)	DSJPE (%)
AD	58.04±3.75	73.90±7.25	70.00±9.39	78.73±9.24	**81.83±8.51**
LSVT	79.02±7.72	94.83±3.15	**96.75±1.90**	93.30±9.26	96.59±3.92
PD	60.14±3.58	71.79±2.96	68.05±1.38	72.12±3.06	**72.16±5.66**
Pendigits	99.10±0.18	**99.52±0.06**	98.96±0.07	98.99±0.10	99.47±0.05
Statlog	90.36±0.75	**91.98±0.59**	87.61±0.65	88.77±0.71	91.29±0.60
Vehicle	87.29±0.68	89.62±1.24	90.53±2.20	**92.52±0.42**	92.12±1.19
heart	81.64±5.54	86.92±3.04	91.81±3.49	91.95±4.44	**92.08±2.67**
Maxlittle	93.34±0.94	92.89±0.89	92.66±1.14	83.34±2.46	**93.78±1.32**
Urban	89.48±1.00	94.63±1.89	92.94±0.56	95.45±0.85	**96.25±2.11**
WDBC	96.00±1.80	98.77±1.16	98.08±0.36	98.30±0.83	**98.61±1.13**
Wisconsin	95.81±1.61	96.08±1.12	97.62±1.05	97.29±1.00	**98.01±0.57**
PID	73.51±4.11	74.43±3.73	80.00±2.35	81.97±2.58	**82.21±2.49**
LR	92.59±0.09	94.57±0.11	93.66±0.16	94.25±0.05	**95.88±0.57**
GSAD	99.48±0.09	**99.65±0.07**	97.78±0.69	98.40±0.21	97.66±0.33
HAR	98.99±0.18	99.27±0.05	99.06±0.15	99.04±0.09	**99.51±0.14**

表 A.4 本文算法各阶段的样本的质量（AP）

数据集	OF (%)	MSPE (%)	MDC (%)	DSICM (%)	DSJPE (%)
AD	71.46±9.75	78.21±8.08	77.78±10.81	82.42±5.54	**84.38±8.77**
LSVT	78.08±5.49	93.60±5.58	97.56±2.71	96.78±4.42	**97.84±3.33**
PD	60.18±3.32	71.60±2.62	66.39±1.93	73.00±3.48	**73.76±3.35**
Pendigits	99.56±0.03	98.89±0.09	99.58±0.02	99.59±0.04	**99.80±0.04**
Statlog	95.28±0.24	96.26±0.27	93.96±0.35	94.43±0.44	**96.47±0.37**
Vehicle	89.93±1.01	92.52±1.30	91.42±0.77	**94.12±1.17**	93.96±0.72
heart	77.70±7.72	83.15±5.18	89.84±5.37	90.28±5.39	**92.02±5.51**
Maxlittle	77.01±5.23	76.90±4.37	71.45±8.12	80.63±10.35	**81.57±4.15**
Urban	94.01±0.84	97.80±0.80	96.61±0.31	**98.48±1.04**	98.02±1.06
WDBC	94.15±2.05	96.54±2.46	95.94±0.66	97.43±0.64	**97.81±1.33**
Wisconsin	92.41±2.71	92.56±3.35	95.89±1.47	96.72±0.72	**98.10±2.49**
PID	74.08±5.54	75.31±5.34	78.05±3.05	75.40±3.60	**80.85±2.74**
LR	98.96±0.02	99.24±0.04	99.10±0.01	99.15±0.01	**99.38±0.09**
GSAD	99.59±0.05	**99.66±0.09**	99.03±0.34	99.09±0.07	96.17±0.65
HAR	99.31±0.16	99.53±0.09	99.34±0.19	99.36±0.09	**99.54±0.07**

A.5 第 5.2.2 节 MDC 和 DSICM 的有效性验证完整结果

表 A.5-表 A.8 分别对应 MDC 与 KM 在 ACC、F1、AUC、AP 上的比较。

表 A.5 MDC 与 KM 在 ACC 上的比较结果

数据集	KM (%)	MDC (%)	KM&DSIM (%)	DSICM (%)	DSICM (ESAE) (%)	DSICM (ESAE) (%)
AD	75.33±7.30	66.67±7.84	66.00±5.96	72.67±10.38	67.33±10.11	**76.00±4.35**
LSVT	92.86±1.67	95.24±4.45	94.76±2.61	95.80±3.33	96.07±9.85	**97.41±5.86**
PD	66.21±1.70	66.84±1.52	70.75±3. 40	71.03±1.40	69.89±2.74	**74.60±4.56**
Pendigits	98.64±0.28	99.09±0.35	98.83±1.46	98.78±0.12	98.84±0.57	**99.50±0.82**
Statlog	85.59±0.76	85.86±0.69	85.13±0.30	86.02±0.75	85.92±1.26	**88.57±2.39**
Vehicle	79.93±2.93	83.40±0.77	85.67±1.98	**87.30±0.81**	80.61±4.93	87.30±3.79
heart	90.89±0.50	90.91±4.08	88.44±2.30	91.20±4.25	90.96±5.28	**92.67±3.20**
Maxlittle	87.69±3.61	88.27±3.86	88.31±3.19	89.23±5.65	88.08±5.57	**94.07±2.67**
Urban	72.62±2.99	88.27±2.36	76.49±1.90	93.51±3.35	82.31±1.78	**94.02±0.46**
WDBC	97.99±0.24	98.59±0.38	98.73±0.29	98.99±1.09	98.10±3.70	**99.15±2.91**
Wisconsin	97.53±1.01	97.89±0.79	97.89±0.85	98.06±0.50	97.86±1.37	**99.12±0.44**
PID	78.52±2.52	80.08±2.16	81.72±3.13	**82.95±2.25**	78.95±1.72	82.53±3.79
LR	87.73±0.33	87.92±0.30	89.83±0.15	89.06±0.11	88.09±2.62	**90.07±4.46**
GSAD	96.60±2.34	96.67±1.04	97.58±0.12	**97.45±0.30**	97.94±1.57	97.72±0.40
HAR	98.35±0.27	98.36±0.27	98.58±0.16	98.35±0.15	98.81±1.24	**99.39±0.15**

表 A.6 MDC 与 KM 在 F1 上的比较结果

数据集	KM (%)	MDC (%)	KM&DSIM (%)	DSICM (%)	DSICM (ESAE) (%)	DSICM (ESAE) (%)
AD	53.70±8.28	72.09±7.55	70.01±6.01	73.85±9.76	**75.00±11.64**	74.59±7.40
LSVT	92.50±5.34	94.75±4.86	94.19±2.92	**95.24±6.52**	92.18±5.96	94.73±4.27
PD	62.62±1.62	66.89±1.52	70.79±3.44	70.94±2.46	70.81±3.64	**75.96±3.31**
Pendigits	98.62±0.28	97.95±0.05	96.21±0.41	98.03±0.09	98.99±1.47	**99.46±0.73**
Statlog	81.49±0.99	75.24±0.84	79.46±1.22	77.26±0.91	85.95±5.78	**86.81±1.58**
Vehicle	81.51±0.73	90.53±0.83	85.88±2.02	90.83±1.47	86.04±4.18	**91.54±2.59**
heart	79.77±2.99	90.43±2.92	88.54±2.43	90.86±3.72	91.80±2.70	**93.29±2.95**
Maxlittle	71.98±3.81	79.35±3.67	83.54±4.60	84.54±8.68	87.54±3.67	**91.58±2.33**
Urban	72.58±5.98	87.32±1.81	77.31±4.93	**94..37±2.37**	74.98±3.13	75.58±4.98
WDBC	95.94±1.68	97.31±0.46	98.65±0.31	98.80±0.69	**99.32±0.47**	96.69±1.73

表 A.6 MDC 与 KM 在 F1 上的比较结果（续）

数据集	KM (%)	MDC (%)	KM&DSIM (%)	DSICM (%)	DSICM (ESAE) (%)	DSICM (ESAE) (%)
Wisconsin	93.10±3.17	97.69±0.84	97.72±0.84	97.87±0.56	98.56±0.49	**98.57±0.47**
PID	72.66±2.95	77.43±2.66	74.54±2.08	74.66±3.16	**83.17±3.02**	77.03±3.33
LR	87.67±0.35	87.87±0.32	**89.91±0.20**	89.01±0.05	84.32±6.69	89.77±1.33
GSAD	96.42±2.49	96.55±0.99	97.49±0.10	97.37±0.33	**98.42±1.57**	95.24±2.58
HAR	98.46±0.25	98.46±0.25	98.65±0.17	98.42±0.14	94.25±1.70	**98.98±0.57**

表 A.7 MDC 与 KM 在 AUC 上的比较结果

数据集	KM (%)	MDC (%)	KM&DSIM (%)	DSICM (%)	DSICM (ESAE) (%)	DSICM (ESAE) (%)
AD	66.16±7.98	70.00±9.39	69.48±4.42	78.73±9.24	**80.50±8.73**	80.00±5.86
LSVT	92.14±6.00	**96.75±1.90**	93.70±4.70	93.30±9.26	91.43±4.96	93.30±5.90
PD	63.78±1.57	68.05±1.38	71.61±4.71	72.12±3.06	69.48±3.77	**75.50±3.69**
Pendigits	**99.70±0.18**	98.96±0.07	99.40±2.64	98.99±0.10	99.14±1.49	99.48±0.69
Statlog	**90.12±0.67**	87.61±0.65	87.20±1.12	88.77±0.71	88.62±7.78	89.72±1.56
Vehicle	88.04±1.32	90.53±2.20	90.98±1.31	92.52±0.42	91.14±3.89	**92.99±1.29**
heart	80.01±3.36	91.81±3.49	90.92±5.63	91.95±4.44	91.70±2.58	**92.94±2.81**
Maxlittle	81.09±17.95	92.66±1.14	93.56±0.72	83.34±2.46	**93.72±2.11**	90.31±4.22
Urban	73.31±2.97	92.94±0.56	84.21±1.77	95.45±0.85	85.14±1.83	**98.53±1.37**
WDBC	97.67±1.40	98.08±0.36	98.27±0.01	98.30±0.83	**99.14±0.60**	96.74±1.54
Wisconsin	96.92±1.87	97.62±1.05	97.88±1.37	97.29±1.00	98.57±0.78	**98.69±0.72**
PID	67.35±10.02	80.00±2.35	81.75±4.77	81.97±2.58	**83.23±2.70**	76.92±3.33
LR	93.57±0.17	93.66±0.16	**94.66±0.08**	94.25±0.05	91.72±6.77	94.33±3.07
GSAD	97.48±1.85	97.78±0.69	**98.48±0.21**	98.40±0.21	93.05±0.92	**98.48±0.89**
HAR	99.06±0.15	99.06±0.15	99.18±0.10	99.04±0.09	96.48±1.17	**99.46±0.24**

表 A.8 MDC 与 KM 在 AP 上的比较结果

数据集	KM (%)	MDC (%)	KM&DSIM (%)	DSICM (%)	DSICM (ESAE) (%)	DSICM (ESAE) (%)
AD	70.18±10.17	77.78±10.81	75.52±1.48	**82.42±5.54**	81.39±11.74	79.75±2.74
LSVT	91.72±7.58	97.56±2.71	96.24±2.65	**96.78±4.42**	93.14±5.26	96.33±2.47
PD	61.82±2.17	66.39±1.93	71.63±4.95	73.00±3.48	69.27±6.33	**76.40±3.14**
Pendigits	99.70±0.05	99.58±0.02	92.57±0.98	99.59±0.04	93.23±1.17	**99.65±0.17**
Statlog	95.55±0.32	93.96±0.35	95.27±0.55	94.43±0.44	**95.98±2.56**	95.72±0.21
Vehicle	91.25±0.96	91.42±0.77	92.90±0.66	94.12±1.17	94.17±2.06	**95.11±1.56**
heart	81.00±4.36	89.84±5.37	87.66±4.77	90.28±5.39	93.24±4.14	**93.93±1.76**
Maxlittle	57.00±14.15	71.45±8.12	78.74±9.12	80.63±9.35	88.46±4.82	**91.61±4.61**
Urban	90.12±0.96	96.61±0.31	92.09±0.73	**98.48±1.04**	94.28±0.64	95.17±1.33
WDBC	95.65±2.46	95.94±0.66	96.92±1.31	97.43±0.64	**99.20±0.56**	96.96±1.81
Wisconsin	90.11±3.65	95.89±1.47	95.99±1.76	96.72±0.72	**97.52±0.73**	97.38±0.93
PID	70.31±6.04	78.05±3.05	80.11±4.06	75.40±3.60	**82.72±4.60**	78.18±0.77
LR	99.09±0.03	99.10±0.01	99.22±0.03	99.15±0.01	94.52±2.83	**99.41±0.16**
GSAD	98.90±0.51	99.03±0.34	99.14±0.05	99.09±0.07	96.14±0.26	**96.34±0.46**
HAR	99.34±0.19	99.34±0.19	99.47±0.06	99.36±0.09	97.95±0.96	**99.47±0.37**

A.6 第 5.3 节算法比较的完整结果

表 A.9-表 A.12 分别对应不同 SAE 算法在 ACC、F1、AUC、AP 上的比较。

表 A.9 不同 SAE 算法的比较（ACC）

数据集	SDSAE (%)	SPSAE (%)	ESGSAE -FF (%)	GSTAE (%)	WGLAE (%)	DSAE (%)	SGAE (%)	DSJPE-ESAE (%)
AD	55.58 ±4.36	57.78 ±4.27	67.33 ±2.49	71.11 ±8.16	52.67 ±5.48	56.67 ±5.27	56.11 ±1.07	**76.67 ±8.16**
LSVT	76.62 ±5.29	84.33 ±5.36	92.76 ±0.62	84.66 ±4.32	75.71 ±5.43	72.38 ±5.48	71.59 ±5.77	**97.62 ±1.68**
PD	64.88 ±1.84	64.22 ±2.34	66.72 ±0.87	73.89 ±4.27	64.00 ±6.81	59.63 ±3.14	63.88 ±1.71	**75.98 ±4.29**
Pendigits	75.17 ±1.88	91.60 ±0.57	98.00 ±0.12	93.53 ±0.77	98.85 ±1.24	92.53 ±1.22	90.33 ±0.30	**99.54 ±0.11**
Statlog	98.60 ±0. 34	85.87 ± 0. 86	87.28 ±0. 12	85.42 ±0. 38	**99.83 ±0. 12**	85.31 ±0. 50	74.13 ±0. 24	89.42 ±0. 81
Vehicle	72.00 ±2.25	74.76 ±2.93	81.91 ±0.42	79.71 ±2.93	83.48 ±12.53	55.25 ±2.22	65.86 ±0.23	**87.36 ±1.15**
heart	94.58 ±0.53	88.90 ±2.53	84.67 ±1.99	82.56 ±3.55	80.22 ±9.21	82.67 ±1.27	69.67 ±3.60	**94.67 ±2.98**
Maxlittle	83.65 ± 0.71	91.93 ±4.22	92.00 ±3.34	92.15 ±4.94	89.54 ±6.10	81.23 ±1.29	88.97 ±2.86	**98.75 ±1.71**
Urban	93.20 ±1.17	77.81 ±1.17	83.20 ±1.01	76.98 ±0.73	72.53 ±8.63	70.49 ±2.75	82.90 ±0.15	**98.75 ±1.71**
WDBC	95.77 ±0.17	93.03 ±2.49	**99.81 ±0.45**	99.34 ±1.27	95.05 ±5.99	94.29 ±1.96	90.65 ±0.26	98.08 ±0.89
Wisconsin	97.65 ±0.25	96.62 ±2.40	97.09 ±1.31	96.92 ±1.56	97.19 ±2.49	96.32 ±0.80	88.97 ±0.52	**99.82 ±0.40**
PID	76.17 ±1.03	78.76 ±3.62	72.27 ±3.46	77.81 ±2.84	**95.19 ±4.60**	69.30 ±1.60	73.29 ±1.83	84.06 ±3.34
LR	93.20 ±1.17	94.88 ±0.12	**95.55 ±0.78**	92.10 ±0.99	96.18 ±1.55	89.50 ±2.08	84.30 ±0.05	94.38 ±0.37
GSAD	95.77 ±0.17	98.89 ±0.59	**99.07 ±0.36**	97.42 ±0.43	98.78 ±0.17	91.17 ±4.31	87.86 ±1.22	96.71 ±0.33
HAR	97.36 ±0.72	98.13 ±0.45	97.81 ±0.18	98.22 ±1.10	99.0 2±0.11	97.88 ±0.90	97.03 ±4.18	**99.51 ±0.43**

表 A.10 不同 SAE 算法的比较（F1）

数据集	SDSAE (%)	SPSAE (%)	ESGSAE -FF (%)	GSTAE (%)	WGLAE (%)	DSAE (%)	SGAE (%)	DSJPE-ESAE (%)
AD	66.99 ±6.60	67.02 ±2.11	69.32 ±9.47	67.19 ±8.21	42.78 ±8.49	54.21 ±5.94	66.67 ±3.24	**71.86 ±2.14**
LSVT	72.60 ±2.22	81.87 ±8.52	88.92 ±5.56	63.25 ±4.89	73.32 ±6.30	66.70 ±9.12	78.53 ±2.20	**95.79 ±3.97**
PD	63.47 ±1.69	63.93 ±6.80	68.09 ±2.00	67.10 ±5.91	63.87 ±6.82	58.73 ±3.52	65.21 ±9.46	**77.07 ±2.90**
Pendigits	73.20 ±2.30	91.51 ±2.49	99.36 ±0.34	91.68 ±0.82	98.84 ±1.26	92.56 ±1.23	91.51 ±0.40	**99.55 ±0.14**
Statlog	72.62 ±6.69	75.75 ±3.28	82.76 ±0.80	81.71 ±1.16	**99.80 ±0.13**	81.78 ±0.43	75.55 ±4.69	87.81 ±1.04
Vehicle	74.75 ±5.12	70.19 ±4.23	73.56 ±8.64	70.41 ±3.33	82.58 ±13.96	53.42 ±1.33	68.27 ±6.24	**91.61 ±3.79**
heart	79.44 ±1.48	81.24 ±4.61	84.53 ±2.04	82.54 ±4.84	78.95 ±10.43	81.90 ±1.26	57.16 ±4.00	**93.61 ±2.96**

表 A.10 不同 SAE 算法的比较（F1）（续）

数据集	SDSAE (%)	SPSAE (%)	ESGSAE -FF (%)	GSTAE (%)	WGLAE (%)	DSAE (%)	SGAE (%)	DSJPE-ESAE (%)
Maxlittle	85.13 ±1.64	87.02 ±5.10	89.09 ±4.87	95.95 ±5.04	83.06 ±8.45	70.88 ±2.88	84.29 ±2.52	**92.43 ±3.25**
Urban	72.30 ±0.51	78.29 ±2.92	76.09 ±5.72	72.51 ±1.37	61.58 ±9.33	61.28 ±4.77	81.22 ±4.89	**81.31 ±1.99**
WDBC	95.05 ±4.18	94.36 ±3.39	94.44 ±2.65	94.30 ±1.01	94.91 ±6.05	93.84 ±2.09	92.83 ±3.42	**97.15 ±1.82**
Wisconsin	97.46 ±0.21	96.81 ±1.16	96.91 ±1.30	95.51 ±1.98	96.97 ±2.62	95.91 ±0.93	84.29 ±4.81	**99.13 ±0.80**
PID	73.76 ±0.32	82.04 ±4.06	68.22 ±3.97	69.52 ±6.96	94.92 ±4.51	64.08 ±1.31	66.52 ±7.74	**79.75 ±3.29**
LR	95.59 ±3.49	96.28 ±1.76	**96.34 ±3.05**	83.27 ±2.27	92.29 ±2.79	89.74 ±4.32	87.41 ±0.01	90.18 ±1.26
GSAD	97.83 ±1.96	**99.39 ±0.53**	99.37 ±0.16	95.35 ±2.04	93.76 ±0.94	91.36 ±1.65	89.50 ±0.69	96.73 ±0.18
HAR	98.18 ±1.75	98.72 ±0.37	99.08 ±0.69	97.39 ±0.37	93.24 ±1.57	97.31 ±3.37	96.60 ±3.57	**99.78 ±0.16**

表 A.11 不同 SAE 算法的比较（AUC）

数据集	SDSAE (%)	SPSAE (%)	ESGSAE -FF (%)	GSTAE (%)	WGLAE (%)	DSAE (%)	SGAE (%)	DSJPE-ESAE (%)
AD	52.00 ±4.47	58.19 ±2.27	79.00 ±12.94	75.27 ±4.69	37.67 ±0.96	48.49 ±2.37	62.81 ±3.00	**82.11 ±3.74**
LSVT	66.07 ±3.09	77.50 ±12.28	61.43 ±19.50	75.50 ±5.02	76.00 ±7.83	67.86 ±9.45	66.43 ±4.76	**96.62 ±2.67**
PD	60.73 ±2.72	63.93 ±6.80	67.87 ±2.00	71.72 ±3.83	64.13 ±7.09	60.06 ±2.86	63.35 ±2.61	**79.30 ±4.94**
Pendigits	68.64 ±1.21	93.29 ±1.73	99.09 ±0.19	81.42 ±0.72	89.41 ±0.64	86.08 ±0.68	94.35 ±0.37	**99.75 ±0.08**
Statlog	80.11 ±5.06	87.72 ±3.17	89.62 ±0.46	89.36 ±0.74	83.25 ±0.06	74.19 ±0.27	84.42 ±0.82	**92.69 ±0.94**
Vehicle	67.51 ±3.54	70.96 ±1.24	82.48 ±5.59	74.80 ±2.15	66.68 ±6.48	54.36 ±1.40	60.19 ±3.21	**93.11 ±0.48**
heart	84.90 ±1.62	87.16 ±1.98	84.25 ±1.90	85.25 ±4.24	80.24 ±0.86	81.46 ±1.21	60.19 ±5.32	**95.68 ±1.99**
Maxlittle	84.12 ±6.31	86.52 ±8.29	87.54 ±7.49	77.19 ±10.06	85.24 ±9.85	68.50 ±2.98	80.77 ±3.79	**95.68 ±1.99**
Urban	67.32 ±1.12	75.69 ±6.72	85.17 ±3.89	90.15 ±1.43	72.68 ±5.53	70.05 ±2.35	80.03 ±0.53	**90.61 ±1.94**
WDBC	95.25 ±3.17	96.13 ±1.39	96.94 ±2.85	95.07 ±0.62	95.32 ±5.52	94.23 ±1.79	95.57 ±3.24	**98.54 ±1.38**
Wisconsin	97.71 ±0.27	96.60 ±1.48	97.42 ±1.04	96.74 ±1.34	97.07 ±1.82	95.95 ±0.66	80.77 ±3.79	**99.03 ±0.94**
PID	73.24 ±1.21	78.30 ±4.39	66.41 ±4.47	71.92 ±4.06	**95.40 ±3.77**	63.72 ±1.27	60.78 ±3.80	82.94 ±2.16
LR	96.52 ±0.54	95.57 ±1.75	**98.08 ±0.83**	91.81 ±3.04	91.39 ±1.27	89.93 ±3.79	85.19 ±5.29	97.56 ±0.14
GSAD	98.48 ±0.34	**99.26 ±0.01**	99.10 ±0.28	95.75 ±2.59	87.19 ±3.09	92.82 ±1.11	94.46 ±0.14	98.52 ±0.16
HAR	98.23 ±1.38	98.42 ±0.34	98.97 ±0.94	97.17 ±1.88	87.11 ±4.40	94.63 ±1.24	95.15 ±0.58	**99.67 ±0.08**

表 A.12 不同 SAE 算法的比较（AP）

数据集	SDSAE (%)	SPSAE (%)	ESGSAE -FF (%)	GSTAE (%)	WGLAE (%)	DSAE (%)	SGAE (%)	DSJPE-ESAE (%)
AD	60.49 ±7.78	67.05 ±3.40	**72.07 ±9.23**	69.36 ±11.84	39.20 ±9.96	45.81 ±9.13	58.02 ±2.78	71.86 ±2.14
LSVT	75.09 ±7.65	84.53 ±10.63	76.71 ±16.15	93.68 ±16.47	82.31 ±5.64	76.45 ±5.85	76.66 ±4.45	**97.24 ±2.88**
PD	60.38 ±1.70	61.50 ±5.68	67.46 ±2.03	74.59 ±3.94	58.39 ±4.12	55.79 ±3.60	64.73 ±3.30	**76.91 ±4.06**
Pendigits	88.53 ±0.52	94.35 ±0.16	99.57 ±0.09	90.31 ±0.90	88.99 ±1.10	82.64 ±1.25	87.31 ±0.57	**99.92 ±0.04**
Statlog	90.93 ±2.29	91.16 ±1.95	95.46 ±0.24	97.94 ±0.65	83.14 ±0.17	69.43 ±0.61	86.75 ±6.04	**96.77 ±0.17**
Vehicle	76.13 ±2.76	79.74 ±2.96	87.11 ±4.52	74.46 ±3.68	64.01 ±11.43	42.22 ±1.97	69.43 ±3.49	**94.81 ±2.42**
heart	82.96 ±2.94	72.83 ±2.01	82.09 ±4.75	88.83 ±6.58	68.34 ±15.66	72.62 ±2.09	60.02 ±5.27	**92.46 ±5.83**
Maxlittle	87.19 ±5.49	88.55 ±6.92	88.11 ±6.62	93.88 ±5.05	93.19 ±5.95	80.61 ±2.58	80.73 ±3.60	**91.41 ±3.88**
Urban	89.13 ±0.54	92.67 ±2.85	94.62 ±1.59	**96.18 ±6.65**	63.70 ±9.53	60.09 ±1.98	82.57 ±5.36	95.96 ±0.43
WDBC	96.51 ±0.92	96.38 ±2.18	97.50 ±5.50	96.75 ±2.30	90.59 ±8.59	87.39 ±4.62	98.04 ±1.09	**97.91 ±1.05**
Wisconsin	96.45 ±1.55	92.35 ±2.50	94.97 ±1.44	94.66 ±3.61	93.98 ±6.15	91.46 ±2.67	80.73 ±3.60	**98.62 ±1.63**
PID	72.31 ±3.81	76.70 ±4.61	71.04 ±3.56	75.64 ±4.69	**89.83 ±8.10**	66.60 ±3.78	61.21 ±5.93	81.11 ±4.00
LR	98.08 ±1.54	98.16 ±0.72	99.33 ±0.94	93.99 ±4.61	93.45 ±1.58	92.72 ±3.48	84.17 ±0.46	**99.73 ±0.22**
GSAD	99.22 ±0.32	**99.62 ±0.26**	99.30 ±0.39	95.85 ±2.59	90.39 ±1.65	96.68 ±0.21	90.35 ±0.23	97.10 ±0.31
HAR	98.70 ±0.65	98.55 ±1.09	99.35 ±0.08	99.34 ±1.07	85.90 ±1.26	96.36 ±3.33	94.22 ±3.00	**99.78 ±0.09**

A.7 第 5.4 节参数分析的完整结果

表 A.13 对应不同 MSPE 拼接数 υ 对算法性能影响的完整结果。

表 A.14 不同 MSPE 拼接数 υ 对算法性能影响（分类精度）

数据集	$\upsilon=0$	$\upsilon=1$	$\upsilon=2$	$\upsilon=3$
AD	54.00±9.55	64.67±4.47	**73.33±6.24**	71.33±3.80
LSVT	82.38±9.00	**96.19±3.61**	95.71±5.16	95.71±3.10
PD	62.70±1.86	**70.75±1.74**	68.10±1.08	69.48±1.93
Pendigits	98.13±0.05	98.62±0.07	99.20±0.24	**99.39±0.13**
Statlog	86.13±0.53	88.65±0.75	89.13±0.62	**89.73±0.81**
Vehicle	80.35±1.31	83.90±0.19	87.73±2.46	**87.87±3.95**
heart	80.89±4.26	85.56±2.83	84.67±3.46	**89.11±2.53**
Maxlittle	85.54±4.01	**86.77±2.57**	78.77±3.35	84.00±4.30
Urban	79.91±3.87	73.42±2.48	96.27±2.00	**97.42±0.91**
WDBC	95.66±1.52	97.57±1.38	99.58±0.24	**100.0±0.00**
Wisconsin	96.30±1.72	97.18±1.48	**98.15±0.85**	98.06±0.39
PID	70.39±2.74	74.14±4.27	81.56±1.60	**84.38±1.20**
LR	85.84±0.16	89.65±0.21	90.41±0.31	**92.26±0.17**
GSAD	99.20±0.15	99.45±0.09	99.56±0.11	**99.59±0.08**
HAR	98.25±0.32	98.72±0.07	99.38±0.15	**99.68±0.03**