

报告主题：论文解读

报告人：高鹏曷

目录

1. 论文介绍
2. 论文主要方法
3. 论文实验结果
4. 论文复现
5. 复现实验结果

论文介绍

An Analysis of Single Layer Networks in Unsupervised Feature Learning

2011 AISTATS(Artificial Intelligence and Statistics)

Adam Coates, Honglak Lee, Andrew Y. Ng



论文介绍

论文主要工作：

使用无监督方法对图像数据集进行特征学习,然后通过提取图像特征,进行分类任务.

论文中特征学习的方法主要应用了以下4种:

1. 稀疏自编码器 (sparse auto-encoders)
2. 稀疏受限玻尔兹曼机 (sparse RBMs)
3. K-means聚类 (K-means clustering)
4. 高斯混合模型 (Gaussian mixtures)

论文实验数据集：

NORB

CIFAR-10

论文主要方法

无监督特征学习框架

Unsupervised feature learning framework



论文主要方法

第1阶段



论文主要方法

子块采样阶段

对于每幅图像随机提取 m 个子块(**sub-patch**), 每个子块的尺寸为 $w \times w$ 且通道数为 d .

获得采样子块集合 $X = \{x^{(1)}, \dots, x^{(m)}\}$, 每个块(patch)用 $x^{(i)} \in R^N$ 表示, 其中 $N = w \times w \times d$.

论文主要方法

子块预处理阶段

(1) 标准化(Normalization) $x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \mu}{\sigma}$

(2) 白化(Whitening)

$$x_{rot} = U^T x$$

$$x_{PCA_{white},i} = \frac{x_{rot,i}}{\sqrt{\lambda_i + \epsilon}}$$

论文主要方法

无监督学习阶段

在特征学习阶段**K-means**聚类算法用来从输入数据学习 K 个中心 (centroids), 第 k 个中心用 $c^{(k)}$ 表示. 论文给出了2种特征映射方式:

1. Hard硬分配编码法(独热编码one-hot)

$$f_k(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } k = \arg \min_j \|c^{(j)} - x\|_2^2 \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

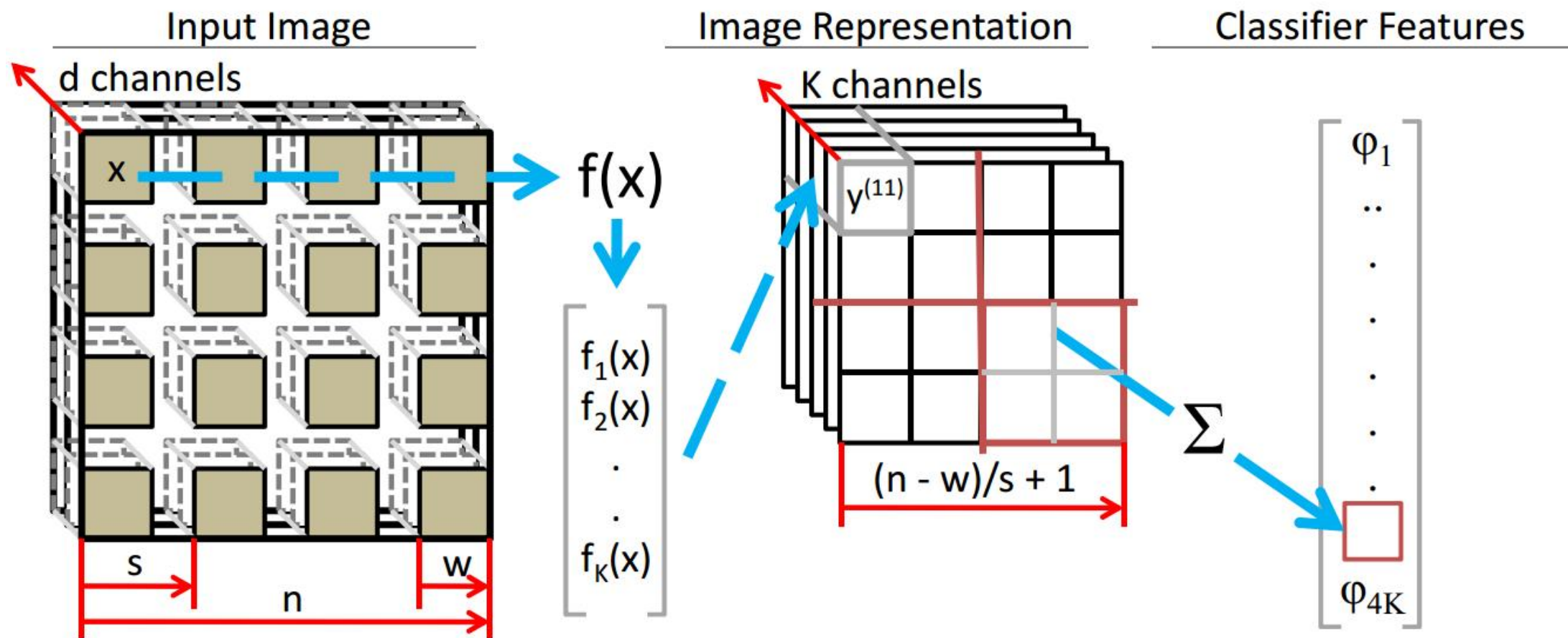
2. Soft软编码非线性映射(triangle激活函数)

$$f_k(x) = \max \{0, \mu(z) - z_k\}$$

$$z_k = \|x - c^{(k)}\|_2$$

论文主要方法

特征提取阶段



$$[(n-w)/s+1] \times [(n-w)/s+1] \times K \rightarrow 2 \times 2 \times K \rightarrow 4K$$

论文主要方法

图像分类阶段

特征(feature): 每个样本4K维的特征向量

标签(label): 0~9十个数字类别

分类器(Classifier): L2正则化的SVM线性分类器

评估方法: 交叉验证(Cross Validation)

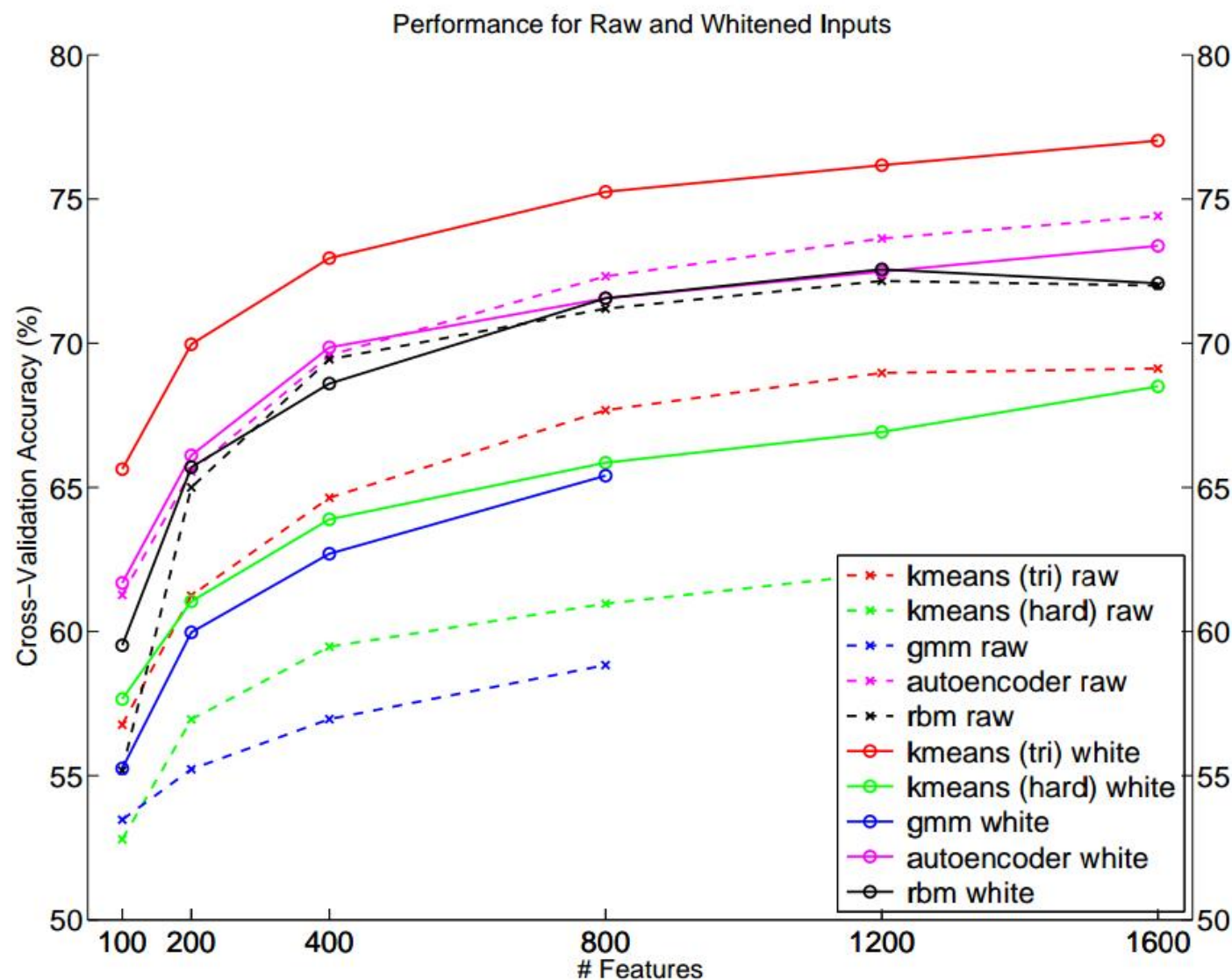
论文实验结果

论文中主要针对4种参数进行对比实验:

1. 是否使用白化(**whitening**)操作
2. 聚类后特征数量**K**
3. 感受野滑动步长**s(stride)**
4. 感受野的尺寸**w**

另外,针对K-means聚类算法还有**soft**和**hard**两种特征映射方式可选择.

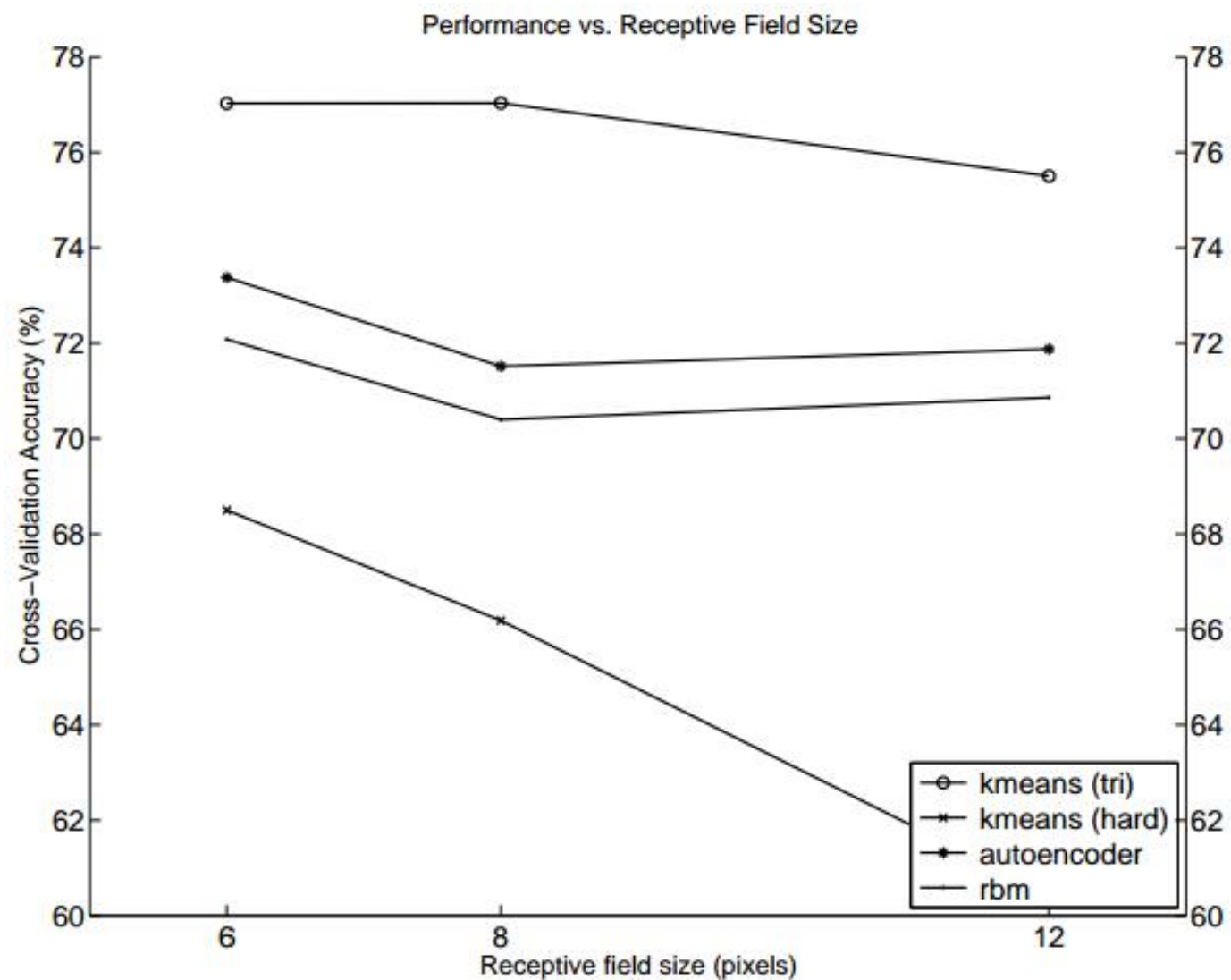
论文实验结果



是否白化

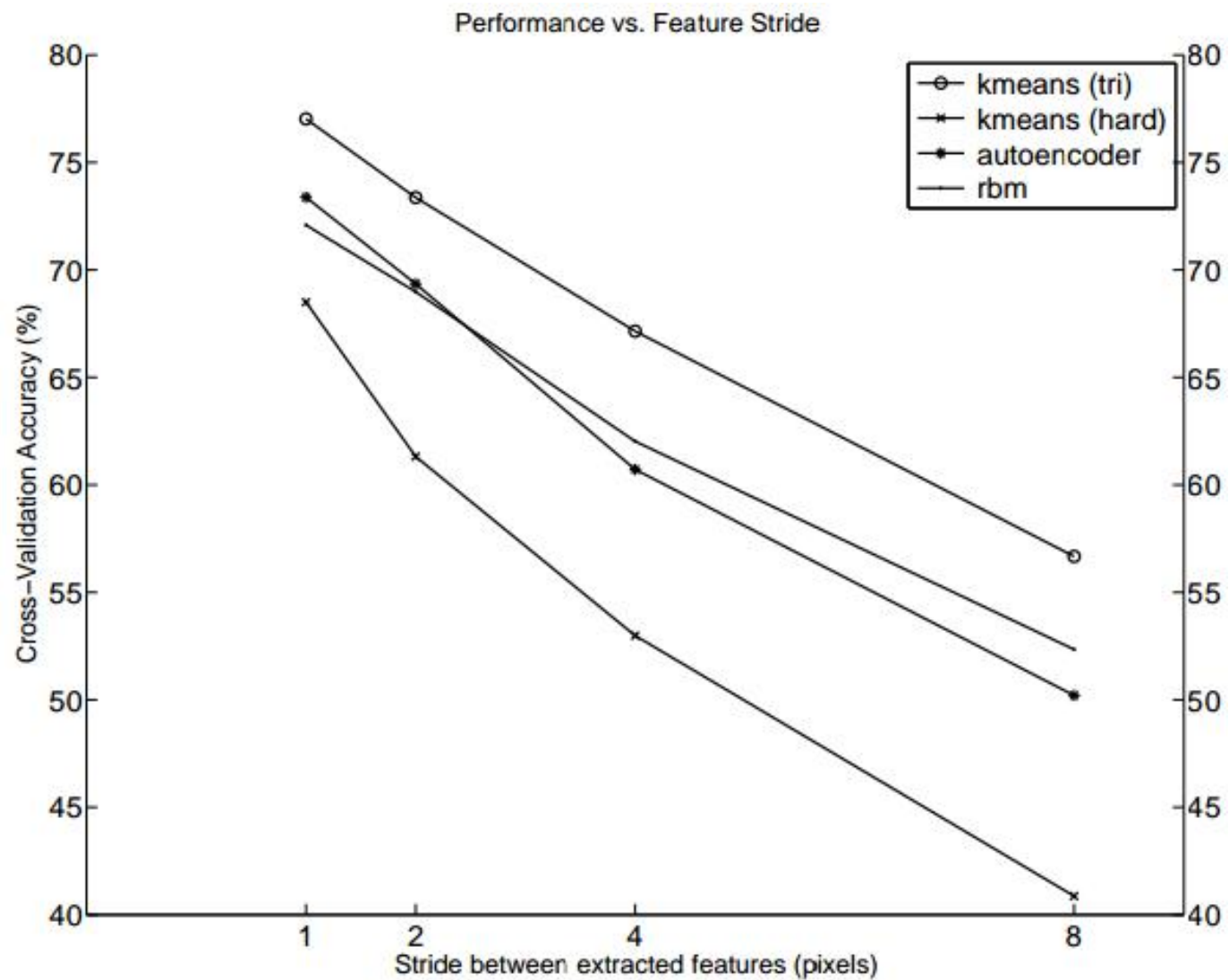
特征数量K

论文实验结果



感受野尺寸w

论文实验结果



感受野滑动步长s

论文实验结果

Table 1: Test recognition accuracy (and error) for NORB (normalized-uniform)

Algorithm	Test accuracy (and error)
Convolutional Neural Networks [14]	93.4% (6.6%)
Deep Boltzmann Machines [25]	92.8% (7.2%)
Deep Belief Networks [18]	95.0% (5.0%)
(Best result of [10])	94.4% (5.6%)
K-means (Triangle)	97.0% (3.0%)
K-means (Hard)	96.9% (3.1%)
Sparse auto-encoder	96.9% (3.1%)
Sparse RBM	96.2% (3.8%)

Table 2: Test recognition accuracy on CIFAR-10

Algorithm	Test accuracy
Raw pixels (reported in [11])	37.3%
RBM with backpropagation [11]	64.8%
3-Way Factored RBM + ZCA (3 layers) [23]	65.3%
Mean-covariance RBM (3 layers) [22]	71.0%
Improved Local Coordinate Coding [31]	74.5%
Convolutional RBM [12]	78.9%
K-means (Triangle)	77.9%
K-means (Hard)	68.6%
Sparse auto-encoder	73.4%
Sparse RBM	72.4%
K-means (Triangle, 4k features)	79.6%

论文复现

- 【特征学习阶段】** 子块随机采样 → 子块标准化 → 子块白化
→ K-means聚类学习特征中心 → hard/soft特征映射
- 【特征提取阶段】** 卷积提取子块特征 → 4象限平均池化 → 特征拼接
- 【图像分类阶段】** 训练SVM分类器 → 预测测试集 → 评分计算准确率

复现实验结果

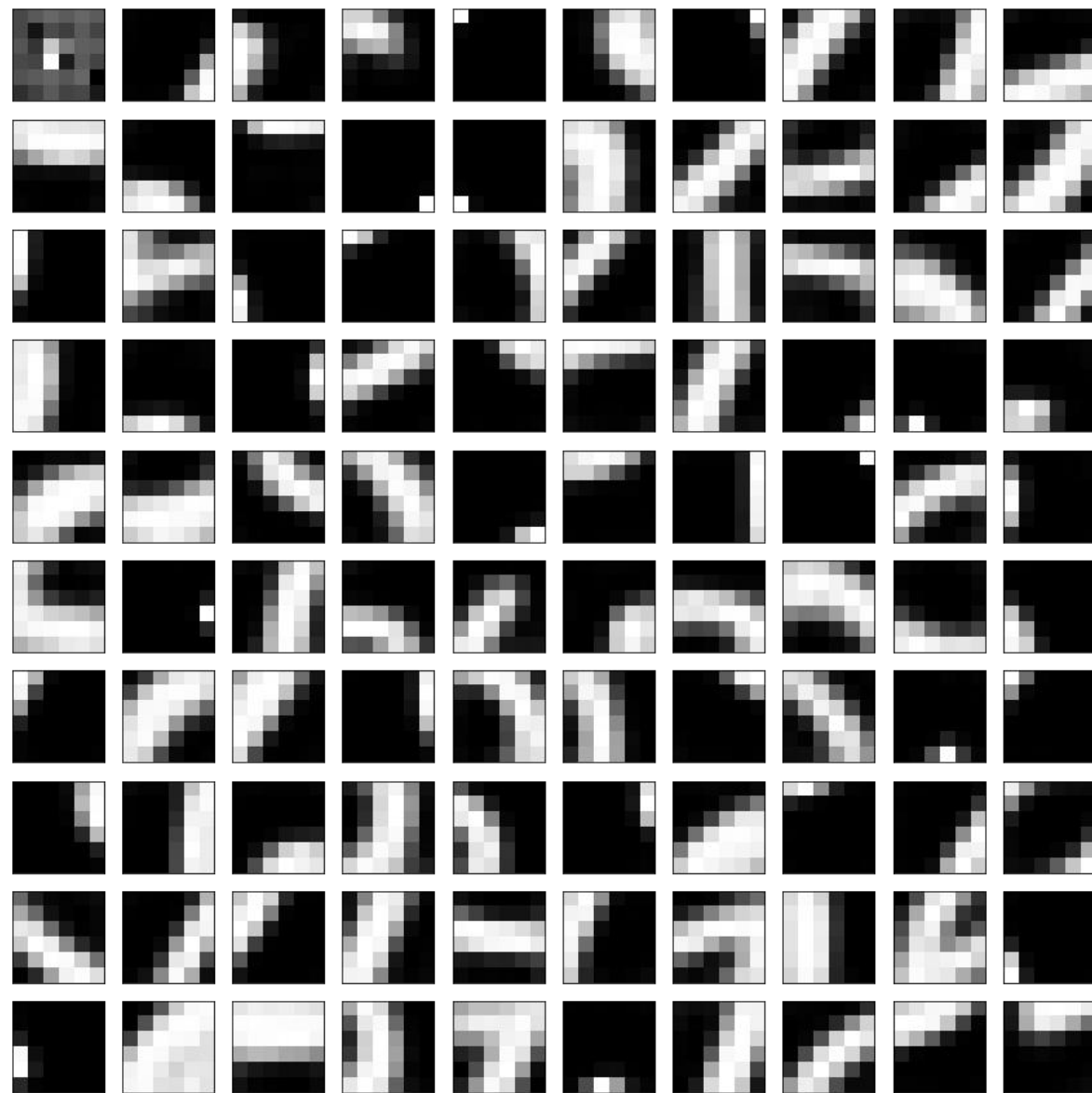
实验数据集: MNSIT数据集

实验主要参数:

- 特征学习样本大小: $N=1000 / 5000 / 10000$
- 单张图像采样块数: $m=10$
- 采样块/感受野宽度: $w=6$
- 感受野滑动步长: $s=1$
- 特征聚类中心数: $K=500 / 1000$

复现实验结果

在 $N=5000, K=500$ 的参数下
随机选取100个特征聚类中心
(**centroid**)的可视化结果:



复现实验结果

10折交叉验证(Cross Validation)准确率:

N	K	m	w	s	hard / soft	Accuracy
1000	1000	10	6	1	hard	87.8%
1000	1000	10	6	1	soft	95.1%
5000	500	10	6	1	hard	94.9%
5000	500	10	6	1	soft	97.2%
10000	500	10	6	1	hard	96.1%
10000	500	10	6	1	soft	98.1%

Thank you for watching!

Gao Pengbing (nbgao)