

# 中国科学院自动化研究所

## 2013 年招收攻读博士学位研究生入学统一考试试卷

### 科目名称：模式识别

#### 考生须知：

1. 本试卷满分为 100 分，全部考试时间总计 180 分钟。
2. 所有答案必须写在答题纸上，写在试题纸上或草稿纸上无效。

---

1. (5 分) 请简述决策树分类器设计方法。

2. (27 分) 在模式识别中，Fisher 准则、感知准则函数和支持向量机是三种设计线性分类器的常用方法。请回答如下几个问题：

(1) 简述上述三种准则的含义，并分别指出这三种准则的优点和缺点 (15 分)；

(2) 现有两类样本，设第一类样本的类均值为  $m_1 = \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \end{pmatrix}$ ，且类内离散度矩阵为

$S_1 = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$ ；第二类样本的类均值为  $m_2 = \begin{pmatrix} 4 \\ 4 \end{pmatrix}$ ，且类内离散度矩阵为

$S_2 = \begin{pmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 2 \end{pmatrix}$ 。请用 Fisher 准则求出最优投影方向，并在此基础上给出一个最优

决策面方程： $g(x) = w^T x + b$  (6 分)；

(3) 给定二维空间中的三个训练样本： $x_1 = (3, 3)^T$ ， $x_2 = (4, 3)^T$  和  $x_3 = (1, 1)^T$ ，其中  $x_1$

和  $x_2$  为正类样本， $x_3$  为负类样本，这里上标  $T$  表示转置。基于支持向量机方法中的

最大间隔原理，请写出关于最优分类面的最优化模型 (6 分)。

3. (18 分) 关于神经网络。(1) 针对多层前馈神经网络，请给出误差反向传播算法（即 BP 算法）的原理和训练步骤 (12 分)；(2) 请描述 Hopfield 网络的结构和性质 (3 分)；(3) 请简述“将 Hopfield 网络用作联想存储器”的工作原理 (3 分)。

(未完待续)

4. (22 分) 给定三维空间中的 8 个训练样本:  $x_1 = (0, 0, 0)^T$ ,  $x_2 = (1, 0, 0)^T$ ,  $x_3 = (1, 1, 0)^T$ ,  $x_4 = (0, 1, 0)^T$ ,  $x_5 = (0, 0, 2)^T$ ,  $x_6 = (1, 0, 2)^T$ ,  $x_7 = (1, 1, 2)^T$ ,  $x_8 = (0, 1, 2)^T$ , 其中上标  $T$  表示转置。(1) 如果不知道这 8 个样本的类别标签, 请用 K-L 变换, 分别把特征空间维数降到 2 维和 1 维, 并用图画出样本在该特征空间中的位置 (16 分); (2) 请采用分级聚类方法将上述 8 个样本聚成两类, 并画出分级聚类树 (6 分)。
5. (12 分) 关于总体分布的非参数估计。(1) 给定  $d$  维空间中的  $n$  个样本  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , 窗函数  $\varphi(x)$  及窗宽  $h_N$ , 请写出概率密度函数  $p(x)$  的 Parzen 窗估计公式  $\hat{p}_n(x)$  (8 分); (2) 请分析 Parzen 窗法的优缺点 (4 分)。
6. (8 分) 关于二次判别函数。(1) 请写出二次判别函数的一般表达形式 (4 分); (2) 设有两类样本, 且各类样本分布较集中 (此处具体指如下情形: 每类可以用样本均值  $m_i$  和样本协方差矩阵  $\Sigma_i$  来近似描述,  $i = 1, 2$ ), 请利用二次判别函数写出一个决策面方程, 并给出决策规则 (4 分)。
7. (8 分) 在一个分类问题中, 假定给定  $d$  维空间中的  $n$  个训练样本  $x_1, x_2, \dots, x_n$  及其类别标签向量  $y_1, y_2, \dots, y_n (\in R^c, c < d)$  (即,  $y_i$  为样本  $x_i$  的类别标签向量,  $i = 1, 2, \dots, n$ )。现假定利用线性变换  $y = W^T x + b$  将样本  $x$  映射为  $y$ , 其中,  $W \in R^{d \times c}$  为变换矩阵,  $b \in R^c$  为一个偏移向量, 上标  $T$  表示转置。我们知道, 对上述  $n$  个训练样本, 可以通过求解如下“正则化最小二乘回归模型”来获得最优线性变换:

$$\min_{W, b} \sum_{i=1}^n \|W^T x_i + b - y_i\|_2^2 + \lambda \cdot \|W\|_F^2,$$

其中,  $\lambda$  为一个已知的取值为正的正则化参数,  $\|\cdot\|_2$  表示向量的模,  $\|\cdot\|_F$  表示矩阵的 Frobenius 范数 ( $\|\cdot\|_F$  表示矩阵所有元素平方和开根号)。

请回答如下两个问题:

- (1) 基于上述正则化最小二乘回归模型, 请构建一个能够实现特征选择的最优化模型 (6 分);
- (2) 对所建立的特征选择模型, 请给出模型求解方案 (2 分)。