中国科学院大学

课程编号： **712008Z**

试 题 专 用 纸

课程名称：机器学习

任课教师：卿来云

姓名_____ 学号_____ 成绩_____

一、基础题（共 **36** 分）

1、请描述极大似然估计 MLE 和最大后验估计 MAP 之间的区别。请解释为什么 MLE 比 MAP 更容易过拟合。（10 分）

2、在年度百花奖评奖揭晓之前，一位教授问 80 个电影系的学生，谁将分别获得 8 个奖项（如最佳导演、最佳男女主角等）。评奖结果揭晓后，该教授计算每个学生的猜中率，同时也计算了所有 80 个学生投票的结果。他发现所有人投票结果几乎比任何一个学生的结果正确率都高。这种提高是偶然的吗？请解释原因。（10 分）

3、假设给定如右数据集，其中 A、B、C 为二值随机变量，y 为待预测的二值变量。

A	B	C	y
0	0	1	0
0	1	0	0
1	1	0	0
0	0	1	1
1	1	1	1
1	0	0	1
1	1	0	1

(a) 对一个新的输入 A=0, B=0, C=1，朴素贝叶斯分类器将会怎样预测 y？（10 分）

(b) 假设你知道在给定类别的情况下 A、B、C 是独立的随机变量，那么其他分类器（如 Logstic 回归、SVM 分类器等）会比朴素贝叶斯分类器表现更好吗？为什么？（注意：与上面给的数据集没有关系。）（6 分）

二、回归问题。（共 24 分）

现有 N 个训练样本的数据集 $D=\{(x_i, y_i)\}_{i=1}^{N}$，其中 x_i, y_i 为实数。

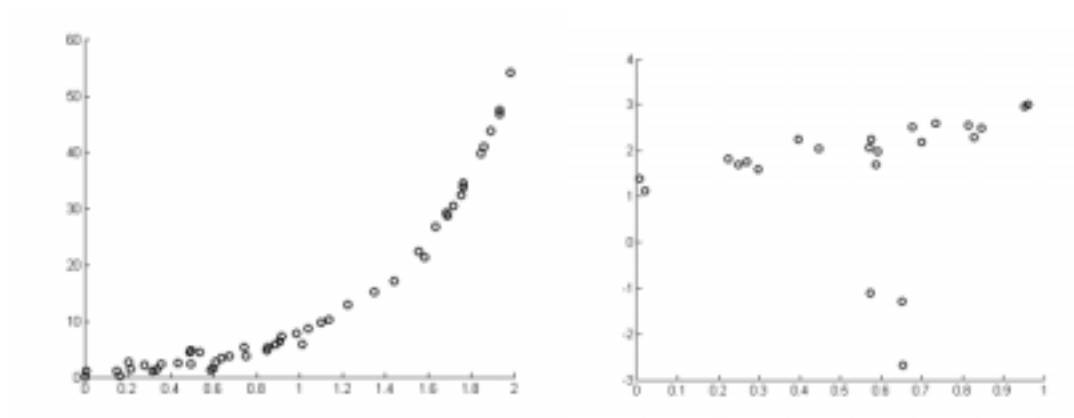
1. 我们首先用线性回归拟合数据。为了测试我们的线性回归模型，我们随机选择一些样本作为训练样本，剩余样本作为测试样本。现在我们慢慢增加训练样本的数目，那么随着训练样本数目的增加，平均训练误差和平均测试误差将会如何变化？为什么？（6 分）

   平均训练误差： A、增加 B、减小

   平均测试误差： A、增加 B、减小

2. 给定如下图 (a) 所示数据。粗略看来这些数据不适合用线性回归模型表示。因此我们采用如下模型：$y_i = \exp(wx_i) + \varepsilon_i$，其中 $\varepsilon_i \sim N(0,1)$。假 极大似然估计 w，请给出 log 似然函数并给出 w 的估计。（8 分）

3. 给定如下图 (b) 所示的数据。从图中我们可以看出该数据集有一些噪声，请设计一个对噪声鲁棒的线性回归模型，并简要分析该模型为什么能对噪声鲁棒。（10 分）



(a) (b)

三、 SVM 分类。（第 1~5 题各 4 分，第 6 题 5 分，共 25 分）

下图为采用不同核函数或不同的松弛因子得到的 SVM 决策边界。但粗心的实验者忘记记录每个图形对应的模型和参数了。请你帮忙给下面每个模型标出正确的图形。

1、 $\min\left(\frac{1}{2}\|\mathbf{w}\|^2+C\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{N}\xi_i\right)$, s.t.

$\xi_i\geq 0,\ y_i\left(\mathbf{w}^T\mathbf{x}+w_0\right)\geq 1-\xi_i,\ i=1,\ldots,N,$

其中 $C=0.1$。

2、 $\min\left(\frac{1}{2}\|\mathbf{w}\|^2+C\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{N}\xi_i\right)$, s.t.

$\xi_i\geq 0,\ y_i\left(\mathbf{w}^T\mathbf{x}+w_0\right)\geq 1-\xi_i,\ i=1,\ldots,N,$

其中 $C=1$。

3、 $\max\left(\sum_{i=1}^{N}\alpha_i-\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\alpha_i\alpha_j y_i y_j k\left(\mathbf{x}_i,\mathbf{x}_j\right)\right)$

s.t. $\alpha_i\geq 0,\ i=1,\ldots,N,\quad \sum_{i=1}^{N}\alpha_i y_i=0$

其中 $k\left(\mathbf{x},\mathbf{x}'\right)=\mathbf{x}^T\mathbf{x}'+\left(\mathbf{x}^T\mathbf{x}'\right)^2$。

4、 $\max\left(\sum_{i=1}^{N}\alpha_i-\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\alpha_i\alpha_j y_i y_j k\left(\mathbf{x}_i,\mathbf{x}_j\right)\right)$

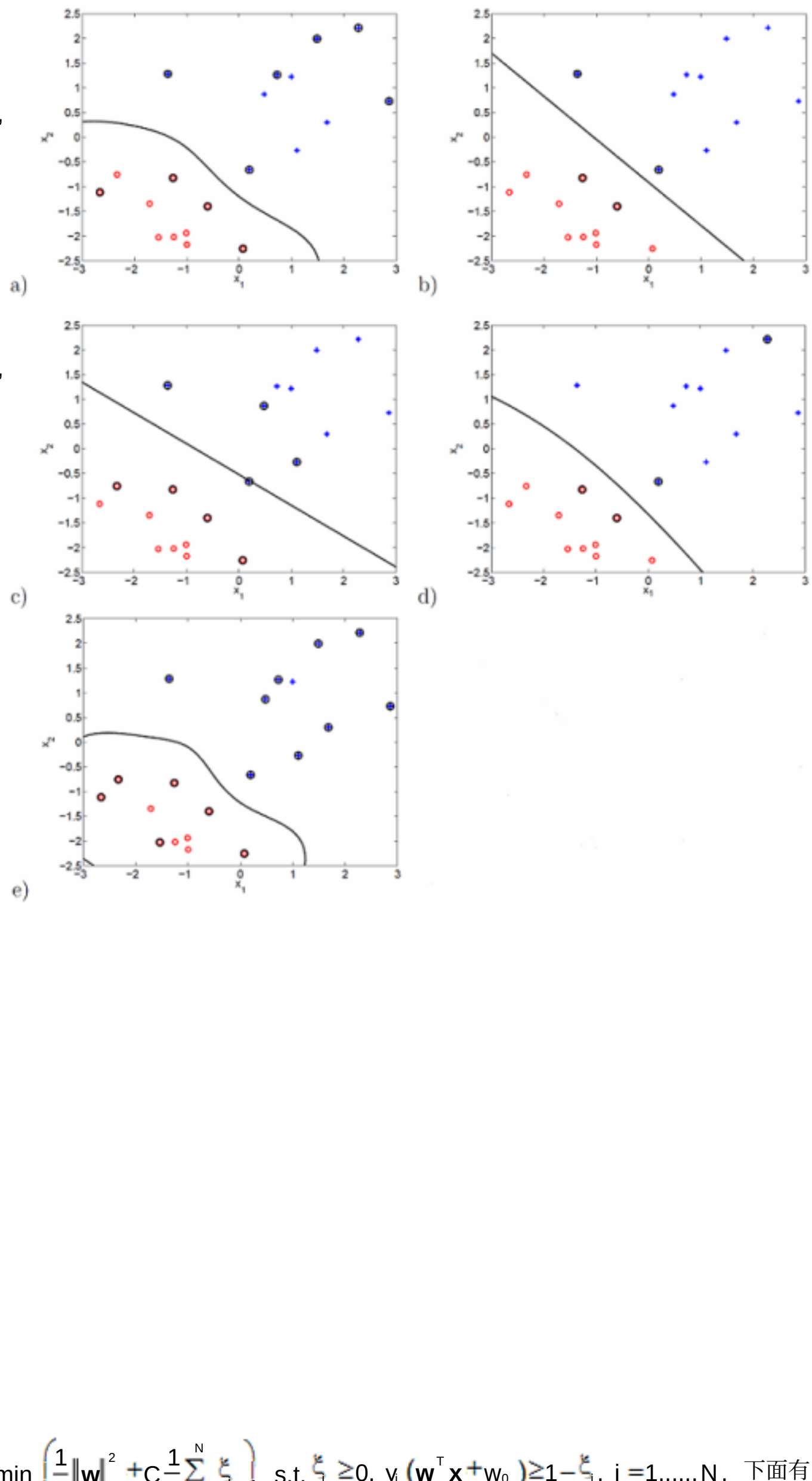
s.t. $\alpha_i\geq 0,\ i=1,\ldots,N,\quad \sum_{i=1}^{N}\alpha_i y_i=0$

其中 $k\left(\mathbf{x},\mathbf{x}'\right)=\exp\left(-\frac{1}{2}\|\mathbf{x}-\mathbf{x}'\|^2\right)$。

5、 $\max\left(\sum_{i=1}^{N}\alpha_i-\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\alpha_i\alpha_j y_i y_j k\left(\mathbf{x}_i,\mathbf{x}_j\right)\right)$

s.t. $\alpha_i\geq 0,\ i=1,\ldots,N,\quad \sum_{i=1}^{N}\alpha_i y_i=0$

其中 $k\left(\mathbf{x},\mathbf{x}'\right)=\exp\left(-\|\mathbf{x}-\mathbf{x}'\|^2\right)$。



6、考虑带松弛因子的线性 SVM 分类器： $\min\left(\frac{1}{2}\|\mathbf{w}\|^2+C\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{N}\xi_i\right)$, s.t. $\xi_i\geq 0,\ y_i\left(\mathbf{w}^T\mathbf{x}+w_0\right)\geq 1-\xi_i,\ i=1,\ldots,N$，下面有一些关于某些变量随参数 C 的增大而变化的表述。 如果表述总是成立， 标示“是”；如果表述总是不成立， 标示“否”；如果表述的正确性取决于 C 增大的具体情况，标示“不一定” 。

(1) w_0 不会增大

(2) $\|w\|^2$ 增大

(3) $\|w\|^2$ 不会减小

(4) 会有更多的训练样本被分错

(5) 间隔 (Margin) 不会增大

四、一个初学机器学习的朋友对房价进行预测。他在一个 N=1000 个房价数据的数据集上匹配了一个有 533 个参数的模型，该模型能解释数据集上 99% 的变化。

1、请问该模型能很好地预测来年的房价吗？简单解释原因。（5 分）

2、如果上述模型不能很好预测新的房价，请你设计一个合适的模型，给出模型的参数估计，并解释你的模型为什么是合理的。（10 分）