# 第4节 支持向量机实践

——线性决策面实例

# 4.1 线性最优分类面实例

**例子4.1：** 现有样本 $(X_i, y_i)$，$i = 1, 2, 3, 4$，如下：

$$X_1 = [x_{11}, x_{12}]^T = [0, 0]^T, y_1 = +1$$

$$X_2 = [x_{21}, x_{22}]^T = [1, 0]^T, y_2 = +1$$

$$X_3 = [x_{31}, x_{32}]^T = [2, 0]^T, y_3 = -1$$

$$X_4 = [x_{41}, x_{42}]^T = [0, 2]^T, y_4 = -1$$

如图4.1所示，求这些样本集的线性最优分类面。


图4.1 分成两类的例4.1样本集示意图

1) 用Fisher线性判别分析求解上述问题：

① 计算两类数据的平均值

输出 $y = +1$这类的平均值为( ½, 0 )；

输出 $y = -1$这类的平均值为 ( 1, 1 )。

② 计算两类数据的离差矩阵：

$$A = \begin{pmatrix} -1/2 & 0 \\ 1/2 & 0 \end{pmatrix} \qquad B = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix}$$

两类的离差矩阵分别为：

$$S_1 = A'A = \begin{pmatrix} 1/2 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \quad S_2 = B'B = \begin{pmatrix} 2 & -2 \\ -2 & 2 \end{pmatrix}$$

$$S = S_1 + S_2 = \begin{pmatrix} 2.5 & -2 \\ -2 & 2 \end{pmatrix}$$

③ 解线性方程组：

$$S\begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \overline{x}_1^0 - \overline{x}_1^1 \\ \overline{x}_2^0 - \overline{x}_2^1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/2-1 \\ 0-1 \end{pmatrix}$$

即

$$\begin{cases} 2.5c_1 - 2c_2 = -0.5 \\ -2c_1 + 2c_2 = -1 \end{cases}$$

得判别系数：

$$c_1 = -3 \qquad c_2 = -3.5$$

④ 根据计算结果，得判别函数为：

$$y = -3x_1 - 3.5x_2$$

⑤ 求出判别临界值：

输出$\boldsymbol{y} = +1$ 类的平均值对应的判别值：

$$\overline{y}_A = -3 \times 0.5 - 3.5 \times 0 = -1.5$$

输出$\boldsymbol{y} = -1$ 类的平均值对应的判别值为：

$$\overline{y}_B = -3 \times 1 - 3.5 \times 1 = -6.5$$

从而得到Fisher判别函数的临界值为：

$$y_0 = \frac{-1.5 \times 2 - 6.5 \times 2}{2+2} = -4$$

⑥ 最后，得到Fisher算法的分界面方程：

$$-3x_1 - 3.5x_2 + 4 = 0$$

2) 用支持向量机最优分界面求解：

① 分界面函数为：$g(x) = W \cdot X_i + b = 0$

根据统计学习理论，最优分类面的目标函数为：

$$f(W) = \frac{1}{2}(W \bullet W)$$

约束条件为：

$$y_i \cdot (W \cdot X_i + b) - 1 \geq 0$$

② 求带不等式约束的Lagrange函数及其极值：

$$L(W, b, \alpha) = \frac{1}{2}(W \bullet W) - \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \{ y_i [(W \cdot X_i) + b] - 1 \}$$

将上述Lagrange函数对参数 $W, b$ 取导，令其为0，有：

$$\begin{cases} \dfrac{\partial L}{\partial W} = W - \sum_{i=1}^{4} \alpha_i y_i X_i = 0 \\ \dfrac{\partial L}{\partial b} = \sum_{i=1}^{4} \alpha_i y_i = 0 \end{cases}$$

③ 原始优化问题转化为参数 $\alpha$ 的极值问题：

$$A(\alpha) = \sum_{i=1}^{4} \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{4} \sum_{j=1}^{4} \alpha_i \alpha_j y_i y_j X_i X_j$$

约束条件为：

$$\sum_{i=1}^{4} \alpha_i y_i = 0, \qquad \alpha_i \geq 0, \quad i = 1, 2, 3, 4$$

④ 把 $X_i$ 、$y_i$ 的值代入 $A(\alpha)$的表达式，后半部分为：

$$\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{4}\alpha_i\alpha_j y_i y_j X_i X_j$$

$$=(\alpha_1\cdot 1\cdot X_1+\alpha_2\cdot 1\cdot X_2+\alpha_3\cdot(-1)\cdot X_3+\alpha_4\cdot(-1)\cdot X_4)^2$$

$$=(\alpha_2 X_2-\alpha_3 X_3-\alpha_4 X_4)^2$$

$$=\alpha_2^2 X_2^2-\alpha_2\alpha_3 X_2 X_3-\alpha_2\alpha_4 X_2 X_4-\alpha_2\alpha_3 X_2 X_3$$

$$+\alpha_3^2 X_3^2+\alpha_3\alpha_4 X_3 X_4-\alpha_2\alpha_4 X_2 X_4+\alpha_3\alpha_4 X_3 X_4+\alpha_4^2 X_4^2$$

$$=\alpha_2^2 X_2^2-2\alpha_2\alpha_3 X_2 X_3-2\alpha_2\alpha_4 X_2 X_4+\alpha_3^2 X_3^2+2\alpha_3\alpha_4 X_3 X_4+\alpha_4^2 X_4^2$$

$$=\alpha_2^2\begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1\\0\end{bmatrix}-2\alpha_2\alpha_3\begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}2\\0\end{bmatrix}-2\alpha_2\alpha_4\begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\2\end{bmatrix}$$

$$+\alpha_3^2\begin{bmatrix}2 & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}2\\0\end{bmatrix}+2\alpha_3\alpha_4\begin{bmatrix}2 & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\2\end{bmatrix}+\alpha_4^2\begin{bmatrix}0 & 2\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\2\end{bmatrix}$$

$$=\alpha_2^2-4\alpha_2\alpha_3+4\alpha_3^2+4\alpha_4^2$$

从而有：

$$A(\alpha)=(\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3+\alpha_4)-\frac{1}{2}\left(\alpha_2^2-4\alpha_2\alpha_3+4\alpha_3^2+4\alpha_4^2\right)$$

⑤ 对 $A(\alpha)$ 求偏导，得到：

$$\begin{cases} \dfrac{\partial A(\alpha)}{\partial \alpha_1} = 1 \\ \dfrac{\partial A(\alpha)}{\partial \alpha_2} = 1 - \alpha_2 + 2\alpha_3 \\ \dfrac{\partial A(\alpha)}{\partial \alpha_3} = 1 + 2\alpha_2 - 4\alpha_3 \\ \dfrac{\partial A(\alpha)}{\partial \alpha_4} = 1 - 4\alpha_4 \end{cases}$$

令上述偏导为0，并考虑约束条件有：

$$\begin{cases} \alpha_1+\alpha_2-\alpha_3-\alpha_4=0 \\ \alpha_2-2\alpha_3=1 \\ -2\alpha_2+4\alpha_3=1 \\ 4\alpha_4=1 \end{cases}$$

从而有：

$$\begin{cases} \alpha_1+\alpha_2-\alpha_3=\dfrac{1}{4} & \textbf{(1)} \\ \alpha_2-2\alpha_3=1 & \textbf{(2)} \\ -2\alpha_2+4\alpha_3=1 & \textbf{(3)} \\ \alpha_4=\dfrac{1}{4} \end{cases}$$

上面的第(2)、(3)两个方程矛盾。

上面方程组可转化为两个方程组：

**(I)** $$\begin{cases} \alpha_1+\alpha_2-\alpha_3=\dfrac{1}{4} \\ \alpha_2-2\alpha_3=1 \end{cases}$$

**(II)** $$\begin{cases} \alpha_1+\alpha_2-\alpha_3=\dfrac{1}{4} \\ -2\alpha_2+4\alpha_3=1 \end{cases}$$

**(I)**方程组是一个三元一次方程组，参数只有两个，故有多个解。令 $\boldsymbol{\alpha}_1=\mathbf{0}$，则有：

$$\begin{cases} \alpha_2-\alpha_3=\dfrac{1}{4} \\ \alpha_2-2\alpha_3=1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \alpha_2-\alpha_3=\dfrac{1}{4} \\ \alpha_2-\alpha_3=1+\alpha_3 \end{cases}$$

求出$\alpha_3$=- 3/4。显然，这个结果和 $\alpha_i \geq 0$ 的函数设置要求矛盾，因此是无效的。

**(II)** 解方程组**(II)**：

$$\begin{cases} a_1 + \alpha_2 - \alpha_3 = \dfrac{1}{4} \\ -2\alpha_2 + 4\alpha_3 = 1 \end{cases}$$

在方程组(II)中，令 $\alpha_1 = 0$，有：

$$\begin{cases} \alpha_2 - \alpha_3 = \dfrac{1}{4} \\ \alpha_2 - 2\alpha_3 = \dfrac{1}{2} \end{cases}$$

从而有：$\alpha_3 = \dfrac{3}{4}$，以及：$\alpha_2 = 1$

最后有：

$$\alpha_1^* = 0, \alpha_2^* = 1, \alpha_3^* = \frac{3}{4}, \alpha_4^* = \frac{1}{4}$$

⑥ 求 $W$ 的最优值$W^*$：

$$W^* = \sum_{i=1}^{4} \alpha_i^* y_i X_i$$

$$= 0 \cdot 1 \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} + 1 \cdot 1 \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \frac{3}{4} \cdot (-1) \cdot \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \end{bmatrix} + \frac{1}{4} \cdot (-1) \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{3}{2} \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ -\frac{1}{2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

⑦ 求参数 $b$ 的最优值 $b^*$

$\alpha_2$、$\alpha_3$、$\alpha_4$ 的值都大于0，故其对应的样本 $X_2$、$X_3$、$X_4$都是支持向量。

从支持向量的约束条件： $y_i \cdot ( W \cdot X_i + b ) - 1 = 0$

因此，可以从两个不同类别的样本学习得到参数 $b$ 的估计值。

当 $y_i = +1$ 类时，有 $b^* = 1 - W^* \cdot X_i$ (4)

当 $y_j = -1$ 类时， 有 $b^* = -1 - W^* \cdot X_j$ (5)

合并公式(4)、(5)式，有：

$$b^* = -\frac{1}{2} W^* (X_i + X_j) \qquad (6)$$

其中： $X_i$ 是 +1 类的支持向量，$X_j$ 是 -1类的支持向量。

假设利用 $X_2$、$X_3$ 样本点来求取 $b^*$，则有：

$$b^* = -\frac{1}{2}W^*(X_2 + X_3)$$

$$= -\frac{1}{2}W^*\left(\begin{bmatrix}1\\0\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}2\\0\end{bmatrix}\right) = -\frac{1}{2}\begin{bmatrix}-\frac{1}{2} & -\frac{1}{2}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}3\\0\end{bmatrix} = \frac{3}{4}$$

⑧ 求最优分类面：

$$d(X) = W^*X + b^*$$

$$== \left[-\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right]\begin{bmatrix}x_1\\x_2\end{bmatrix} + \frac{3}{4} = -\frac{1}{2}x_1 - \frac{1}{2}x_2 + \frac{3}{4} = 0$$

从而有：$d(x) = 3 - 2x_1 - 2x_2 = 0$，该结果如图4.2所示。

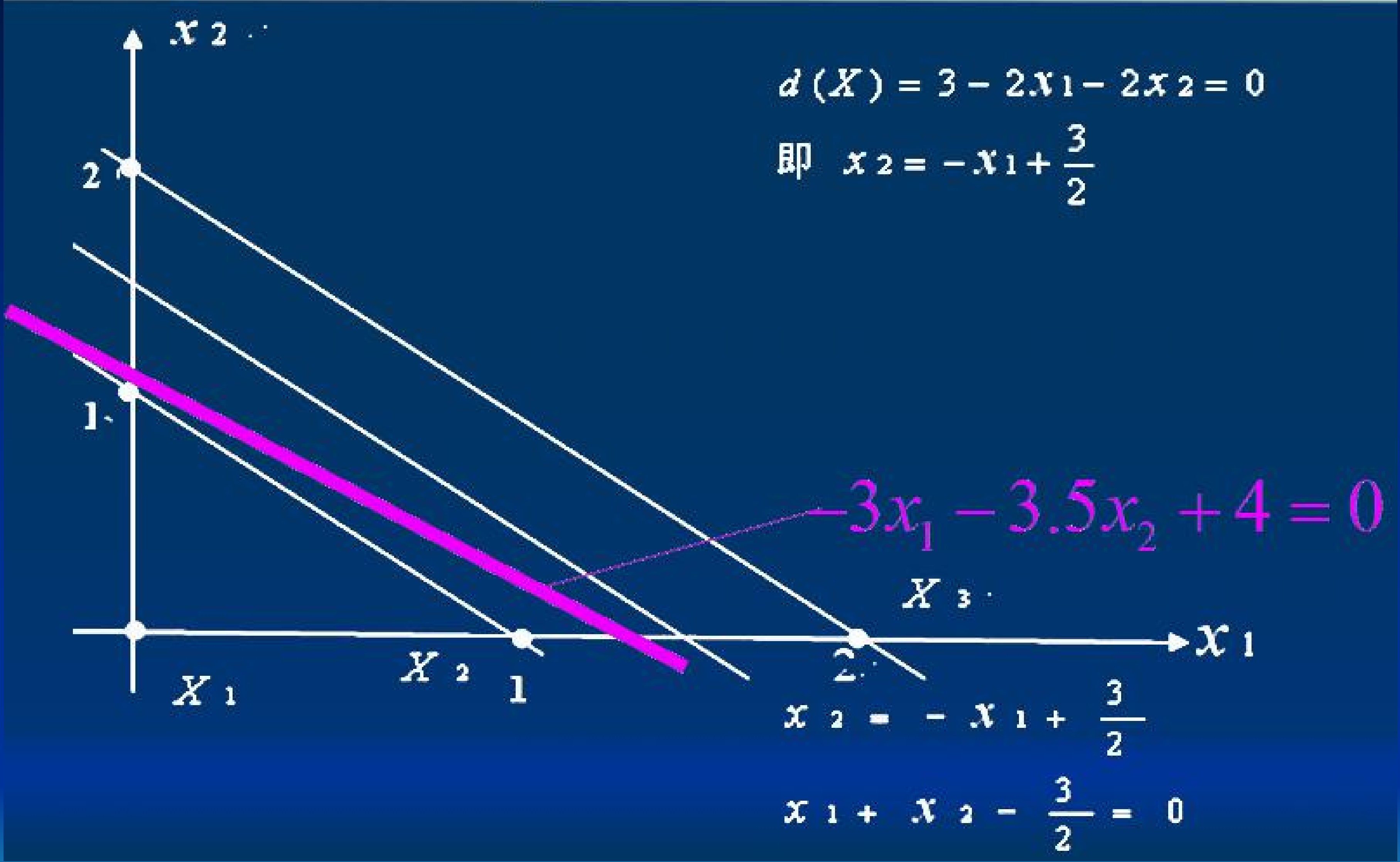


图4.2 Fisher线性分类器和最优分界面示意图

- Fisher准则法得到的结果与最佳分界面求解得到的结果比较，可以发现：

- Fisher准则得到的结果是“次优”，而非“最优”。这与Fisher算法的“小样本问题”和“次优性问题”有关。

**例4.2** 如果添加一个数据点，如下所示：

$$X_1 = [x_{11},\ x_{12}]^{\mathrm{T}} = [0,\ 0]^{\mathrm{T}},\quad y_1 = +1$$

$$X_2 = [x_{21},\ x_{22}]^{\mathrm{T}} = [1,\ 0]^{\mathrm{T}},\quad y_2 = +1$$

$$X_3 = [x_{31},\ x_{32}]^{\mathrm{T}} = [0,\ 1]^{\mathrm{T}},\quad y_3 = +1$$

$$X_4 = [x_{41},\ x_{42}]^{\mathrm{T}} = [2,\ 0]^{\mathrm{T}},\quad y_4 = -1$$

$$X_5 = [x_{51},\ x_{52}]^{\mathrm{T}} = [0,\ 2]^{\mathrm{T}},\quad y_5 = -1$$

数据分布如图4.3所示，用Fisher法求解线性分类面。

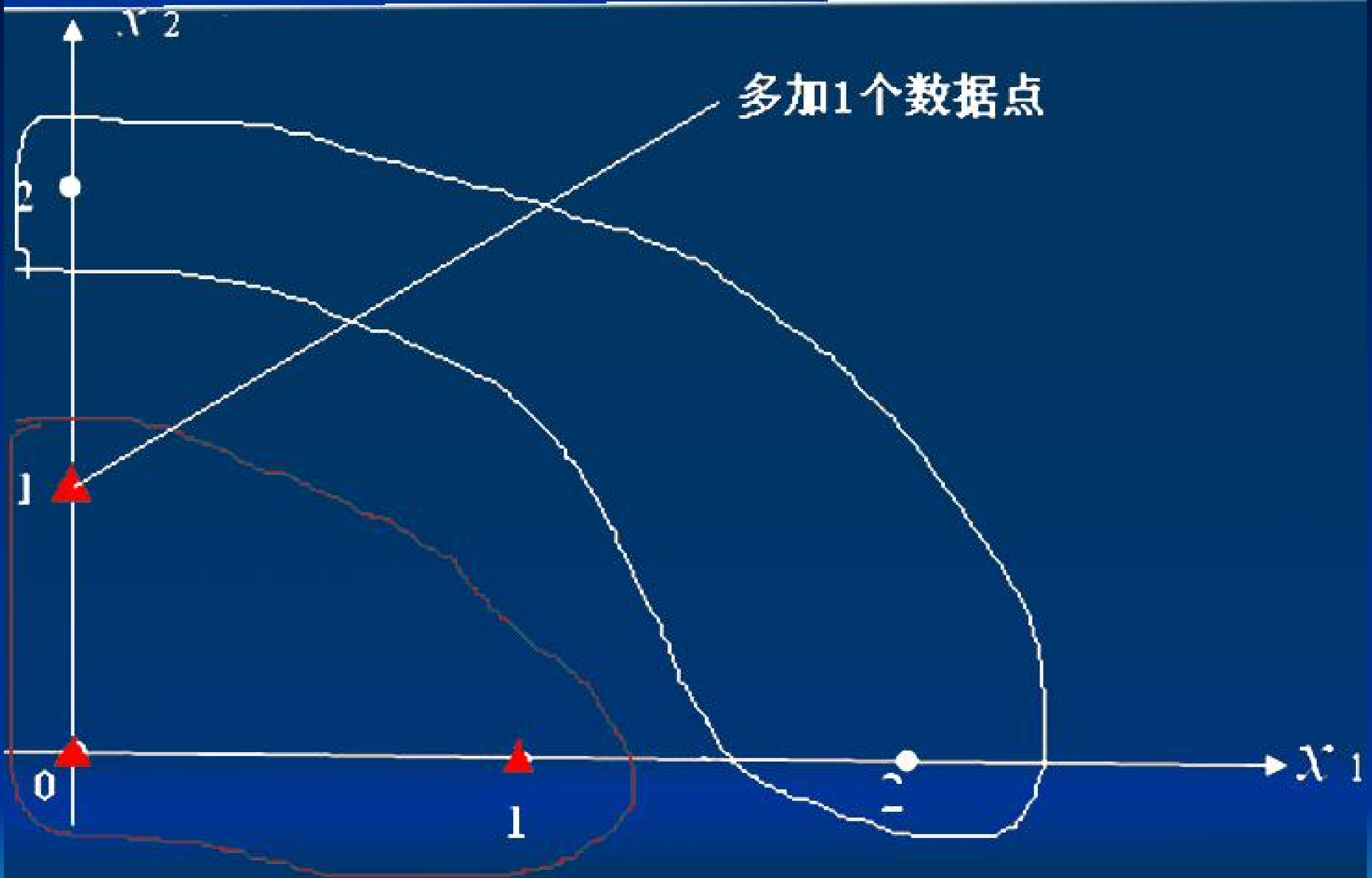


图4.3 添加一个数据点后的数据示意图

1) 求出类内平均值：

输出 $y = +1$ 类的平均值为 ( 1/3, 1/3 )；

输出 $y = -1$ 类的平均值为 ( 1, 1 )。

2) 求解两类数据的离差矩阵：

$$A = \begin{pmatrix} -1/3 & -1/3 \\ 2/3 & -1/3 \\ -1/3 & 2/3 \end{pmatrix} \qquad B = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix}$$

两类的离差矩阵分别为：

$$S_1 = A'A = \begin{pmatrix} 2/3 & -1/3 \\ -1/3 & 2/3 \end{pmatrix} \quad S_2 = B'B = \begin{pmatrix} 2 & -2 \\ -2 & 2 \end{pmatrix}$$

$$S = S_1 + S_2 = \begin{pmatrix} 2\frac{2}{3} & -2\frac{1}{3} \\ -2\frac{1}{3} & 2\frac{2}{3} \end{pmatrix}$$

## 3) 求解Fisher线性方程组：

$$S\begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \overline{x}_1^0 - \overline{x}_1^1 \\ \overline{x}_2^0 - \overline{x}_2^1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/3-1 \\ 1/3-1 \end{pmatrix}$$

即

$$\begin{cases} \dfrac{8}{3}c_1 - \dfrac{7}{3}c_2 = -\dfrac{2}{3} \\ -\dfrac{7}{3}c_1 + \dfrac{8}{3}c_2 = -\dfrac{2}{3} \end{cases}$$

得判别系数： $\boldsymbol{c_1 = c_2 = -2}$

**4) 得判别函数为：**

$$y=-2x_1-2x_2$$

**5) 判别临界值求解：**

**输出 $y=+1$ 类的平均值对应的判别值：**

$$\bar{y}_A=\frac{1}{3}\times(-2)+\frac{1}{3}\times(-2)=-\frac{4}{3}$$

**输出 $y=-1$ 类的平均值对应的判别值：**

$$\bar{y}_B=-2\times1-2\times1=-4$$

从而Fisher判别函数的临界值为：

$$y_0 = \frac{-\frac{4}{3}\times 2 - 4\times 2}{2+2} = -\frac{8}{3}$$

6) 最后，得到Fisher算法的分界面方程：

$$-2x_1 - 2x_2 + \frac{8}{3} = 0 \quad \text{即}: -x_1 - x_2 + \frac{4}{3} = 0$$

该结果与最优分类面的比较如图4.4所示。

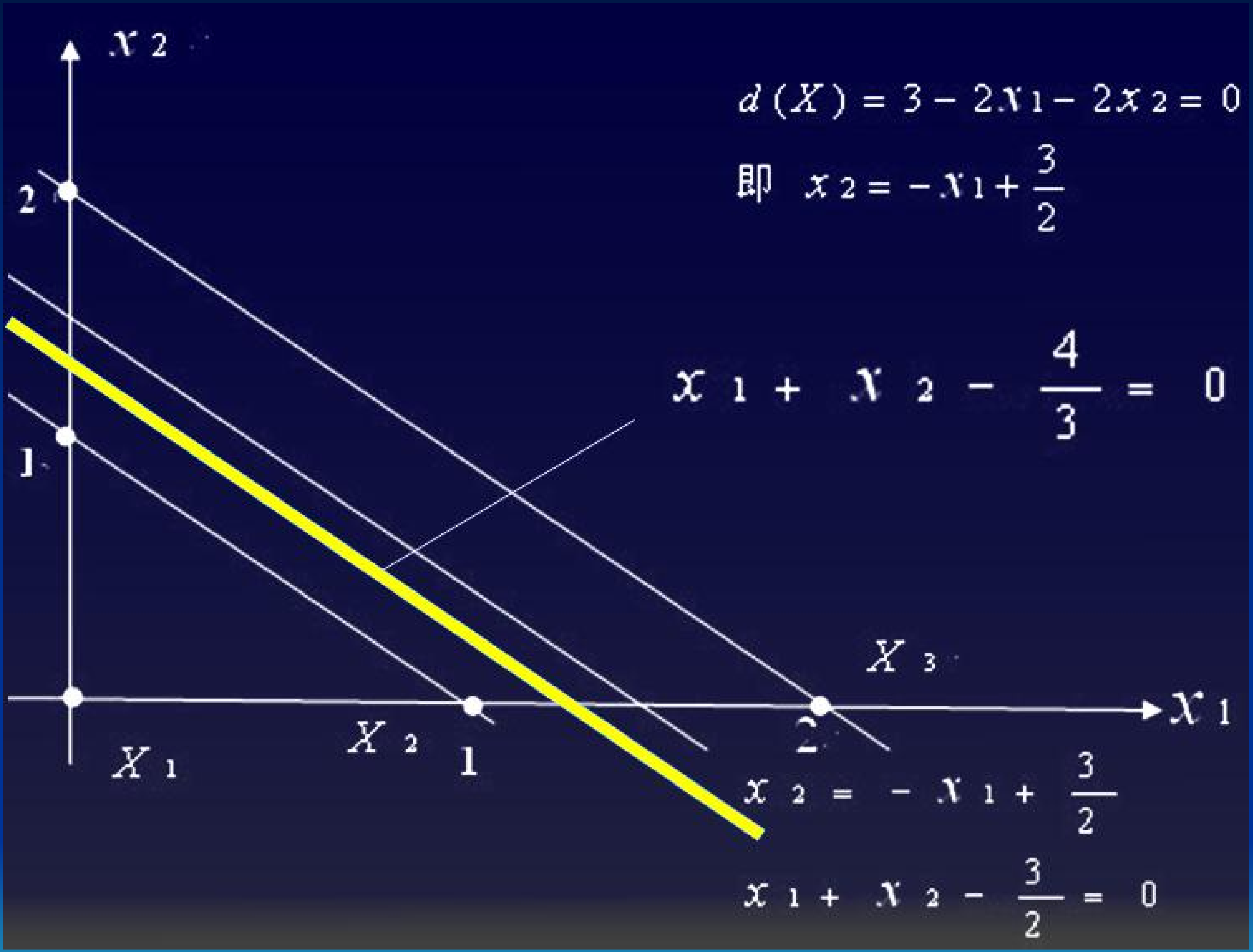


图4.4 添加一个数据点后的Fisher分类面示意图

**例4.3：** 现有样本 ( $X_i$， $y_i$ )， $i = 1, 2, 3, 4$ 如下：

$X_1 = [0, 0]^T$， $y_1 = +1$；  $X_3 = [3, 0]^T$， $y_3 = -1$；

$X_2 = [0, 1]^T$， $y_2 = +1$；  $X_4 = [0, 3]^T$， $y_4 = -1$。

求该样本集的SVM最优分类面。

解：1) 求 $A(\alpha)$ 的函数表达式：

$$A(\alpha) = \sum_{i=1}^{4} \alpha_i - \frac{1}{2}\left(\sum_{i=1}^{4} \alpha_i y_i X_i\right)^2$$

其中：

$$\left(\sum_{i=1}^{4} \alpha_i y_i X_i\right)^2 = \left(\alpha_1 \cdot 1 \cdot X_1 + \alpha_2 \cdot 1 \cdot X_2 + \alpha_3 \cdot (-1) \cdot X_3 + \alpha_4 \cdot (-1) \cdot X_4\right)^2$$

$$=\left(\alpha_1 X_1+\alpha_2 X_2-\alpha_3 X_3-\alpha_4 X_4\right)^2$$

$$=\left(\alpha_2 X_2-\alpha_3 X_3-\alpha_4 X_4\right)^2$$

$$=\alpha_2^2 X_2^2-2\alpha_2\alpha_3 X_2 X_3-2\alpha_2\alpha_4 X_2 X_4+\alpha_3^2 X_3^2+2\alpha_3\alpha_4 X_3 X_4+\alpha_4^2 X_4^2$$

$$=\alpha_2^2\begin{bmatrix}0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\1\end{bmatrix}-2\alpha_2\alpha_3\begin{bmatrix}0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}3\\0\end{bmatrix}-2\alpha_2\alpha_4\begin{bmatrix}0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\3\end{bmatrix}$$

$$+\alpha_3^2\begin{bmatrix}3 & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}3\\0\end{bmatrix}+2\alpha_3\alpha_4\begin{bmatrix}3 & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\3\end{bmatrix}+\alpha_4^2\begin{bmatrix}0 & 3\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\3\end{bmatrix}$$

$$=\alpha_2^2-6\alpha_2\alpha_4+9\alpha_3^2+9\alpha_4^2$$

2) 对 $A(\alpha)$ 求导，并令其为0，得到：

$$
\begin{cases}
\dfrac{\partial A(\alpha)}{\partial \alpha_1} = 1 \\
\dfrac{\partial A(\alpha)}{\partial \alpha_2} = 1 - \dfrac{1}{2}(2\alpha_2 - 6\alpha_4) = 0 \\
\dfrac{\partial A(\alpha)}{\partial \alpha_3} = 1 - \dfrac{1}{2}(18\alpha_3) = 0 \\
\dfrac{\partial A(\alpha)}{\partial \alpha_4} = 1 - \dfrac{1}{2}(-6\alpha_2 + 18\alpha_4) = 0
\end{cases}
$$

3) 求解 $\alpha$：

$$\begin{cases} \alpha_1+\alpha_2-\alpha_3-\alpha_4=0 & (1) \\ 1-\alpha_2+3\alpha_4=0 & (2) \\ 1-9\alpha_3=0 & (3) \\ 1+3\alpha_2-9\alpha_4=0 & (4) \end{cases}$$

由公式 (3) 得到： $\alpha_3=\dfrac{1}{9}$

上面方程组中(2)、(4)是矛盾方程，分解成2个方程组：

$$\text{(I)}\quad \begin{cases} \alpha_1+\alpha_2-\alpha_3-\alpha_4=0 \\ 1-\alpha_2+3\alpha_4=0 \\ 1-9\alpha_3=0 \end{cases} \qquad \text{(II)}\quad \begin{cases} \alpha_1+\alpha_2-\alpha_3-\alpha_4=0 \\ 1+3\alpha_2-9\alpha_4=0 \\ 1-9\alpha_3=0 \end{cases}$$

解方程组(I)：

$$\begin{cases} \alpha_1+\alpha_2-\alpha_3-\alpha_4=0 \\ \alpha_2-3\alpha_4=1 \\ 1-9\alpha_3=0 \end{cases}$$

**3 个方程求解4个未知数，因此会有不止一组解。**

取 $\boldsymbol{\alpha_1=0}$，解出：$\alpha_1=0,\alpha_2=-\dfrac{3}{9},\alpha_3=\dfrac{1}{9},\alpha_4=-\dfrac{4}{9}$

其中：　$\boldsymbol{\alpha_2<0}$，$\boldsymbol{\alpha_4<0}$

不满足 $\alpha_i\geq 0$ 的要求，故解无效。

解方程组(II)：

$$\begin{cases} \alpha_1+\alpha_2-\alpha_3-\alpha_4=0 \\ 1+3\alpha_2-9\alpha_4=0 \\ 1-9\alpha_3=0 \end{cases}$$

同方程组(I)，方程组(II)也是3 个方程求解4个未知数，因此会有不止一组解。取 $\alpha_1=0$，解出：

$$\alpha_1^*=0,\alpha_2^*=\frac{1}{3},\alpha_3^*=\frac{1}{9},\alpha_4^*=\frac{2}{9}$$

满足 $\alpha_i \geq 0$ 的要求，故为有效解。

**4) 求最优权向量 $W^*$：**

$$W^* = \sum_{i=1}^{4} \alpha_i^* y_i X_i$$

$$= \frac{1}{3}\cdot(+1)\cdot\begin{bmatrix}0\\1\end{bmatrix} + \frac{1}{9}\cdot(-1)\cdot\begin{bmatrix}3\\0\end{bmatrix} + \frac{2}{9}\cdot(-1)\cdot\begin{bmatrix}0\\3\end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix}0\\+\frac{1}{3}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}-\frac{1}{3}\\0\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}0\\-\frac{3}{2}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}-\frac{1}{3}\\-\frac{1}{3}\end{bmatrix}$$

**5) 求最优截距 *b* * ：**

$$b^* = -\frac{1}{2}W^*(X_i + X_j)$$

$$= -\frac{1}{2}\begin{bmatrix} -\frac{1}{3} & -\frac{1}{3} \end{bmatrix}\left(\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 3 \\ 0 \end{bmatrix}\right)$$

$$= -\frac{1}{2}\begin{bmatrix} -\frac{1}{3} & -\frac{1}{3} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 3 \\ 1 \end{bmatrix} = \frac{2}{3}$$

6) 求最优分类面方程：

$$d(X)=W^{*}\cdot X+b^{*}$$
$$=\left[-\frac{1}{3}\quad -\frac{1}{3}\right]\begin{bmatrix}x_1\\x_2\end{bmatrix}+\frac{2}{3}$$
$$=-\frac{1}{3}x_1-\frac{1}{3}x_2+\frac{2}{3}$$
$$=-x_1-x_2+2$$

即： $d(X)=x_1+x_2-2=0$

最优分界面结果如图4.5所示。

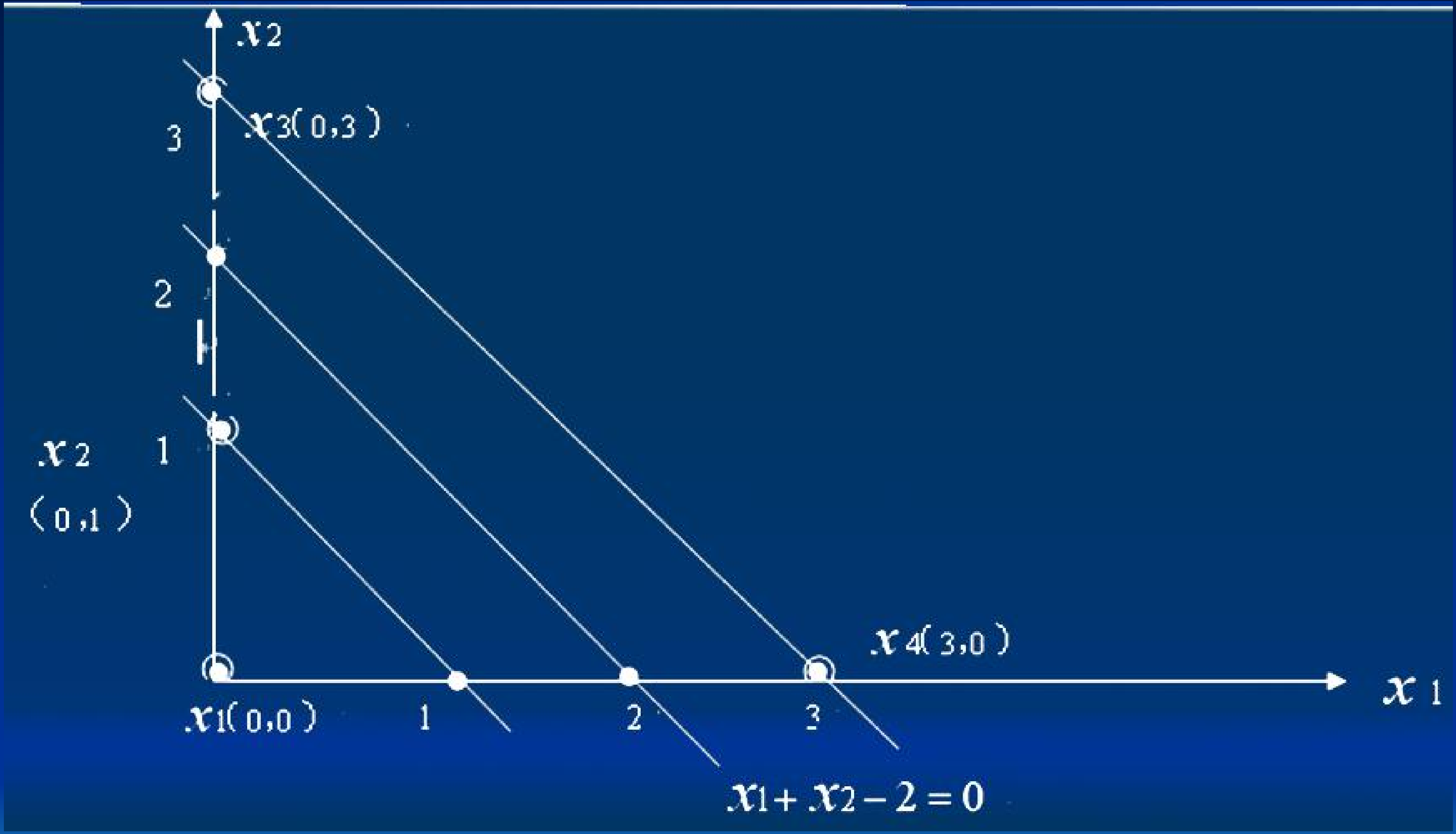


图4.5 例4.3最优分类面结果示意图

# 4.2 SVM的matlab工具

## 4.2.1 matlab高级版本中自带的SVM函数

matlab版本为matlab 7.6.0 ( R2008a ) 这个版本中已经自带SVM算法，分别在生物信息工具箱( bioinformatics toolbox )中 svmclassify 函数和 svmtrain 函数，为前后顺序关系。

- SVMStruct= svmtrain ( Training, Group )

% svmtrain的输入为样本点 training 和样本的分类标签 group ， 输出为一个分类器 svmstruct。

•**Training**：

训练集矩阵，每一行对应一个样本 ( 观察量 )，每一列对应一个特征( 属性、变量 )。

•**Group**：

训练集标签 ( 二分类问题标签 )，可以是一个数值列向量、字符向量或者元胞字符串向量，将训练集中的数据分成两类，标签数目需要与Training中的行数相同，即标签数目需要与样本数目相同，Group中的每一个元素指定了在Training相应行数所代表的样本所属的类别。

- 核函数、核参数、和计算方法等都是可选的，如：

SVMStruct = svmtrain(…, ‘Kernel_Function’, Kernel_FunctionValue, …)

核函数选项如下：

'linear'--默认选项，线性核函数。

'quadratic'--二次核函数。

'rbf'--高斯径向基核函数，默认的scaling因子sigma = 1。

'polynomial'--多项式核函数，默认次数为3。

'mlp'--多层感知机核函数，默认scale和bias参数[1,-1]。

- SVMStruct—— 是一个结构体包含训练得到的支持向量机分类器的相关信息，有以下一些域 ( fields ):

SupportVectors

Alpha

Bias

KernelFunction

KernelFunctionArgs

GroupNames

SupportVectorIndices

ScaleData

FigureHandles

- 然后，将分类器和测试样本testing sample带入svmclassify中，可以得到分类结果和准确度:

**classes = svmclassify (svmStruct , data(test,:), ’showplot’ , true);**

% 输出检测样本点的分类结果，且画图表示。

# 代码实例：

- %载入测试数据，Fisher‘s iris数据

```
load fisheriris        %提取训练集和测试集
data = [meas(:,1), meas(:,2)];
groups = ismember(species,'setosa');
[train, test] = crossvalind('holdOut',groups);
cp = classperf(groups);
```

## 4.2.2 代码实例：

1) 利用 svmtrain 建立支持向量机分类器

```
svmStruct =
svmtrain(data(train,:),groups(train),‘showplot’,true)
title(sprintf(‘Kernel Function: %s’,...
func2str(svmStruct.KernelFunction)),...
‘interpreter’,‘none’);
```

运行结果如图4.6所示。

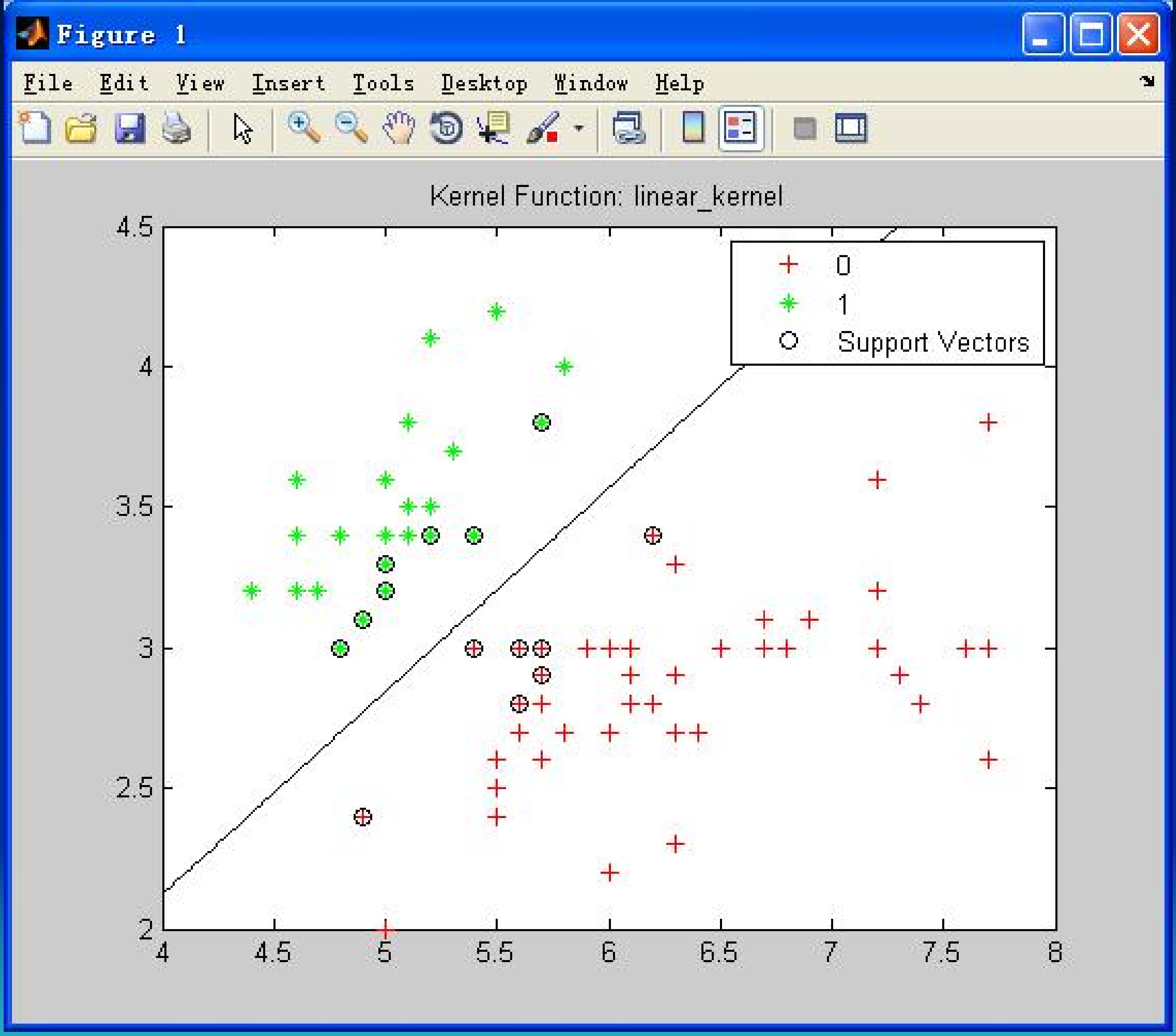


图4.6 matlab的svmtrain函数运行结果示意图

2) %利用得到的svmStruct来进行预测

```
classes = svmclassify(svmStruct,data(test,:),'showplot',true);
classperf(cp,classes,test);
cp.CorrectRate
ans =
0.9867
```

# 习题：

- 有两类样本集：

$X_1^1 = [0\ 0\ 0]^T$,　　$X_1^2 = [1\ 0\ 0]^T$,　　$X_1^3 = [1\ 0\ 1]^T$；

$X_{-1}^1 = [0\ 0\ 1]^T$,　　$X_{-1}^2 = [0\ 1\ 0]^T$,　　$X_{-1}^3 = [0\ 1\ 1]^T$。

试分别用**Fisher**线性判别方法和**SVM**最优界面法给出这两类样本的分类面。