Ejercicios Tema 7

Percepción

Curso 2019/2020

1. Dado un problema de clasificación en dos clases $\{+1,-1\}$ con el siguiente conjunto de entrenamiento $X=\{\mathbf{x}_1,\mathbf{x}_2,\mathbf{x}_3,\mathbf{x}_4\}$, donde $\mathbf{x}_1=(0,2)\in\{-1\}$, $\mathbf{x}_2=(1,0)\in\{+1\}$, $\mathbf{x}_3=(2,1)\in\{-1\}$, $\mathbf{x}_4=(3,3)\in\{+1\}$.

   Se dispone de los siguientes 8 clasificadores débiles $g_0,...,g_7$ definidos como sigue:

   $$g_i(\mathbf{z})=\begin{cases} s & \text{si } z_1>t \\ -s & \text{en otro caso}\end{cases} \qquad \#z_1 \text{ es la primera componente de } \mathbf{z}$$

   donde el punto de corte $t=\lfloor i/2\rfloor+1/2$, y

   $$s=\begin{cases} 1 & \text{si } i \text{ es par} \\ -1 & \text{en otro caso}\end{cases}$$

   Realiza una traza del algoritmo Adaboost para m=3

2. Sean las siguientes muestras y clasificadores:

   $\mathbf{x}_1=(0,0)\in+1 \qquad \mathbf{x}_2=(2,2)\in-1 \qquad \mathbf{x}_3=(1,2)\in+1 \qquad \mathbf{x}_4=(0,1)\in-1 \qquad \mathbf{x}_5=(-1,1)\in+1$

   $$g_1(\mathbf{z})=\begin{cases}+1 & z_1>0\\ -1 & z_1\le 0\end{cases} \quad g_2(\mathbf{z})=\begin{cases}+1 & z_2>1\\ -1 & z_2\le 1\end{cases} \quad g_3(\mathbf{z})=\begin{cases}+1 & z_2-z_1>0\\ -1 & z_2-z_1\le 0\end{cases} \quad g_4(\mathbf{z})=\begin{cases}+1 & z_1+z_2\le 3\\ -1 & z_1+z_2>3\end{cases}$$

   Aplica una iteración de AdaBoost para ese conjunto de datos y clasificadores indicando:

   a) Clasificador escogido C_1
   b) Valor de ϵ_1
   c) Valor de α_1
   d) Actualización de los pesos para la siguiente iteración ($w^{(2)}$)

3. Sean las siguientes muestras y clasificadores:

   $\mathbf{x}_1=(1,1)\in+1 \qquad \mathbf{x}_2=(2,1)\in-1 \qquad \mathbf{x}_3=(2,2)\in+1 \qquad \mathbf{x}_4=(1,3)\in-1$

   $$g_1(\mathbf{z})=\begin{cases}+1 & z_1\le 1{,}5\\ -1 & z_1>1{,}5\end{cases} \quad g_2(\mathbf{z})=\begin{cases}+1 & z_2\le 1{,}5\\ -1 & z_2>1{,}5\end{cases} \quad g_3(\mathbf{z})=\begin{cases}+1 & z_1+z_2>4\\ -1 & z_1+z_2\le 4\end{cases} \quad g_4(\mathbf{z})=\begin{cases}+1 & z_2-z_1\le 1\\ -1 & z_2-z_1>1\end{cases}$$

   Aplicar una iteración de AdaBoost para ese conjunto de datos y clasificadores indicando:

   a) Clasificador escogido C_1
   b) Valor de ϵ_1
   c) Valor de α_1
   d) Actualización de los pesos para la siguiente iteración ($w^{(2)}$)

4. Sean las siguientes muestras y clasificadores:

   $\mathbf{x}_1=(1,2)\in+1 \qquad \mathbf{x}_2=(-1,-1)\in+1 \qquad \mathbf{x}_3=(2,0)\in-1 \qquad \mathbf{x}_4=(-2,1)\in-1$

   $$g_1(\mathbf{z})=\begin{cases}+1 & z_1\ge 0\\ -1 & z_1<0\end{cases} \quad g_2(\mathbf{z})=\begin{cases}+1 & z_2\ge 0\\ -1 & z_2<0\end{cases} \quad g_3(\mathbf{z})=\begin{cases}+1 & z_1+z_2>2\\ -1 & z_1+z_2\le 2\end{cases} \quad g_4(\mathbf{z})=\begin{cases}+1 & z_2-z_1\ge 0\\ -1 & z_2-z_1<0\end{cases}$$

Tras aplicar una primera iteración de AdaBoost se elige $C_1 = g_3$, con $\alpha_1 = \frac{1}{2}\ln 3$, y los pesos se actualizan a $w^{(2)} = \left(\frac{1}{6}, \frac{3}{6}, \frac{1}{6}, \frac{1}{6}\right)$. Se pide aplicar una segunda iteración de AdaBoost para ese conjunto de datos y clasificadores indicando:

a) Clasificador escogido C_2.
b) Valor de ϵ_2.
c) Valor de α_2.
d) Actualización de los pesos para la siguiente iteración ($w^{(3)}$).

5. Sean las siguientes muestras y clasificadores:

$\mathbf{x}_1 = (0,0) \in -1 \qquad \mathbf{x}_2 = (0,1) \in -1 \qquad \mathbf{x}_3 = (1,0) \in -1 \qquad \mathbf{x}_4 = (1,1) \in +1$

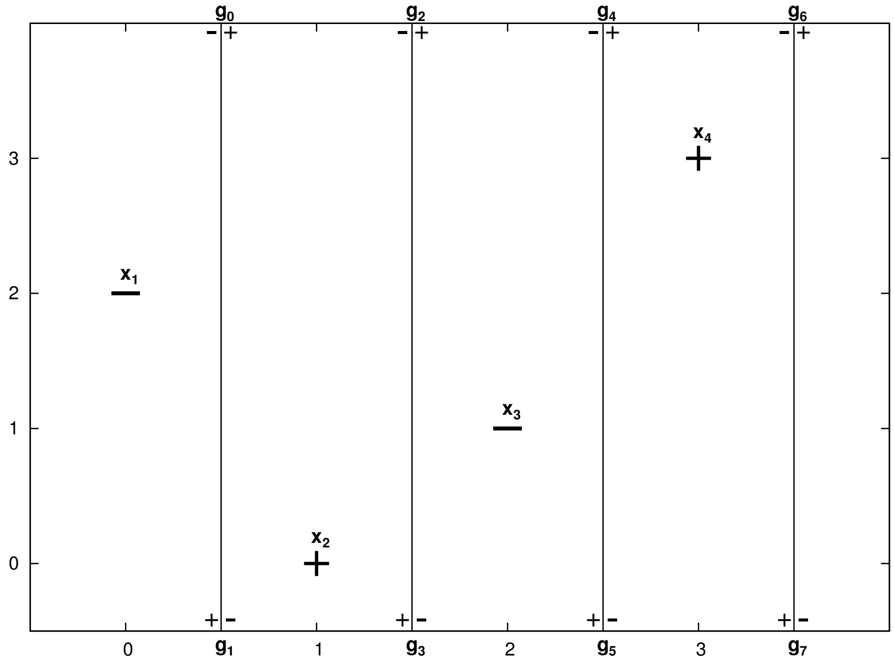
$$g_0(\mathbf{z}) = \begin{cases} +1 & z_1 \geq 0{,}5 \\ -1 & z_1 < 0{,}5 \end{cases} \quad g_1(\mathbf{z}) = \begin{cases} -1 & z_1 \geq 0{,}5 \\ +1 & z_1 < 0{,}5 \end{cases} \quad g_2(\mathbf{z}) = \begin{cases} +1 & z_2 \geq 0{,}5 \\ -1 & z_2 < 0{,}5 \end{cases} \quad g_3(\mathbf{z}) = \begin{cases} -1 & z_2 \geq 0{,}5 \\ +1 & z_2 < 0{,}5 \end{cases}$$

Tras aplicar una primera iteración de AdaBoost se elige $C_1 = g_3$, con $\alpha_1 = \frac{1}{2}\ln 3$, y los pesos se actualizan a $w^{(2)} = \left(\frac{1}{6}, \frac{3}{6}, \frac{1}{6}, \frac{1}{6}\right)$. Se pide aplicar una segunda iteración de AdaBoost para ese conjunto de datos y clasificadores indicando:

a) Clasificador escogido C_2.
b) Valor de ϵ_2.
c) Valor de α_2.
d) Actualización de los pesos para la siguiente iteración ($w^{(3)}$).

Soluciones

1. La representación gráfica de los clasificadores débiles definidos es la siguiente:



Primeramente, se realiza la inicialización con pesos iguales para cada muestra:

	$w^{(1)}$
$\mathbf{x}_1$	$\frac{1}{4}$
$\mathbf{x}_2$	$\frac{1}{4}$
$\mathbf{x}_3$	$\frac{1}{4}$
$\mathbf{x}_4$	$\frac{1}{4}$

1ª iteración Se calcula el error de cada clasificador débil teniendo el peso de cada muestra:

	$\epsilon^{(1)}$
	$\mathbf{x}_1$ $\mathbf{x}_2$ $\mathbf{x}_3$ $\mathbf{x}_4$
g_0	$0+0+\frac{1}{4}+0=\frac{1}{4}$
g_1	$\frac{1}{4}+\frac{1}{4}+0+\frac{1}{4}=\frac{3}{4}$
g_2	$0+\frac{1}{4}+\frac{1}{4}+0=\frac{2}{4}$
g_3	$\frac{1}{4}+0+0+\frac{1}{4}=\frac{2}{4}$
g_4	$0+\frac{1}{4}+0+0=\frac{1}{4}$
g_5	$\frac{1}{4}+0+\frac{1}{4}+\frac{1}{4}=\frac{3}{4}$
g_6	$0+\frac{1}{4}+0+\frac{1}{4}=\frac{2}{4}$
g_7	$\frac{1}{4}+0+\frac{1}{4}+0=\frac{2}{4}$

Observamos que hay un empate en error entre el clasificador g_0 y g_4, seleccionamos el clasificador $C_1 = g_0$ de manera arbitrárea, y calculamos su peso en esta iteración α_1

$m = 1 \to C_1 = g_0 \quad \epsilon_1 = \frac{1}{4} \quad \alpha_1 = \frac{1}{2}\, ln\left(\frac{1-\frac{1}{4}}{\frac{1}{4}}\right) = 0{,}5493$

Empezamos a construir el clasificador resultante, ponderando el clasificador débil $C_1 = g_0$ por su peso α_1 y también podemos calcular el error de este clasificador resultante sobre el conjunto de entrenamiento.

$G(\mathbf{x}) = \alpha_1\, C_1(\mathbf{x}) = 0{,}5493 \cdot g_0(\mathbf{x}) \;\to\;$ Error $= 0{,}25$

Actualizamos el peso de cada muestra para la siguiente iteración:

	$w^{(1)}$	$w^{(2)}$
$\mathbf{x}_1$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} \cdot e^{-0,5493} \approx \frac{1}{6}$
$\mathbf{x}_2$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} \cdot e^{-0,5493} \approx \frac{1}{6}$
$\mathbf{x}_3$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} \cdot e^{0,5493} \approx \frac{3}{6}$
$\mathbf{x}_4$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} \cdot e^{-0,5493} \approx \frac{1}{6}$

2ª iteración Calculamos el error de cada clasificador teniendo en cuenta los nuevos pesos de cada muestra:

	$\epsilon^{(1)}$	$\epsilon^{(2)}$
	$\mathbf{x}_1\ \mathbf{x}_2\ \mathbf{x}_3\ \mathbf{x}_4$	$\mathbf{x}_1\ \mathbf{x}_2\ \mathbf{x}_3\ \mathbf{x}_4$
g_0	$0+0+\frac{1}{4}+0=\frac{1}{4}$	$0+0+\frac{3}{6}+0=\frac{3}{6}$
g_1	$\frac{1}{4}+\frac{1}{4}+0+\frac{1}{4}=\frac{3}{4}$	$\frac{1}{6}+\frac{1}{6}+0+\frac{1}{6}=\frac{3}{6}$
g_2	$0+\frac{1}{4}+\frac{1}{4}+0=\frac{2}{4}$	$0+\frac{1}{6}+\frac{3}{6}+0=\frac{4}{6}$
g_3	$\frac{1}{4}+0+0+\frac{1}{4}=\frac{2}{4}$	$\frac{1}{6}+0+0+\frac{1}{6}=\frac{2}{6}$
g_4	$0+\frac{1}{4}+0+0=\frac{1}{4}$	$0+\frac{1}{6}+0+0=\frac{1}{6}$
g_5	$\frac{1}{4}+0+\frac{1}{4}+\frac{1}{4}=\frac{3}{4}$	$\frac{1}{6}+0+\frac{3}{6}+\frac{1}{6}=\frac{5}{6}$
g_6	$0+\frac{1}{4}+0+\frac{1}{4}=\frac{2}{4}$	$0+\frac{1}{6}+0+\frac{1}{6}=\frac{2}{6}$
g_7	$\frac{1}{4}+0+\frac{1}{4}+0=\frac{2}{4}$	$\frac{1}{6}+0+\frac{3}{6}+0=\frac{4}{6}$

El clasificador de mínimo de error con los nuevos pesos es $C_2 = g_4$ y calculamos su peso α_2:

$m = 2 \to C_2 = g_4 \quad \epsilon_2 = \frac{1}{6} \quad \alpha_2 = \frac{1}{2}\, ln\left(\frac{1-\frac{1}{6}}{\frac{1}{6}}\right) = 0{,}8047$

Añadimos un nuevo término $0{,}8047 \cdot g_4(\mathbf{x})$ al clasificador resultante $G(\mathbf{x})$ y estimamos su error en el conjunto de entrenamiento:

$G(\mathbf{x}) = \alpha_1\, C_1(\mathbf{x}) + \alpha_2\, C_2(\mathbf{x}) = 0{,}5493 \cdot g_0(\mathbf{x}) + 0{,}8047 \cdot g_4(\mathbf{x}) \ \to\ \text{Error} = 0{,}25$

Actualizamos el peso de cada muestra para la siguiente iteración:

	$w^{(1)}$	$w^{(2)}$	$w^{(3)}$
$\mathbf{x}_1$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} \cdot e^{-0,5493} \approx \frac{1}{6}$	$\frac{1}{6} \cdot e^{-0,8047} \approx \frac{1}{10}$
$\mathbf{x}_2$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} \cdot e^{-0,5493} \approx \frac{1}{6}$	$\frac{1}{6} \cdot e^{0,8047} \approx \frac{5}{10}$
$\mathbf{x}_3$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} \cdot e^{0,5493} \approx \frac{3}{6}$	$\frac{3}{6} \cdot e^{-0,8047} \approx \frac{3}{10}$
$\mathbf{x}_4$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} \cdot e^{-0,5493} \approx \frac{1}{6}$	$\frac{1}{6} \cdot e^{-0,8047} \approx \frac{1}{10}$

3ª iteración Calculamos el error de cada clasificador teniendo en cuenta los nuevos pesos de cada muestra:

	$\epsilon^{(1)}$	$\epsilon^{(2)}$	$\epsilon^{(3)}$
	$\mathbf{x}_1\ \mathbf{x}_2\ \mathbf{x}_3\ \mathbf{x}_4$	$\mathbf{x}_1\ \mathbf{x}_2\ \mathbf{x}_3\ \mathbf{x}_4$	$\mathbf{x}_1\ \mathbf{x}_2\ \mathbf{x}_3\ \mathbf{x}_4$
g_0	$0+0+\frac{1}{4}+0=\frac{1}{4}$	$0+0+\frac{3}{6}+0=\frac{3}{6}$	$0+0+\frac{3}{10}+0=\frac{3}{10}$
g_1	$\frac{1}{4}+\frac{1}{4}+0+\frac{1}{4}=\frac{3}{4}$	$\frac{1}{6}+\frac{1}{6}+0+\frac{1}{6}=\frac{3}{6}$	$\frac{1}{10}+\frac{5}{10}+0+\frac{1}{10}=\frac{6}{10}$
g_2	$0+\frac{1}{4}+\frac{1}{4}+0=\frac{2}{4}$	$0+\frac{1}{6}+\frac{3}{6}+0=\frac{4}{6}$	$0+\frac{5}{10}+\frac{3}{10}+0=\frac{8}{10}$
g_3	$\frac{1}{4}+0+0+\frac{1}{4}=\frac{2}{4}$	$\frac{1}{6}+0+0+\frac{1}{6}=\frac{2}{6}$	$\frac{1}{10}+0+0+\frac{1}{10}=\frac{2}{10}$
g_4	$0+\frac{1}{4}+0+0=\frac{1}{4}$	$0+\frac{1}{6}+0+0=\frac{1}{6}$	$0+\frac{5}{10}+0+0=\frac{5}{10}$
g_5	$\frac{1}{4}+0+\frac{1}{4}+\frac{1}{4}=\frac{3}{4}$	$\frac{1}{6}+0+\frac{3}{6}+\frac{1}{6}=\frac{5}{6}$	$\frac{1}{10}+0+\frac{3}{10}+\frac{1}{10}=\frac{5}{10}$
g_6	$0+\frac{1}{4}+0+\frac{1}{4}=\frac{2}{4}$	$0+\frac{1}{6}+0+\frac{1}{6}=\frac{2}{6}$	$0+\frac{5}{10}+0+\frac{1}{10}=\frac{6}{10}$
g_7	$\frac{1}{4}+0+\frac{1}{4}+0=\frac{2}{4}$	$\frac{1}{6}+0+\frac{3}{6}+0=\frac{4}{6}$	$\frac{1}{10}+0+\frac{3}{10}+0=\frac{4}{10}$

El clasificador de mínimo de error con los nuevos pesos es $C_2 = g_3$ y calculamos su peso α_3:

$m = 3 \to C_2 = g_3 \quad \epsilon_2 = \frac{2}{10} \quad \alpha_2 = \frac{1}{2}\, ln\left(\frac{1-\frac{2}{10}}{\frac{2}{10}}\right) = 0{,}6931$

Añadimos un nuevo término al clasificador resultante y el error en el conjunto de entrenamiento es cero:

$G(\mathbf{x}) = 0{,}5493 \cdot g_0(\mathbf{x}) + 0{,}8047 \cdot g_4(\mathbf{x}) + 0{,}6931 \cdot g_3(\mathbf{x}) \ \rightarrow$ Error $= 0{,}0$

Aunque ya no sería necesario, actualizamos el peso de cada muestra:

	$w^{(1)}$	$w^{(2)}$	$w^{(3)}$	$w^{(4)}$
$\mathbf{x}_1$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} \cdot e^{-0{,}5493} \approx \frac{1}{6}$	$\frac{1}{6} \cdot e^{-0{,}8047} \approx \frac{1}{10}$	$\frac{1}{10} \cdot e^{0{,}6931} \approx 0{,}25$
$\mathbf{x}_2$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} \cdot e^{-0{,}5493} \approx \frac{1}{6}$	$\frac{1}{6} \cdot e^{0{,}8047} \approx \frac{5}{10}$	$\frac{5}{10} \cdot e^{-0{,}6931} \approx 0{,}3125$
$\mathbf{x}_3$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} \cdot e^{0{,}5493} \approx \frac{3}{6}$	$\frac{3}{6} \cdot e^{-0{,}8047} \approx \frac{3}{10}$	$\frac{3}{10} \cdot e^{-0{,}6931} \approx 0{,}1875$
$\mathbf{x}_4$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} \cdot e^{-0{,}5493} \approx \frac{1}{6}$	$\frac{1}{6} \cdot e^{-0{,}8047} \approx \frac{1}{10}$	$\frac{1}{10} \cdot e^{0{,}6931} \approx 0{,}25$

2. (Examen Recuperación Junio 2017)

Tabla de acierto/fallo:

	g_1	g_2	g_3	g_4
$\mathbf{x}_1$	X	X	X	✓
$\mathbf{x}_2$	X	X	✓	✓
$\mathbf{x}_3$	✓	✓	✓	✓
$\mathbf{x}_4$	✓	✓	X	X
$\mathbf{x}_5$	X	X	✓	✓

Pesos iniciales: $w^{(1)} = \left(\frac{1}{5}, \frac{1}{5}, \frac{1}{5}, \frac{1}{5}, \frac{1}{5}\right)$

Error de clasificación ponderado por $w^{(1)}$:

g_1	g_2	g_3	g_4
$\frac{3}{5}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{5}$

$C_1 = g_4$
$\epsilon_1 = \frac{1}{5}$
$\alpha_1 = \frac{1}{2}\ln 4 = \ln 2$

	$w^{(1)} \exp(-y_i \alpha_1 C_1(\mathbf{x}_i))$
$\mathbf{x}_1$	$\frac{1}{10}$
$\mathbf{x}_2$	$\frac{1}{10}$
$\mathbf{x}_3$	$\frac{1}{10}$
$\mathbf{x}_4$	$\frac{2}{5} = \frac{4}{10}$
$\mathbf{x}_5$	$\frac{1}{10}$
Suma total	$\frac{4}{5} = \frac{8}{10}$

$w^{(2)} = (\frac{1}{8}, \frac{1}{8}, \frac{1}{8}, \frac{1}{2}, \frac{1}{8})$

3. (Examen Junio 2017)

Tabla de acierto/fallo:

	g_1	g_2	g_3	g_4
$\mathbf{x}_1$	✓	✓	X	✓
$\mathbf{x}_2$	✓	X	✓	X
$\mathbf{x}_3$	X	X	X	✓
$\mathbf{x}_4$	X	✓	✓	✓

Pesos iniciales: $w^{(1)} = \left(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}\right)$

Error de clasificación ponderado por $w^{(1)}$:

g_1	g_2	g_3	g_4
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$

$C_1 = g_4$
$\epsilon_1 = \frac{1}{4}$
$\alpha_1 = \frac{1}{2}\ln 3$

	$w^{(1)} \exp(-y_i \alpha_1 C_1(\mathbf{x}_i))$
$\mathbf{x}_1$	$\frac{1}{4\sqrt{3}}$
$\mathbf{x}_2$	$\frac{\sqrt{3}}{4}$
$\mathbf{x}_3$	$\frac{1}{4\sqrt{3}}$
$\mathbf{x}_4$	$\frac{1}{4\sqrt{3}}$
Suma total	$\frac{\sqrt{3}}{2}$

$w^{(2)} = (\frac{1}{6}, \frac{1}{2}, \frac{1}{6}, \frac{1}{6})$

4. (Examen Junio 2018)

Tabla de acierto/fallo:

	g_1	g_2	g_3	g_4
$\mathbf{x}_1$	✓	✓	✓	✓
$\mathbf{x}_2$	X	X	X	✓
$\mathbf{x}_3$	X	X	✓	✓
$\mathbf{x}_4$	✓	X	✓	X

Pesos: $w^{(2)} = \left(\frac{1}{6}, \frac{3}{6}, \frac{1}{6}, \frac{1}{6}\right)$

Error de clasificación ponderado por $w^{(2)}$:

g_1	g_2	g_3	g_4
$\frac{4}{6}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{1}{6}$

$C_2 = g_4$
$\epsilon_2 = \frac{1}{6}$
$\alpha_2 = \frac{1}{2}\ln 5$

	$w^{(1)} \exp(-y_i \alpha_2 C_2(x_i))$
$\mathbf{x}_1$	$\frac{1}{6\sqrt{5}}$
$\mathbf{x}_2$	$\frac{3}{6\sqrt{5}}$
$\mathbf{x}_3$	$\frac{1}{6\sqrt{5}}$
$\mathbf{x}_4$	$\frac{\sqrt{5}}{6}$
Suma total	$\frac{\sqrt{5}}{3}$

$w^{(3)} = (\frac{1}{10}, \frac{3}{10}, \frac{1}{10}, \frac{5}{10})$

5. (Examen Recuperación P2 Junio 2018)

	$\epsilon^{(2)}$
	$\mathbf{x}_1\ \mathbf{x}_2\ \mathbf{x}_3\ \mathbf{x}_4$
g_0	$0 + 0 + \frac{1}{6} + 0 = \frac{1}{6}$
g_1	$\frac{1}{6} + \frac{3}{6} + 0 + \frac{1}{6} = \frac{5}{6}$
g_2	$0 + \frac{3}{6} + 0 + 0 = \frac{3}{6}$
g_3	$\frac{1}{6} + 0 + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{3}{6}$

$m = 2 \rightarrow C_2 = g_0 \quad \epsilon_2 = \frac{1}{6} \quad \alpha_2 = \frac{1}{2}\ \ln\left(\frac{1-\frac{1}{6}}{\frac{1}{6}}\right) = \frac{1}{2}\ \ln 5$

$G(\mathbf{x}) = \alpha_1\, C_1(\mathbf{x}) + \alpha_2\, C_2(\mathbf{x}) = \frac{1}{2}\ \ln 3 \cdot g_3(\mathbf{x}) + \frac{1}{2}\ \ln 5 \cdot g_0(\mathbf{x}) \ \rightarrow\ \text{Error} = 0{,}25$

	$w^{(2)} \cdot \exp(-y_i \alpha_2 C_2(x_i))$	$w^{(3)}$
$\mathbf{x}_1$	$\frac{1}{6} \cdot e^{-\frac{1}{2}\ \ln 5} = \frac{1}{6\sqrt{5}}$	$\frac{1}{18}$
$\mathbf{x}_2$	$\frac{3}{6} \cdot e^{\frac{1}{2}\ \ln 5} = \frac{15}{6\sqrt{5}}$	$\frac{15}{18}$
$\mathbf{x}_3$	$\frac{1}{6} \cdot e^{-\frac{1}{2}\ \ln 5} = \frac{1}{6\sqrt{5}}$	$\frac{1}{18}$
$\mathbf{x}_4$	$\frac{1}{6} \cdot e^{-\frac{1}{2}\ \ln 5} = \frac{1}{6\sqrt{5}}$	$\frac{1}{18}$
Suma	$\frac{18}{6\sqrt{5}}$	