

Cinvestav

Uso de la coherencia en la selección de electrodos para la clasificación de señales de electroencefalografía

Rocio Salazar Varas, Dania Gutiérrez Ruiz,
CINVESTAV, Unidad Monterrey

Resumen

En este trabajo se busca determinar una combinación de tres sensores con la que sea posible discriminar señales de electroencefalografía (EEG) provenientes de diferentes estados mentales. Para ello, estudiamos la conectividad entre diferentes regiones cerebrales midiendo la coherencia de las señales de EEG. A partir de las coherencias entre los sensores seleccionados se obtuvo el vector de características que se utilizó en el proceso de clasificación. La clasificación se realizó mediante el discriminante no lineal de Fisher donde el mejor plano de discriminación fue seleccionado en función de maximizar el área bajo la curva ROC (Receiver Operating Characteristics). Mediante ejemplos numéricos demostramos la aplicabilidad del método propuesto utilizando una base de datos reales provenientes de la competencia internacional de interfaz cerebro-computadora 2004.

Coherencia

Definido $x_m(t)$ como el registro de EEG en el sensor $m = 1, 2, \dots, M$, para los instantes de tiempo $t = 1, 2, \dots, N$. La coherencia entre las señales $x_i(t)$ y $x_j(t)$ está dada por

$$\gamma_{ij}^2(f) = \frac{|P_{ij}(f)|^2}{P_i(f)P_j(f)}, \quad (1)$$

donde

$P_{ij}(f)$ es el espectro cruzado de las señales $x_i(t)$ y $x_j(t)$,
 $P_i(f)$, $P_j(f)$ son los autoespectros de cada una de las señales,

Calculando las coherencias dentro de una red de tres sensores (denominados como A, B y C), se puede obtener el vector de características, \mathbf{y} , por medio de (1)

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} \gamma_{AB}^2(f_s) \\ \gamma_{AC}^2(f_s) \\ \gamma_{BC}^2(f_s) \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Clasificación

El discriminante no lineal de Fisher permite establecer los límites necesarios para clasificar los vectores de características procedentes de diferentes clases. Para el caso de dos clases, el plano de discriminación es calculado mediante el vector normal

$$\mathbf{v} = (\beta\{\hat{R}_{yy}\}_1 + (1 - \beta)\{\hat{R}_{yy}\}_2)^{-1}(\{\bar{\mathbf{y}}\}_2 - \{\bar{\mathbf{y}}\}_1), \quad (3)$$

donde

$\{\hat{R}_{yy}\}_i$ es la matriz de covarianza de las clases $i=1,2$,
 $\{\bar{\mathbf{y}}\}_i$ es la media de cada clase ($i=1,2$),
 β es un factor de ajuste en el rango $[0,1]$.

La función de discriminación puede ser escrita como

$$D = \mathbf{v}^T \mathbf{y} + v_o \quad (4)$$

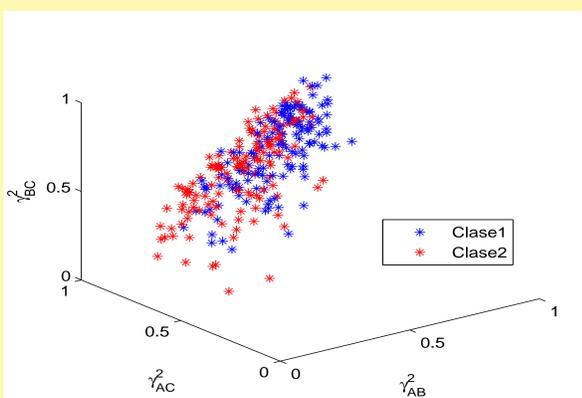
Finalmente, la regla de discriminación está dada por

$$\begin{aligned} \text{if } D > 0 \quad \mathbf{y} &\in \text{Class 1,} \\ \text{otherwise } \mathbf{y} &\in \text{Class 2.} \end{aligned} \quad (5)$$

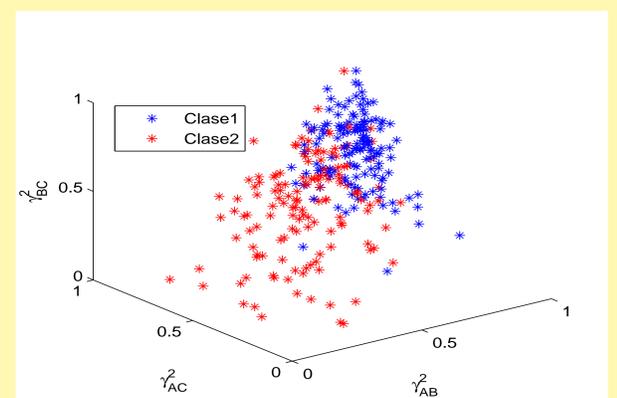
Método propuesto

- Evaluación de la significancia estadística de la coherencia para la seleccionar la red de sensores óptima.
- Selección de la frecuencia en la que existe diferencia entre las coherencias generadas para diferentes tareas.
- Obtención del vector de características a partir de las coherencias en la red de sensores seleccionada.
- Clasificación de los vectores de características mediante el discriminante no lineal de Fisher.

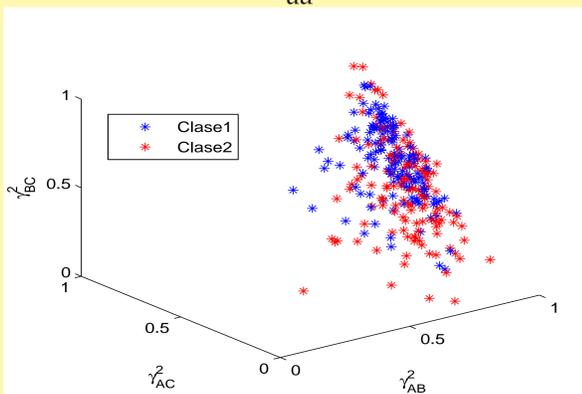
Ejemplo: datos de la competencia internacional BCI



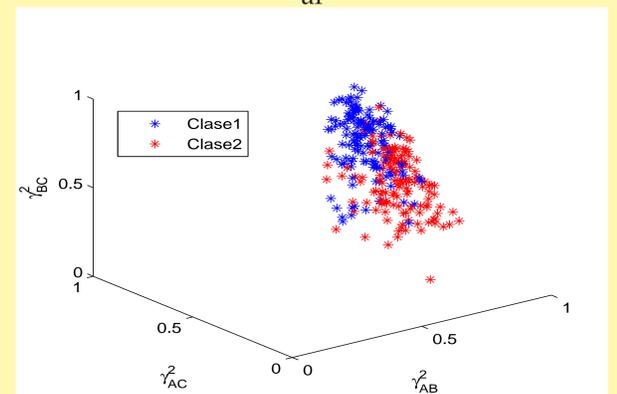
aa



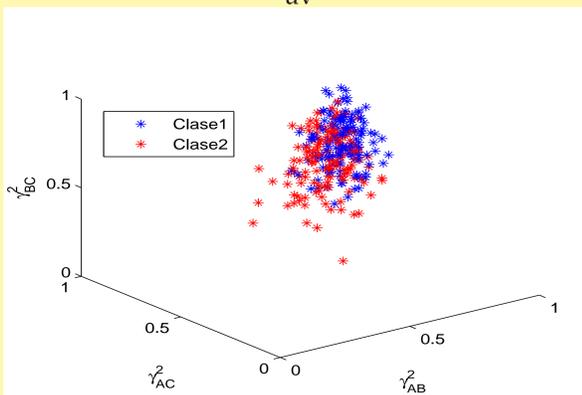
al



av



aw



ay

Sujeto	Area	Area CSP
aa	0.783 ± 0.026	0.813 ± 0.049
al	0.945 ± 0.013	0.958 ± 0.031
av	0.732 ± 0.030	0.694 ± 0.027
aw	0.884 ± 0.020	0.841 ± 0.022
ay	0.771 ± 0.030	0.861 ± 0.038

Área bajo la curva ROC

Conclusiones

- Se presentó un método mediante el cual es posible elegir una red óptima de sensores capaz de discriminar entre señales de EEG provenientes de dos diferentes estados mentales.
- Se realizó la clasificación de señales de EEG mediante un método basado en las coherencias entre las mediciones de una red de sensores.
- La aplicabilidad del método fue comprobada mediante una serie de ejemplos numéricos con datos reales de EEG.