

Un Mecanismo de Regresión de Autorregulación Cerebral a través de SVR

Luis Orellana Altamirano.

Universidad de Santiago de Chile. Departamento de Ingeniería Informática
Avenida Ecuador #3659. Estación Central, Santiago de Chile., Chile
luis.orellana.a@usach.cl
fernando.cabrera.ga@usach.cl

Abstracto.

En el área de la medicina existe una gran variedad de temas de interés científico que cuentan con diversas investigaciones apoyadas por las técnicas de inteligencia computacional. Una de ellas es la autorregulación cerebral (AC), la que es posible definir como el mecanismo responsable de mantener el flujo sanguíneo relativamente constante en el cerebro a pesar de los cambios en la presión arterial en el rango de 60-150 mm de Hg[1]. En el siguiente trabajo de investigación se aborda la pregunta ¿De que manera es posible determinar el deterioro de la autorregulación cerebral en un individuo? Para abordar esta pregunta, es propuesto el uso de la técnica Support Vector Regression para identificar en las muestras de dos sujetos distintos cuál de ellos presenta su autorregulación deteriorada producto del CO_2 .

Palabras Clave: SVR, Autorregulación cerebral, PAM, VFSC.

1 Introducción

El objetivo principal del presente estudio es identificar a partir de las muestras de PAM y VFSC de dos sujetos si es que su autorregulación se encuentra deteriorado producto determinada por la exposición a CO_2 .

La elevación anormal en la concentración de dióxido de carbono en la sangre arterial es conocida como hipercapnia. Es importante considerar que causa una marcada dilatación de las arterias y arteriolas cerebrales y un aumento del flujo sanguíneo. La disminución del dióxido de carbono disuelto en la sangre es llamada hipocapnia. Provoca constricción y disminución del flujo sanguíneo [2].

Cabe destacar que el CO_2 tiene un efecto potente como vasodilatador lo que es demostrado por el hallazgo de que en humanos el 5% de inhalación de CO_2 provoca un aumento en el flujo sanguíneo cerebral en un 50% y la inhalación de CO_2 en un 7% provoca un aumento del 100% del flujo sanguíneo cerebral [3].

1.1 Método de Minería de Datos

La finalidad del estudio es la obtención de conocimiento, por lo que será utilizada la técnica de Support Vector Regression (SVR). En este caso, la idea es seleccionar el hiperplano regresor que mejor se ajuste al conjunto de datos de entrenamiento. Para esto no se disponen de clases para separar. La idea se basa en considerar una distancia margen ε , de modo que esperamos que todos los ejemplos se encuentren en una banda o tubo entorno al hiperplano, es decir, que disten una cantidad menor de ε del hiperplano. A la hora de definir el hiperplano, sólo se consideran los ejemplos que disten más de ε de nuestro hiperplano. En este caso, esos ejemplos serán los considerados como vectores de soporte [4]. La idea principal es siempre la misma: minimizar el error, individualizar el hiperplano que maximiza el margen, teniendo en cuenta que se tolera parte del error.

Las funciones de kernel (RBF usada para este caso) transforman los datos en un espacio de características dimensionales más altas para posibilitar el hiperplano que caracterice mejor a la mayor dispersión de las instancias. Para ellos se hace uso del plano de Hilbert, el cual permite la multiplicación matricial en un plano aumentado de dimensiones. Las ecuaciones para ello son:

$$y = \sum_{i=1}^N (\alpha_i - \alpha_i^*) \cdot \langle \varphi(x_i), \varphi(x) \rangle + b$$

$$y = \sum_{i=1}^N (\alpha_i - \alpha_i^*) \cdot K(x_i, x) + b$$

1.2 Información de las Variables y el Dataset en Estudio

Entendemos por presión arterial media (PAM) la presión de perfusión de órganos corporales. Los valores que son considerados como normales para esta variable se encuentran en el rango de 60-150 mm de Hg. Para valores de presión inferiores a 60 mm de Hg es posible encontrarse frente a un cuadro de isquemia, en cambio para valores superiores a 150 mm de Hg podría presentarse un cuadro de edema vasogénico.[5].

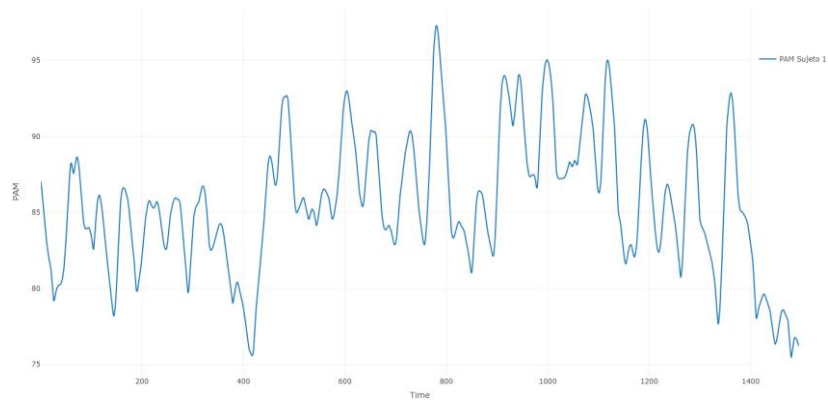
La variable VFSC corresponde a la velocidad de flujo sanguíneo cerebral (suministro de sangre al cerebro en un momento dado) el cual es medido en la unidad de cm/s.

Con respecto al dataset, es posible mencionar que la cantidad de muestras recolectadas para el sujeto 1 corresponden a 1496 instancias. Para el caso del sujeto 2 tenemos que la cantidad de instancias es de 1549.

1.3 Comportamiento de la Señal Original

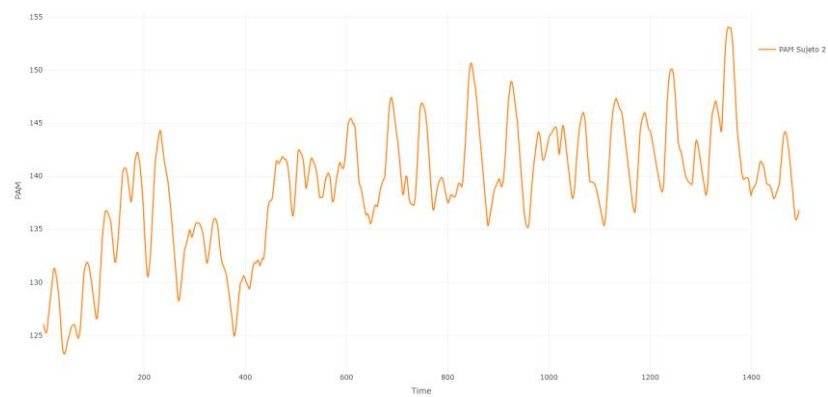
Las señales que con las que se dispone, son interpretadas como la presión arterial media y la velocidad del flujo sanguínea cerebral dada la exposición del sujeto a un determinado volumen de CO₂, lo cual provoca una vasoconstricción u aumento del PAM. Para un paciente sin patologías asociadas, sus valores del PAM deben estar dentro de márgenes normales anteriormente mencionados.

Imagen 1. Señal original del sujeto 1.



En la imagen 1 se grafica el PAM del primer sujeto donde se puede observar levemente la autorregulación sanguínea. En la segunda imagen, se observa al sujeto dos, donde es posible determinar que el PAM supera los valores normales, lo cual como se verá en las próximas secciones, reafirma los resultados obtenidos para cada uno de los sujetos.

Imagen 2. Señal original del sujeto 2.



1.4 Procedimiento de Ajuste del Modelo

Debido a que es necesario evitar al sujeto de prueba a pasar por procedimientos que podrían dañar su salud, se crea una serie de modelos SVR utilizando kernel radial, ordenados por correlación de Pearson con la señal original (la señal original fue normalizada entre cero y uno). La combinación de parámetros e hiper-parámetros empleados para generar los modelos corresponde a una matriz combinatorial de largo 23.120. Los rangos de parámetros son detallados en la tabla 1. Luego de obtener la lista de modelos ordenados por correlación, se predice el comportamiento del sujeto expuesto a CO₂, a un escalón que simula el comportamiento de autorregulación cerebral incorrecta utilizando un modelo FIR no lineal.

Tabla 1. Rangos de parámetros para generar modelos de señales originales.

	Costo	Nu	Gamma	Lag
Rango	$2^{-4} a 2^{12}$	0.1 a 1.0	$2^{-4} a 2^{12}$	1 a 8

El escalón utilizado va de valores entre cero y uno, y esta suavizado con el fin de obtener resultados analizables.

1.5 Validación cruzada balanceada

Con respecto al proceso de validación cruzada balanceada, los datos de cada sujeto fueron divididos en conjuntos de entrenamiento y validación, porcentualmente cada uno de ellos corresponde al 50% de los datos. Luego de esta acción, es aplicado el entrenamiento y validación para ambos sujetos, almacenando sus datos de correlación. Posteriormente es aplicado el proceso invirtiendo los conjuntos de datos (para cada caso son generados 23120 modelos), obteniendo los siguientes resultados presentados en la Tabla 2:

Tabla 2. Resultados de correlación obtenidos en la validación cruzada balanceada.

	Entrenamiento	Validación	Correlación test
Sujeto 1	A	B	0,56
Sujeto 1	B	A	0,37
Sujeto 2	A	B	0,64
Sujeto 2	B	A	0,66

Los modelos escogidos para cada uno de los sujetos corresponderán a los que presenten el mayor valor de correlación en test. Para el sujeto 1 correspondería a 0,56 y para el sujeto 2 es 0,66.

1.6 Selección del Mejor Modelo

El mejor modelo fue seleccionado en base a la combinación entre la correlación de cada uno de los modelos generados en base a la combinatoria de los parámetros, y propiedades de las respuestas del modelo al escalón.

Fueron tomados 200 de los mejores (correlación) primeros modelos. Es necesario recordar que la respuesta al escalón corresponde a la posible respuesta de la autorregulación cerebral al aumento de PAM.

Ante esto, los modelos seleccionados deben corresponder a respuestas validas al escalón. Es por eso que la señal debe comenzar a un valor cercano a PAM 0.8. La baja de la presión arterial media debe llegar a un valor cercano a 0.2. Por último, la autorregulación condiona si la respuesta del sujeto tiene isquemia.

1.7 Resultados Obtenidos (discusión)

Por medio de la respuesta al escalón, los modelos generados evaluados dieron como mejor resultado luego de analizar doscientos para el sujeto 1 y otros doscientos al sujeto 2. La mejor respuesta del primer sujeto fue encontrada en el lugar 85, y del segundo en la posición número 22.

Tal respuesta para el primer y segundo sujeto se encuentra en la imagen 3 y 4 junto a los parámetros para obtenerla en la tabla 3 y 4.



Tabla 3. Parámetros de mejor modelo para sujeto 1.

	Costo	Nu	Gamma	Lag	Correlación
Valores	32	0.4	0.0625	7	0.5014

Tanto para el sujeto 1 como el 2, los hiper-parámetros “Gamma” y “Nu” son equivalentes. Esto quiere decir que, para ambos modelos, la cantidad de vectores de soporte son similares (Nu), donde la longitud de ϵ recubre el polinomio considerando a los soportes fuera de este. Por otro lado, también es equivalente entre los dos modelos la distancia de los vectores (gamma) y el polinomio predicho por el modelo SVR.

Imagen 4. Respuesta a escalón sujeto 2.

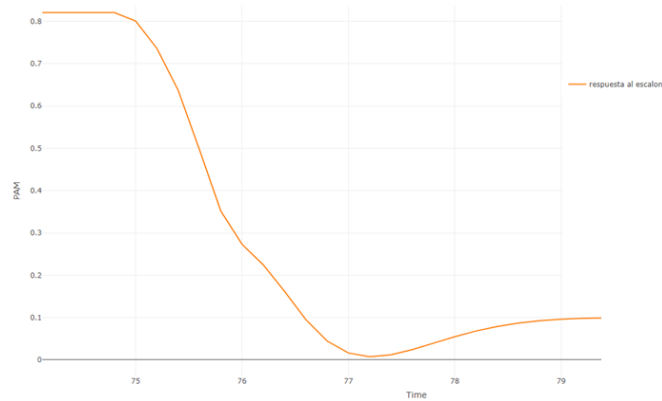


Tabla 4. Parámetros de mejor modelo para sujeto 2.

	Costo	Nu	Gamma	Lag	Correlación
Valores	256	0.4	0.0625	1	0.634

2 Conclusiones

Por medio de los resultados obtenidos, es posible inferir que el PAM del primer sujeto corresponde a una autorregulación normal, debido a que, si bien la presión arterial baja abruptamente, se recupera a un rango normal evitando tanto hiperfusión e isquemia. Por otro lado, el segundo sujeto presenta valores altos en VFSC lo cual no es extraño considerando la respuesta al escalón y simulando pruebas de presión arterial. Sin embargo, tiene una gran caída de presión arterial media y flujo sanguíneo cerebral, luego no sube a valores normales, sino que permanece en valores muy por debajo de 50 mmHg, lo cual implica que el sujeto dos presenta isquemia.

Además de lo anteriormente mencionado, para los dos modelos generados, se presentan hiper-parámetros similares tales como “Nu” y “Gamma”, lo cual implica que la cantidad de vectores de soporte son similares para los dos, como también la longitud promedio entre el polinomio generado por la SVR y las instancias obtenidas equivalentes a 5 hertz equivalentes a 0.2 cada uno de ellos.

3 Referencias

1. Paulson OB, Strandgaard S, Edvinsson L (1990) Cerebral autoregulation. *Cerebrovasc Brain Metab Rev* 2: 161–192.
2. Reivich M. Arterial PCO₂ and cerebral hemodynamics. *Am J Physiol.* 1964; 206: pp. 25–35.
3. Kety SS, Schmidt CF. The effects of altered arterial tensions of carbon dioxide and oxygen on cerebral blood flow and cerebral oxygen consumption of normal young men. *J Clin Invest.* 1948; 27: pp. 484–492.
4. Guareño, J. Support Vector Regression: propiedades y aplicaciones. Obtenido de: <https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/43808/Mart%C3%ADn%20Guare%C3%B1o%2C%20Juan%20Jos%C3%A9%20TFG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
5. Izquierdo, J., Barbera, J. Lecciones de neurocirugía. pp. 80.