



MODELO NO LINEAL DE LA HEMODINÁMICA CEREBRAL UTILIZANDO REDES NEURONALES PROFUNDAS



Nombre: ***Cristóbal Vásquez Fernández***
Profesor guía: ***Dr. Max Chacón***
Carrera: ***Ingeniería Civil Informática***

Fecha: 14 de marzo 2016

Temario

- Descripción del problema
- Motivación
- Definición del problema
- Estado del arte
- Objetivos del proyecto
 - Objetivo general
 - Objetivos específicos
- Análisis de la solución propuesta
 - Características de la solución
 - Propósito de la solución
 - Alcances y limitaciones de la solución
- Metodología, herramientas y ambiente de desarrollo
 - Metodología a usar
 - Herramientas de desarrollo
 - Ambiente de desarrollo
- Plan de trabajo
- Referencias
- Apéndice

Motivación

- En Chile la principal causa de muerte se deben a patologías del sistema cardiovascular con un 27%.
- Dentro de estas, los accidentes cerebrovasculares corresponden a la primera causa específica de muerte con un 9% de defunciones el año 2010.
- ¿Qué es la autorregulación sanguínea cerebral?
- Evaluación de ASC por medio de dos enfoques
 - Estático
 - Dinámico
- Modelo actual SVM con recurrencias externas.
 - Se puede seguir mejorando en términos de precisión y eficiencia en tiempos de entrenamiento.



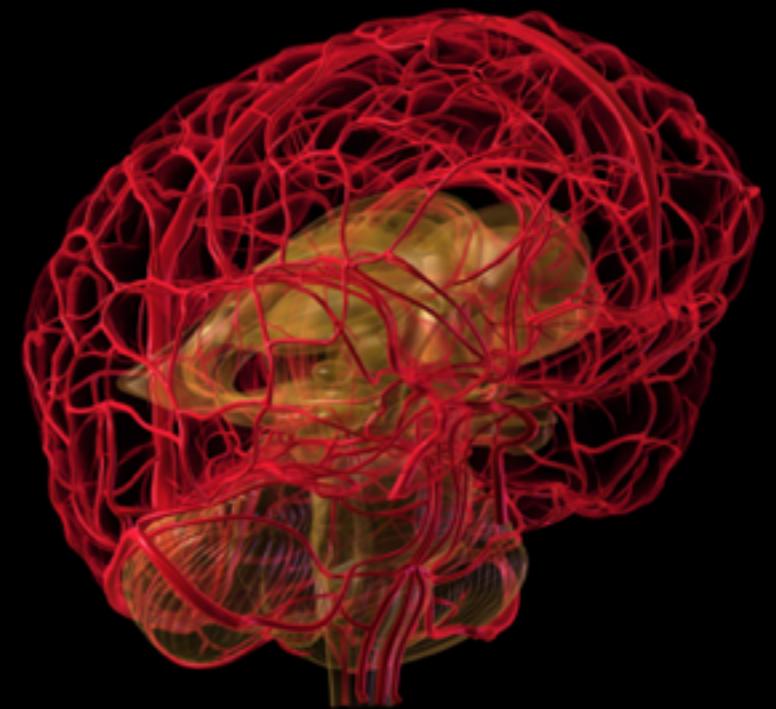
Enunciado del problema

En el contexto de los modelos no lineales actuales de la hemodinámica cerebral (Chacón, 2009; Mitsis, 2004)
¿Cómo mejorar la precisión y eficiencia en tiempo de entrenamiento de los modelos no lineales actuales que se utilizan para analizar el fenómeno de la hemodinámica cerebral?



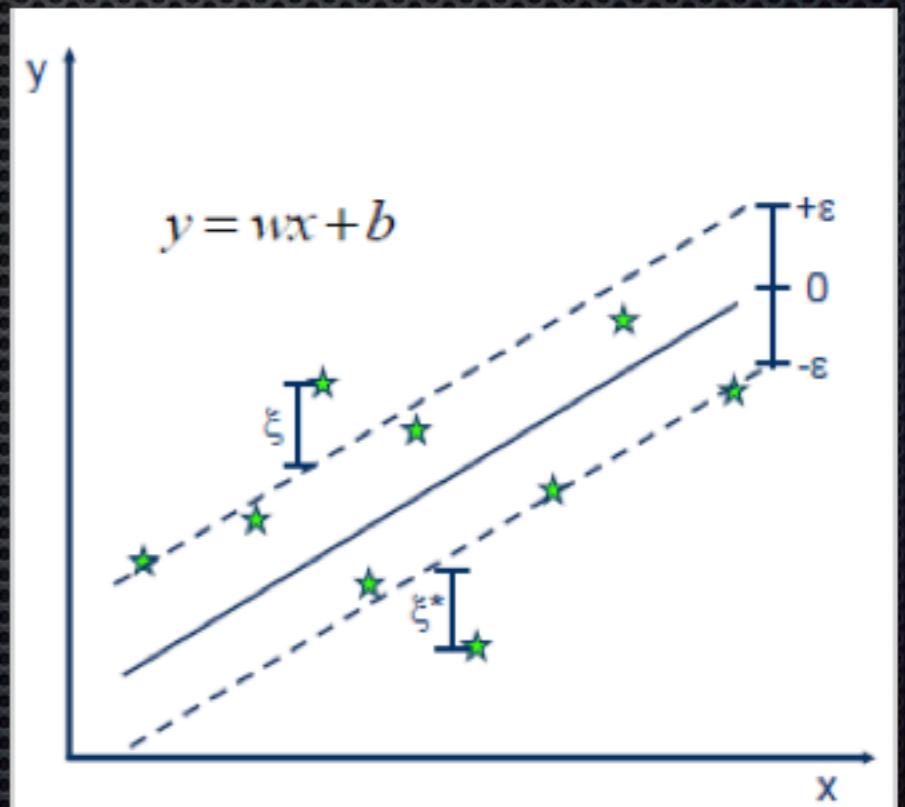
Estado del Arte

- VFSC difícil de interpretar
- AC protege al cerebro ante variaciones de la PAM. (Paulson, 1990)
- PaCO₂ influye en la AC (Markwalder, 1984).
- Modelo dinámico multivariado para considerar influencias simultáneas de PaCO₂ y PAM en VFSC. (Panerai, 2000; Mitsis, 2004)



Estado del Arte

- Mayor parte utiliza métodos de dominio lineales. (Panerai, 2000; Edwards, 2004)
- Solo un estudio con modelos no lineales. RN feedforward. (Mitsis, 2004)
- Dos estudios modelan cambios espontáneos en la PAM y PaCO₂ en descanso. (Mitsis, 2004; Simpson, 2000)
- Se analizó respuesta al inhalar 5% de CO₂ en el aire. (Simpson, 2000; Mitsis, 2004)
- Modelo no lineal multivariado con SVM. Se modela PAM y PaCO₂ en descanso e inhalando 5% de CO₂. (Chacón, 2010)



Objetivo General

Modelar eficientemente la hemodinámica cerebral basándose en un comportamiento no lineal, esto en términos de precisión y disminuyendo los tiempos de entrenamiento de los modelos. Para lo cual se utilizará RNP analizando el rendimiento y precisión del modelo.



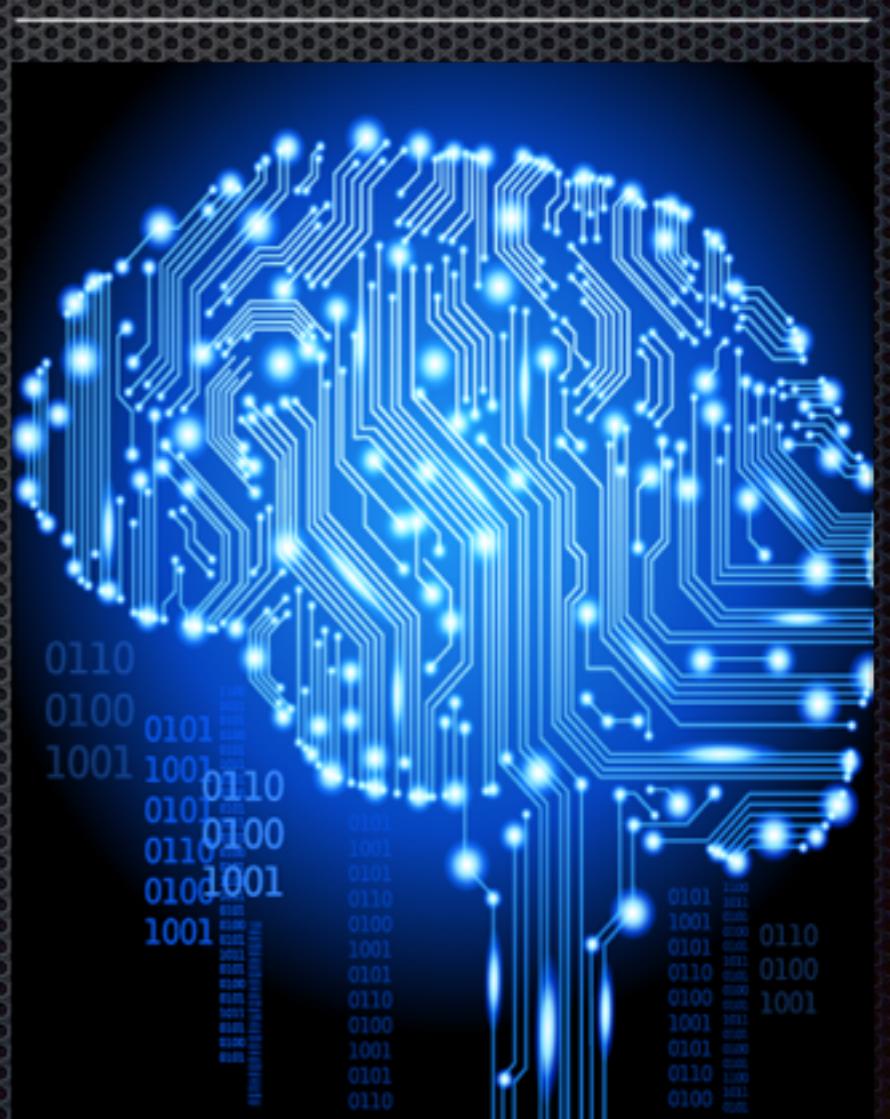
Objetivos Específicos

- Realizar un estudio detallado en la literatura relacionada con el tema de modelos de predicción en series de tiempo, para determinar que arquitecturas de redes neuronales profundas podrían mejorar los resultados obtenidos por una SVM.
- Diseñar e implementar uno o más modelos no lineales, para así compararlos en base a los resultados obtenidos, utilizando para este propósito el error cuadrático medio normalizado y el coeficiente de correlación.
- Evaluar los modelos generados y seleccionar el que posea mejores resultados que la SVM que se encuentra actualmente (Chacón, 2010).
- Realizar un análisis estadístico del modelo o los modelos generados, para expresar la precisión de estos en base a las siguientes medidas:
 - Coeficiente de correlación
 - Error cuadrático medio normalizado



Características de la solución

- Machine Learning.
 - Redes Neuronales Profundas (RNP)
 - 16 sujetos saludables. Respiraron CO₂. Mismos datos utilizados por Chacon et al 2010.
 - Existen modelos no lineales con mejores resultados que lineales
 - Fenómenos dinámicos en el tiempo
 - Modelo estáticos con recurrencias externas. SVM
 - Modelo con recurrencias internas. RNP



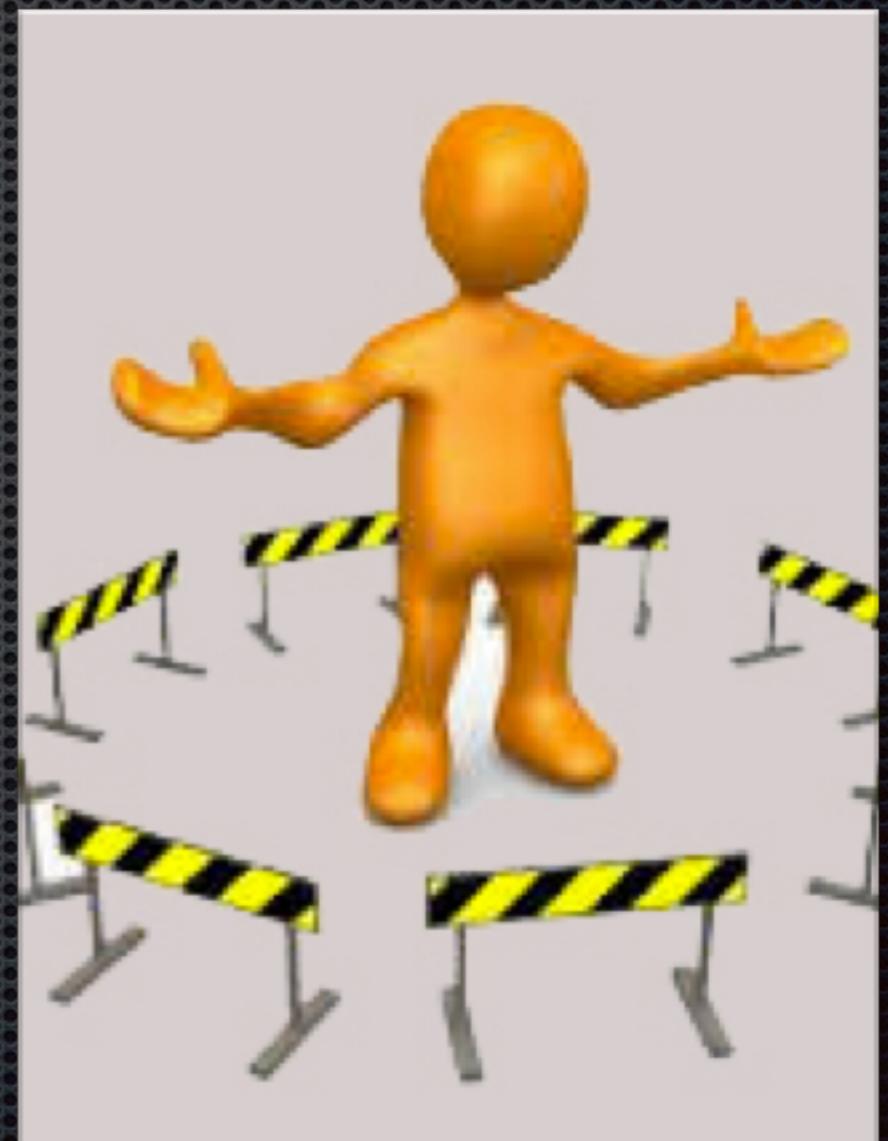
Propósito de la solución

El propósito es mejorar la precisión y eficiencia en tiempos de entrenamiento de los modelos no lineales actuales que se utilizan para analizar el fenómeno de la hemodinámica cerebral.



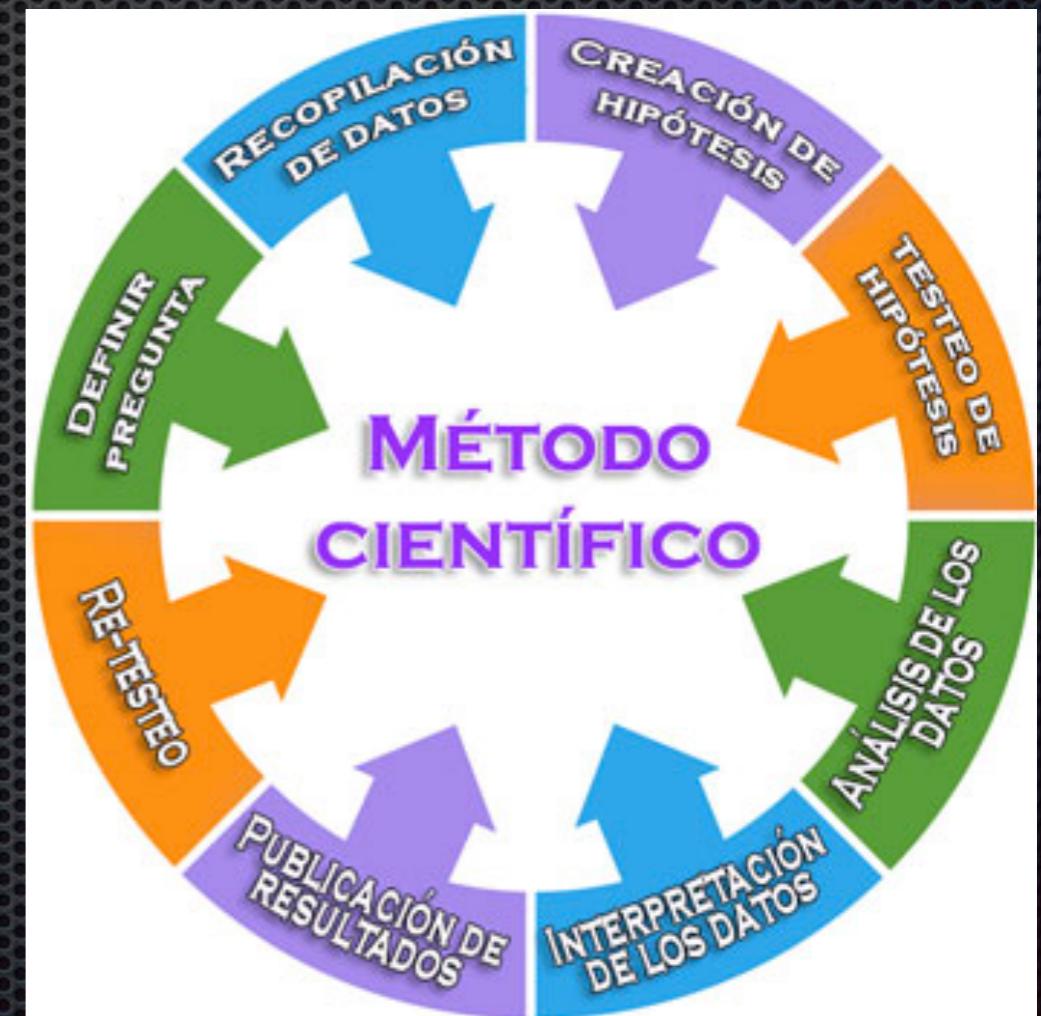
Alcances y limitaciones

- Solo sujetos sanos se incluyen en el estudio.
- Para la validación del modelo se necesita de sujetos de mayor edad, además de sujetos con enfermedades cerebrovasculares.
- Se utiliza un solo segundo conjunto de datos para validación del modelo, sin embargo con esto basta para evitar el sobreajuste del modelo en la etapa de entrenamiento.
- La mayoría de los modelos existentes modelan la homodinámica considerando un comportamiento lineal, a excepción de Mitsis et al 2004. y Chacón et al 2010, esto impide la comparación directa de las medidas de rendimiento de los modelos.



Metodología

- Método científico.
- Hipótesis: Las RNP pueden modelar con mayor eficiencia en tiempos de entrenamiento y precisión el fenómeno de la hemodinámica cerebral.
- En aspectos de programación se guiará el trabajo con las sugerencias de XP.
 - Release cortos
 - Diseño simple
 - Refactoring
 - Integración continua
 - 40 horas semanales
 - Estándares de codificación



Herramientas de desarrollo

- Sistema operativo OS X Yosemite 10.10.5
- Microsoft Office 2011 para Mac versión 14.0.0
- R versión 3.2.2
- RStudio versión 0.99.447
- Macbook Pro
- Procesador 2.5 GHz Intel Core i5
- RAM 4GB



Ambiente de desarrollo

- Dependencias del Departamento de Ingeniería Informática, de la Universidad de Santiago de Chile.
- Domicilio particular.



Plan de trabajo

- Inicio del proyecto el día 14 de marzo de 2016 y su finalización el día 11 de julio de 2016
- Se trabajará 6 días a la semana, por 6 horas diarias, cumpliendo así 612 horas de trabajo.
- Planificación considera:
 - Etapa de investigación
 - Etapa de desarrollo (XP)
 - Etapa de documentación



¿Preguntas?



Referencias

- Vapnik V, G. S. (1997). Support vector method for function approximation, Regression estimation, and signal processing. *Neural information processing systems* . 9, págs. 281-7. Cambridge: MIT Press.
- Batres-Estrada, G. (2015). Deep Learning for Multivariate Financial Time Series . Royal Institute of Technology, Engineering & Physics, Stockholm.
- César Andrés Burgos Molina, M. C. (2014). Entrenamiento muestral de modelos dinámicos con S V M. Universidad de Santiago de Chile, Departamento de Ingeniería Informática, Santiago.
- Chacón, M. P. (2009). Comparison Between SV M and ANN for Modeling the Cerebral Autoregulation Blood Flor System. International Joint Conference on Computational Intelligence (págs. 522-525). Madeira: Springer.
- Edwards MR, D. D. (2004). Two-breath CO₂ test detects altered dynamic cerebrovascular autoregulation and CO₂ responsiveness with changes in arterial pCO₂ . *Regulatory, integrative and comparative physiology* , 287, 627-32.
- Frank P. Tiecks, M., Arthur M. Lam, M. F., & Rune Aaslid, P. D. (1995). Comparison of Static and Dynamic Cerebral Autoregulation Measurements . *Stroke* , 26, 1014-1019.
- Geoffrey E. Hinton, S. O. (2006). A fast learning algorithm for deep belief nets. *Neural Computation* , 18, 1527-1554.
- James N.K. Liu, Y. H. (2014). Deep Neural Network Based Feature Representation for Weather Forecasting. The Hong Kong Polytechnic University , Department of Computing , Hong Kong.

Referencias

- Max Chacón, C. A. (2010). Non-linear multivariate modeling of cerebral hemodynamics with autoregressive Support Vector Machines . Medical Engineering & Physics , 33, 180-187.
- Markwalder TH, G. (1984). Dependency of blood flow velocity in the middle cerebral artery on end-tidal carbon dioxide partial pressure: a transcranial ultrasound Doppler study. Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism , 4, 368-72.
- Mitsis GD, P. M. (2004). Nonlinear modeling of the dynamic effects of arterial pressure and CO₂ variations on cerebral blood flow in healthy humans . IEEE Transactions Biomedical Engineering , 51, 1932-43.
- Paulson OB, S. B. (1990). Cerebral autoregulation. Cerebrovascular Brain Metab Rev , 2, 161-92.
- Panerai RB, S. D. (2000). Multivariate dynamic analysis of cerebral blood flow regulation in humans. IEEE Transactions Biomedical Engineering , 47, 419-23.
- Panerai, R. B. (30 de Octubre de 1997). Assessment of cerebral pressure autoregulation in humans—a review of measurement methods . IOPscience.

Referencias

- Gerardo Oberreutera, N. S. (2014). Accidente cerebrovascular isquémico en pacientes con trombo intracavitario: Experiencia con tratamientos distintos en fase aguda. *Revista médica de Chile* , 142, 90-94.
- Schölkopf B, S. A. (1998). New support vector algorithms. *Neural Comput* , 12, 1083-121.
- Simpson D M, P. R. (2000). Estimating normal and pathological flow velocity to step changes in end-tidal pCO₂. *Medical & Biology Engineering & Computing* , 38, 535-9.
- Rivero Garvía M, B. G. (2007). Monitorización de la presión intra- craneal en el trauma craneoencefálico grave . En B. G. Vaquero Crespo J, Daño cerebral postraumático (págs. 147-57). Madrid: Mapfre S.A .
- Torbey M T, B. A. (2004). Cerebral blood flow physiology and monitoring . En J. I. Suárez, Critical care neurology and neurosurgery. (págs. 23-27). New Jersey: Human Press.

Evaluación de la solución

- Coeficiente de correlación entre las medidas de la VFSC y predicciones del modelo.
- Se adopta NMSE equivalente al utilizado por Mitsis et al. (Mitsis, 2004).
- Se compararán estas medidas para determinar si el modelo propuesto es más preciso y eficiente que el actual de SVM.



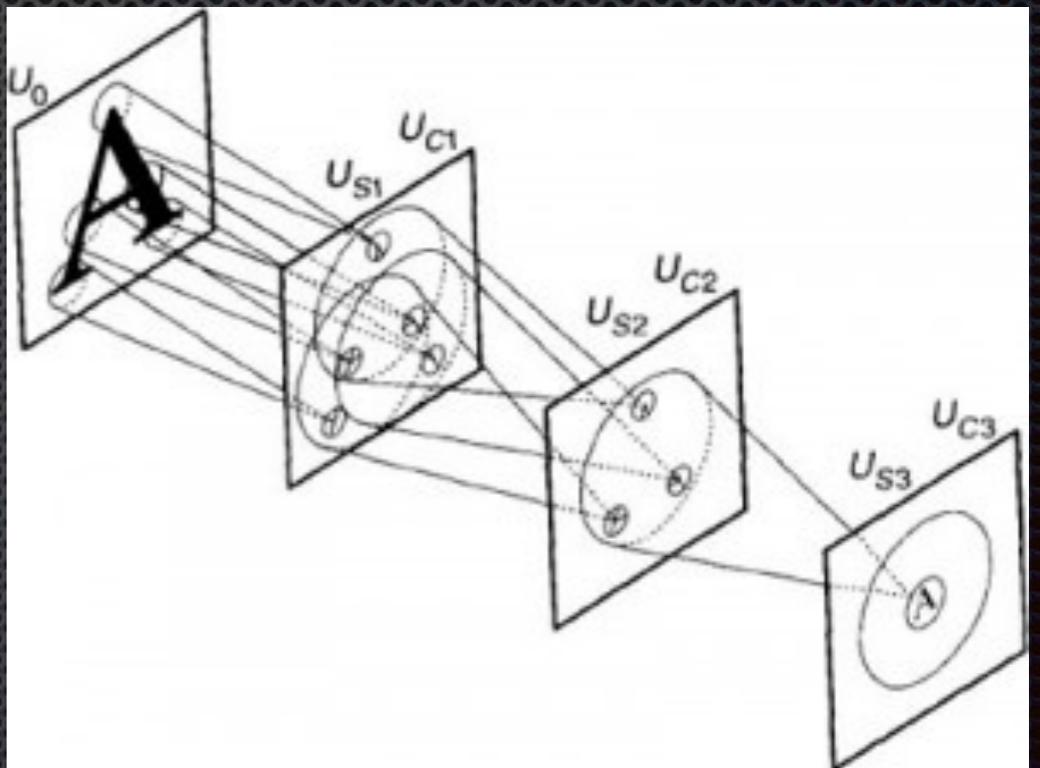
Enfoques de solución

- RN feedforward. (Mitsis, 2004)
- SVM. (Chacón, 2010)
 - Recurrencias externas
 - Alto costo computacional. (Burgos, 2014)
- RNP.
 - Recurrencias internas
 - Máquina restrictiva de Boltzman
 - Greedy learning
- Redes de creencias



Justificación del enfoque seleccionado

- RNP
- Antecedentes de mejor precisión en RNP en comparación a una SVM. (Liu, 2014)
 - Predicción de clima.
 - SVR en capa superior.
- Predicción de datos financieros. (Batres, 2015)



Sujetos

- Leicestershire Research Ethics Committee
- 16 sujetos saludables con edad de 31.8 +- 8,5 años.
- Ninguno sujeto tiene historial de hipertensión, diabetes, migraña, epilepsia, u otro tipo de enfermedad cardiovascular ni neurológica.
- Respiran 5% de CO₂ en el aire.
- Se evalúa ASC en condiciones normales y bajo influencias de CO₂ en el aire.

