REUNIÓN SIRGAS 2012
OCTUBRE 29-31,2012
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN - CHILE

Red Neuronal Artificial Para Modelos No Lineales Con Presencia De Discontinuidades Debido A Sismos

Alfonso Tierra
Grupo de Investigaciones en Tecnologías Espaciales. Centro de Investigaciones Científicas. Departamento de Ciencias de la Tierra y Construcción. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí-Ecuador.
email: artierra@espe.edu.ec, micrositio: http://gite.espe.edu.ec

RESUMEN

Debido al movimiento de las placas tectónicas, las coordenadas y velocidades de los vértices pertenecientes a un Marco de Referencia de un país como SIRGAS, sufren variaciones con el tiempo. Actualmente, para modelar estas variaciones se están utilizando modelos lineales para su estimación, lo cual no representa la realidad y su uso conlleva a obtener errores inherentes a los modelos lineales. Otro problema existente es que debido a los movimientos sísmicos que ocurren en nuestro continente, las variaciones temporales sufren discontinuidades lo que hace que existan cambios en la tendencia del movimiento; y como una forma de resolver este problema, lo que se está haciendo es dividir en varios periodos para sus análisis. Estos dos problemas, hacen que se busquen nuevas alternativas que ayuden a resolver la no linealidad del movimiento, así como por la presencia de discontinuidades que ocurre después de un sismo. Una alternativa que se propone, para modelar la no linealidad y discontinuidad del movimiento en forma conjunta, es la utilización de las redes neuronales artificiales. Para lo cual, se hicieron pruebas en diferentes vértices de la red SIRGAS y se entrenaron con diferentes arquitecturas neuronales para determinar el grado de generalización. Los resultados preliminares muestran que una red neuronal del tipo RBF logra modelar muy satisfactoriamente la no linealidad y la discontinuidad conjuntamente, evidenciando que la técnica neuronal es un método promisorio para resolver estos problemas.

Volcanes y Estaciones de Monitoreo Continuo - EMC

El Ecuador se encuentra situado en una región donde la existencia de riesgos derivados de eventos naturales es frecuente, como erupciones volcánicas, sismos, deslizamiento entre otros. La existencia de fallas geológicas activas en casi todo el Ecuador ocasionan una gran actividad sísmica. Esta actividad sin duda hace que los vértices que materializan las redes geodésicas de referencia (SGR) tanto clásica y geocéntricas pasivas, como las activas, sufran desplazamientos debido a la cinemática de la corteza terrestre . En la figura 1, se puede observar los volcanes que existen en el Ecuador y la ubicación de los vértices de las Estaciones de Monitoreo Continuo existentes actualmente.

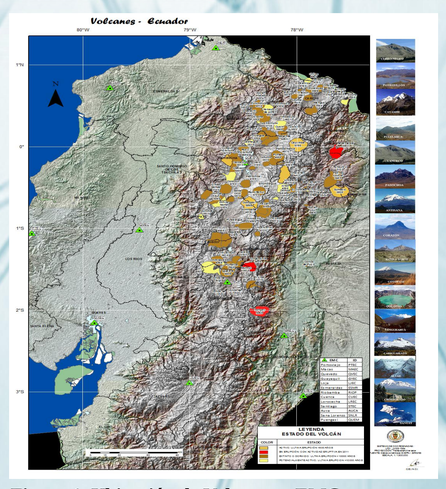

Figura 1. Ubicación de Volcanes y EMC

Eventos Sísmicos

La actividad sísmica es frecuente en el Ecuador; magnitudes sísmicas mayores o iguales a 5 (escala de Ritcher) consiguen desplazar los vértices de los SGR, provocando que la tendencia del movimiento de sus coordenadas cambie bruscamente y la serie temporal tenga algunas discontinuidades. La figura 2, muestra los eventos sísmicos con magnitudes ≥5 a partir del año 1956 hasta agosto 2012, y las fallas geológicas mas importantes

Figura 2. Fallas y sismos Mg>=5

Comportamiento No Lineal y Presencia de Discontinuidades

Los nuevos Marcos de Referencia son geocéntricos y son materializados mediante la observaciones realizadas con Estaciones de Monitoreo Continuo –EMC. En estos vértices se deben calcular tanto las coordenadas como sus velocidades de desplazamiento debido al movimiento de las placas tectónicas. El desplazamiento tiene un comportamiento no lineal, y debido a sismos va existir discontinuidades en su serie temporal, haciendo necesario que se modele para tener una mejor aproximación. La figura 3, muestra la estación LJEC ubicado en Ecuador y la figura 4 la estación CONZ ubicado en Concepción-Chile.

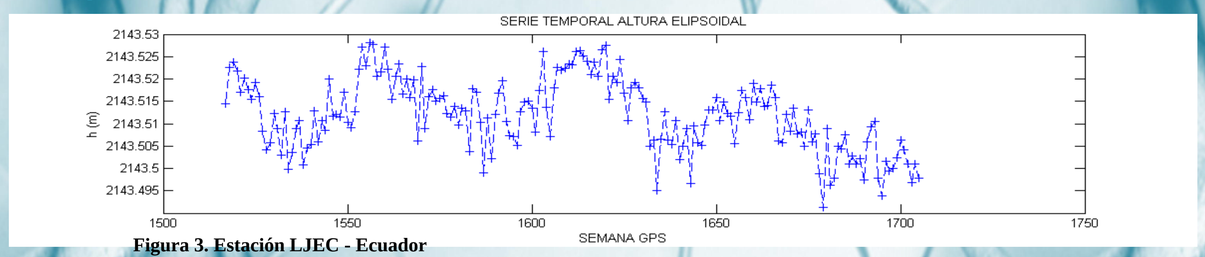

Figura 3. Estación LJEC - Ecuador

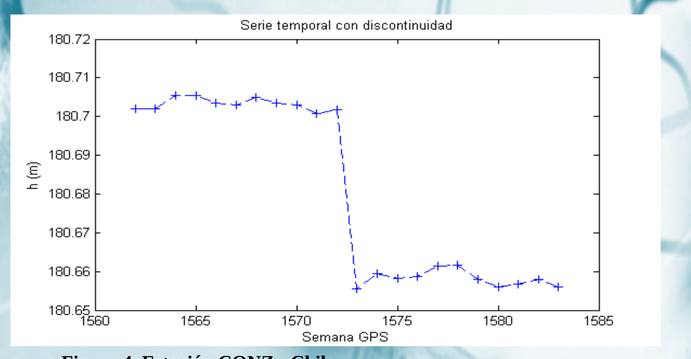

Figura 4. Estación CONZ - Chile

Red Neuronal Artificial - RNA

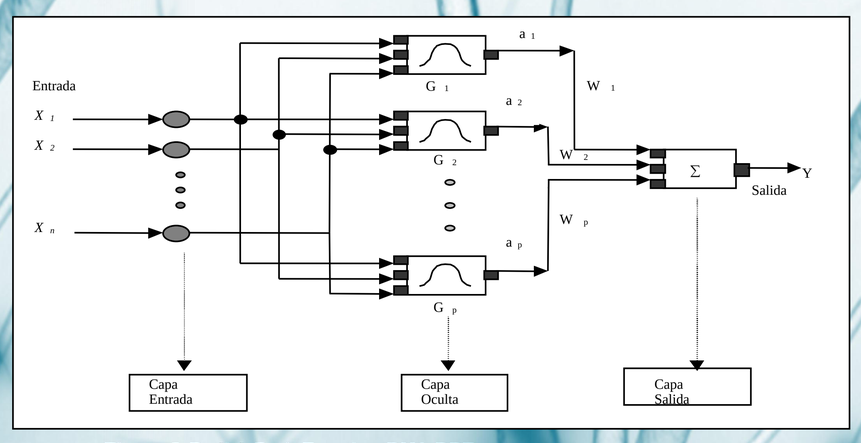

Figura 5. Radial Basis Function RNA-RBF

La figura 5, representa una rede neuronal típica, que consta de 3 capas : la capa de entrada, la capa oculta y la capa de salida. La ecuación (1), define la función gausiana que se utiliza como función de transferencia en las neuronas de la capa oculta. La ecuación (2) es el error obtenido de la diferencia entre el valor deseado en la salida y el valor calculado por la RNA. La ecuación (3), es error total de todas las salidas . La ecuación (4) representa la meta que debe ser lograda por minimización de la función costo basado en el error total

$$a_j = G_j(X) = \exp\left(-\frac{\|X - u_j\|^2}{2\sigma_j^2}\right) \quad (1)$$

$$\varepsilon_k = d_k - Y_k \quad (2)$$

$$E_T = \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{nn} \varepsilon_k^2 \quad (3)$$

$$MSE = \frac{1}{M}\sum_{k=1}^{M} E_T \quad (4)$$

Modelación Series Temporales con RBF

En la figura 5 ,se muestra la recta que se ajusta a la serie (en negro) y los resultados de la RNA-RBF (en rojo) . Como se puede observar, la RBF modela de mejor manera la serie. En la figura 7, se puede observar dos rectas que mejor se ajustan cuando existe una discontinuidad ocurrido por el sismo. En rojo esta el ajuste realizado por la RBF lo cual indica un mejor resultado

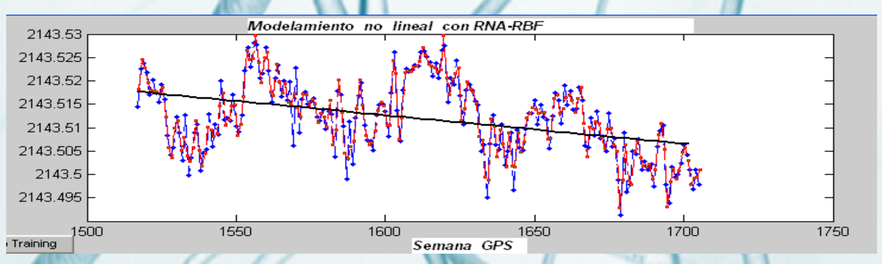

Figura 6. Modelación no lineal de la altura elipsoidal de LJEC

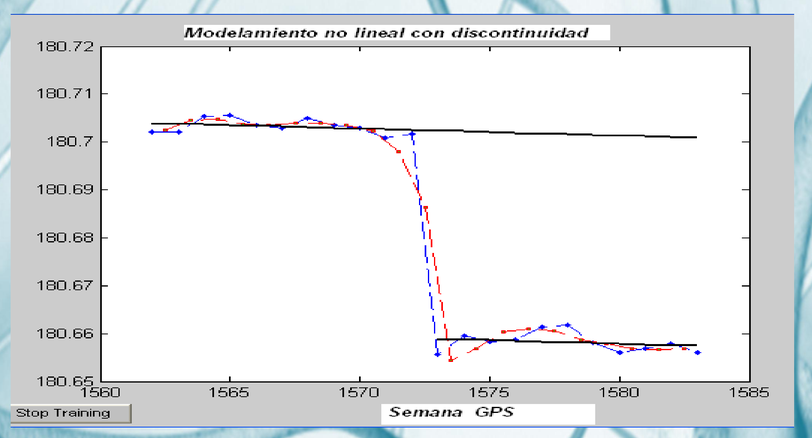

Figura 7. Modelación no lineal y discontinuidad de la altura elipsoida de CONZ

Conclusiones

- La RNA generaliza de buena forma comportamiento no lineal de las coordenadas
- Con la RNA se puede evitar el problema del cambio de las tendencias debido a sismos sin la necesidad de tener soluciones en diferentes épocas
- La técnica neuronal se torna en un método promisorio para modelar comportamientos no lineales y con presencia de discontinuidades simultáneamente .