

Propuesta de Proyecto de Investigación

Maestría en Ciencias y Tecnologías de la Información

01 de noviembre del 2022

1. Nombre del proyecto

- Predicción de sismos en México mediante el uso de un ensamble de redes neuronales.

2. Responsable(s)

- Dr. Benjamin Moreno Montiel, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Iztapalapa, Cubículo T-106, bmoreno@izt.uam.mx, opelo1209@gmail.com
- Dr. René MacKinney Romero, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Iztapalapa, Cubículo T-145 Bis, rene@xanum.uam.mx

3. Área(s) de conocimiento relacionada(s) con el proyecto

Aprendizaje Maquinal, Aprendizaje Profundo, Extracción de conocimiento sobre grandes cantidades de datos, Modelos de Predicción. y Minería de Datos.

4. Descripción del proyecto

- Contexto:

<<Los sismos no se pueden predecir>>. Siempre hemos escuchado esta frase cuando hablamos de sismos, y de cierta manera la frase tiene mucha razón, ya que no existe ninguna metodología que permita realizar esta tarea con un grado de confiabilidad realmente aceptable. Y puede que nunca sea posible predecir el momento exacto en que ocurrirá un terremoto dañino, porque cuando se ha acumulado suficiente tensión, una falla puede volverse inherentemente inestable, y cualquier pequeño terremoto de fondo puede o no continuar evolucionando hasta convertirse en un gran terremoto.

Sin embargo, en la actualidad muchos investigadores a nivel mundial han propuesto modelos de predicción que sean capaces de ofrecer un panorama sobre el cómo, donde y cuando se podrá presentar un sismo con características detalladas que protejan lo más importante que tiene el ser humano, la vida. Por estándar el cómo, donde y cuando tiene diversos aspectos que son de suma importancia, los cuales deben proporcionar la siguiente información [1]:

1. Una ubicación o área específica.
2. Un lapso de tiempo específico.
3. Un rango de magnitud específico.
4. Una probabilidad específica de ocurrencia.

Lo anterior ratifica la importancia de realizar una predicción de los sismos en los cuales se deba indicar cuándo, dónde, cuán grande y probable es el evento pronosticado y cuál es la justificación de hacer esta la predicción.

En dos proyectos de investigación realizadas en el PCTI para la generación 2019 y 2021, hemos explorado otra forma diferente de tratar a los sismos desde el punto de vista de la clasificación, por lo que sería prudente diferenciar un modelo de clasificación y el de predicción. Cuando se quiere proponer un modelo de clasificación se analizan datos previos (conjunto de entrenamiento) para construir clasificadores, los cuales sean capaces de categorizar nuevos ejemplos (conjunto de prueba). Para medir el desempeño de los clasificadores se establecen diferentes métricas para obtener las tasas de aprendizaje y decidir si el modelo propuesto es o no eficiente.

Por su parte los modelos de predicción deben ser muy confiables, evitando falsas alarmas que lleven a la sociedad a entrar en pánicos colectivos que en vez de ayudar perjudiquen. Para estos modelos se cuidan las medidas de funcionamiento de predicción y memoria, ya que estas establecen los índices de evaluación de cada clase, en particular para modelos de predicción, se pretende reducir el número de falsos positivos. Teniendo un alto grado de positivos verdaderos (sismos de gran intensidad) puede permitir el cierre de sistemas susceptibles a daños, como centrales eléctricas, sistemas de transporte y

telecomunicaciones [2], lo que ayuda a las autoridades a concentrar sus esfuerzos para reducir los daños y las pérdidas humanas.

- Motivación:

Lo último que se revisó en la sección anterior representa nuestro principal motivo para proponer este proyecto, ya que pretendemos desarrollar un modelo de predicción de sismos en México que permita anticipar el comportamiento de los sismos que pueden estar presentes en algún periodo de tiempo, y porque no, dejar atrás el clásico comentario, <<a los sismos ya les gusto el 19 de septiembre para presentarse>>.

Como habíamos mencionado anteriormente, se tiene un gran repositorio de todos los sismos que se han presentado en los últimos 20 años. Es un gran reto utilizar este repositorio para generar conocimiento novedoso que ayude a mejorar en cierta medida en el accionar ante los sismos que estén por venir.

Actualmente estamos por concluir de manera satisfactoria una estimación sobre los algoritmos de emisión de alerta sísmica que funcionan actualmente en México. Este trabajo permite establecer razones estadísticas que ratifiquen si estos algoritmos o nuevas alternativas como clasificadores del aprendizaje maquina están preparados para un sismo de gran magnitud, y hasta la fecha podemos mencionar que la respuesta es un rotundo NO.

Sin embargo, esto no es un mal resultado, por lo contrario, nos hace explorar nuevas alternativas para seguir en esta línea de investigación. Es por ello por lo que ahora tomaremos de apoyo los esfuerzos realizados por Reyes y otros en el 2013 [3], en cuyo trabajo se propuso la predicción de sismos en cuatro de las regiones con más actividad sísmica en Chile. En este trabajo ellos proponen el uso de una red neuronal de retropropagación para realizar la predicción, utilizando un conjunto de entrenamiento con atributos obtenidos a partir de la Ley de Gutenberg-Richter, la cual ofrece la relación que hay entre la magnitud y la cantidad de sismos en una región, definidos en base a la siguiente ecuación:

$$N = a - bM$$

Donde M es la magnitud, N es el número de sismos, a representa la actividad sísmica en la región, y b representa las características físicas de la región. El valor b puede ser obtenido usando los últimos 50 sismos registrados, dada la siguiente formula:

$$b_i = \frac{\log(e)}{(1/50) \sum_{j=0}^{49} M_{i-j} - 3}$$

Donde M_i es la magnitud del i -ésimo sismo y 3 es el umbral definido por los autores. EN total se establecen 7 atributos diferentes, cinco valores diferentes de los b_i , el atributo número seis es la máxima magnitud registrada en los últimos 7 días, y La última característica representa la probabilidad de registrar un sismo mayor o igual a 6.0, definida por la siguiente formula:

$$x_{7i} = P(M_s \leq 6.0) = e^{-3b_i/\log(e)} = 10^{-3b_i}$$

Finalmente, los autores proponen la siguiente ecuación para obtener la clase del conjunto de sus datos de entrenamiento:

$$y_i = \max(M_s), \text{ con } t \in (0, 5]$$

El valor de y_i valdrá 0 cuando no se detecten sismos con magnitud mayor o igual a 3.0 y será uno cuando se detecten sismos con magnitud mayor o igual a umbral $T = \text{media}(M_s) + 0.6\sigma_{M_s}$. Para esta propuesta los autores reportan hasta un 78.6% para las medidas de precisión y memoria utilizando las redes de retropropagación para las cuatro zonas analizadas.

Existen otros trabajos que nos ayudaran en la comprensión del problema y serán nuestras fuentes para que el alumno realice el estado del arte en la primera etapa de este proyecto de investigación. Asensio-Cortés y otros [4] realizaron otro trabajo de predicción de temblores en el 2017, en el cual hacen la predicción de la magnitud máxima en una ventana de 7 días, para 5 conjuntos de datos obtenidos de los eventos sísmicos registrados en Tokio, Japón. Al igual que el trabajo de Reyes y otros [3], las características utilizadas consisten en la combinación de características obtenidas a partir del valor b de

Gutenberg-Richter y características obtenidas a partir de sismos con magnitud mayor o igual a un umbral. En los resultados presentados por los autores, de la misma forma las redes de retropropagación son los que muestran mejores resultados con respecto a los demás algoritmos utilizados.

- Aporte esperado al área de conocimiento:

En este trabajo el principal aporte es que no se tiene reportados trabajos que presenten un análisis de datos mexicanos reales, y mucho menos de una ventana de tiempo tan grande como son los 20 años que tenemos actualmente.

Es por ello que consideramos que el proyecto de investigación podría generar un conocimiento bastante útil para el país, ya que podremos constatar que los modelos propuestos en la literatura son compatibles para los eventos telúricos que se han presentado en nuestro país. Si el modelo funciona la etapa final del proyecto sería plantear una predicción en tiempo real, y porque no, conocer que pasará el próximo 19 de septiembre en nuestro país.

Hemos revisado en los trabajos de Reyes y otros [3] y el de Asensio-Cortés y otros [4], que se propone el uso de una red de retropropagación, sin embargo, no son mencionadas las redes recurrentes o convolucionales que también están mostrando buenos resultados en otro tipo de proyectos de investigación. Por lo que consideramos que otro aporte se obtendrá al utilizar otro tipo de red neuronal o quizá un algoritmo basado en ensambles de tipo mezcla de expertos de tipo red neuronal.

5. Objetivos

- Objetivo general: Diseñar un modelo de predicción de sismos en México utilizando un ensamble de redes neuronales, con base al repositorio de los últimos 20 años.
- Objetivos particulares:
 - Revisión del estado del arte sobre modelos de predicción de temblores a nivel mundial.
 - Revisión del estado del arte sobre algoritmos basados en ensambles de tipo mezcla de redes neuronales.
 - Crear la base de datos para la predicción de sismos en México, estableciendo el área específica, la ventana de tiempo específico, el rango de magnitud y la probabilidad específica de ocurrencia.
 - Diseñar y programar un ensamble de mezcla de redes neuronales que representará el motor de funcionamiento de este proyecto de investigación
 - Realizar pruebas para validación de la propuesta para obtener las tasas de aprendizaje del sistema propuesto.

6. Metodología

Los pasos que necesitamos para desarrollar este proyecto son:

1. Revisión del estado del arte sobre predicción de sismos a nivel mundial, tomando por supuesto los trabajos desarrollados en Chile [3] y Tokio [4].
2. Revisar el estado del arte sobre los algoritmos basados en ensambles de tipo de mezcla de expertos en los que se hayan incorporado diferentes tipos de redes neuronales, por ejemplo, convolucionales, recurrentes y de retropropagación.
3. De los datos de los temblores que se han presentado en las últimas dos décadas en nuestro país, tomar algunos atributos para establecer el área de estudio, la magnitud considerada y la probabilidad específica de ocurrencia.
4. Establecer una ventana de tiempo mayor a la presentada en los trabajos de Chile [3] y Tokio [4] para generar nuevos atributos en base a la Ley de Gutenberg-Richter.
5. Implementar el ensamble de tipo redes neuronales que incorpore los algoritmos recurrentes, convolucional y de retropropagación.
6. Finalmente se plantea utilizar análisis ROC, curvas de aprendizaje Lift y F1 score para obtener la tasa de aprendizaje del sistema propuesto,

7. Calendarización de actividades

Actividad	Trimestre 23-I	Trimestre 23-P	Trimestre 23-O	Trimestre 24-I
Desarrollo del primer borrador de la tesis de los idóneos resultados				
Revisión del estado del arte sobre modelos de predicción de temblores a nivel mundial				
Revisión del estado del arte sobre algoritmos basados en ensambles de tipo mezcla de redes neuronales.				
Creación de la base de datos para la predicción de sismos en México				
Presentación de avances del proyecto.				
Implementación del ensamble de tipo mezcla de redes neuronales				
Pruebas y resultados preliminares sobre el modelo de predicción propuesto				
Presentación de avances del proyecto.				
Pruebas y resultados en tiempo real del modelo propuesto, estudiando con mayor énfasis el comportamiento del mes de septiembre.				
Aplicar los análisis ROC, Lift y F1 score sobre el modelo propuesto para obtener las tasas de aprendizaje.				
Redacción de la Tesis Final				
Presentación de avances del proyecto.				
Examen de Grado				

8. Infraestructura necesaria y disponible

Equipos: Laptop HP OMEN 15-ce0xx o el uso de servidores AWS para el desarrollo del proyecto.

Lenguajes de Programación: C, C++, C#, Python, Matlab y Octave.

9. Lugar de realización

Cubículos 145-Bis y T-106 de la Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Iztapalapa. Sin embargo, en la medida de que la pandemia siga por todo el 2023, se puede realizar un trabajo virtual en casa entre los asesores y el alumno que participe en el Proyecto.

10. Entregables

- Se promoverá la presentación del trabajo en un congreso internacional.
- ICR en los diferentes formatos establecidos por el posgrado para cada Proyecto de Investigación.

11. Referencias bibliográficas básicas

1. C.R. Allen, Responsibilities in earthquake prediction, Bulletin of the Seismological Society of America 66 (1982) 2069–2074.
2. M. Erdik, Y. Fahjan, O. Ozel, H. Alcik, A. Mert, M. Gul, Istanbul earthquake rapid response and the early warning system, Bulletin of Earthquake Engineering 1 (2003) 157–163.
3. J. M.-E. A. a. M.-Á. F. Reyes, Neural networks to predict earthquakes in Chile, Applied Soft Computing, vol. 2, n° 13, 2013.
4. G. M.-Á. F. M.-E. A. a. T. A. Asencio-Cortés, Mediumlarge earthquake magnitude prediction in Tokyo with artificial neural networks, Neural Computing and Applications, 28, 1043-1055. 2017