

Introducción a la Inversión de Forma de Onda

Ponentes: Carlos Mendoza (CEGEO-UNAM), Armando Espíndola (KAUST), Alan Juárez (USC)

Participantes: Leonardo Ramirez (IINGEN-UNAM) y Andrei Nguyen (UC)

Duración: 6 horas.

Requisitos académicos: Conocimientos básicos en sismología y programación.

Descripción: La inversión de forma de onda es una técnica de asimilación de datos sísmicos para crear modelos de fuente y de velocidades de propagación de ondas sísmicas. En este taller introductorio estudiaremos la metodología de inversión de la forma de onda y las herramientas para su aplicación haciendo uso de supercomputadoras. Se abordarán aspectos fundamentales y prácticos sobre simulaciones de propagación de ondas, análisis y procesamiento de datos sísmicos para inversión sísmica y aspectos teóricos de inversión de la forma de onda.

Contenido:

1. Introducción y Motivación (Alan Juarez)
2. Inversión de la fuente (Carlos Mendoza)
 - 2.1 Planteamiento del problema
 - 2.2 Inversiones con datos telesísmicos, regionales y GPS
 - 2.3 Inversión del tensor de momento
 - 2.4 Inversión Cinemática de la fuente
3. Propagación de Ondas (Leonardo Ramirez y Alan Juarez)
 - 3.1 Ecuación de onda
 - 3.2 Métodos numéricos
 - 3.3 Elementos Finitos
 - 3.4 Hercules
4. Inversión de la estructura (Alan Juarez)
 - 4.1 Planteamiento del problema
 - 4.2 Aproximación de Born
 - 4.3 Derivadas de Fréchet y Funcionales de Datos
5. Métodos Iterativos de Solución (Leonardo Ramirez y Armando Espíndola)
 - 5.1 Formas cuadráticas
 - 5.2 Método del Gradiente Conjugado
6. Ejemplos de Aplicación
 - 6.1 Estructura de la Corteza (Armando Espíndola)
 - 6.2 Caracterización Geotécnica (Andrei Nguyen)

Referencias:

- Chen, P., Jordan, T.H. & Zhao, L., 2007a. Full three-dimensional tomography: a comparison between the scattering-integral and the adjoint-wavefield methods. *Geophysical Journal International*, 170(1), pp.175-81.
- Fletcher, R. & Reeves, C.M., 1964. Function minimization by conjugate gradients. *The Computer Journal*, 7(2), pp.149-54.
- Graves, R., T. H. Jordan, S. Callaghan, E. Deelman, E. Field, G. Juve, C. Kesselman, P. Maechling, G. Mehta, K. Milner, D. Okaya, P. Small, and K. Vahi, 2011. CyberShake: A physics-based probabilistic hazard model for Southern California, *Pure Appl. Geophys.*, 167, 367-381.
- Lee, E.-J., Chen, P., Jordan, T.H. & Wang, L., 2011. Rapid full-wave centroid moment tensor (CMT) inversion in a three-dimensional earth structure model for earthquakes in southern California. *Geophys. J. Int. Geophysical Journal International*, 186, pp.311-30.
- Lee E.-J., Chen, P., Jordan, T. H., Maechling, P. B., Denolle, M. A. M., and Beroza, G. C. (2014), Full-3D tomography for crustal structure in Southern California based on the scattering-integral and the adjoint-wavefield methods, *J. Geophys. Res.*, 119, 6421-6451, doi:10.1002/2014JB011346
- Tarantola, A., 1984. Inversion of seismic reflection data in the acoustic approximation. *Geophysics*, 49(8), pp.1259-66.
- Tromp, J., Tape, C. & Liu, Q., 2005. Seismic tomography, adjoint methods, time reversal and banana-doughnut kernels. *Geophys. J. Int. Geophysical Journal International*, 160, pp.195-216.
- Tu, T. et al., 2006. From Mesh Generation to Scientific Visualization: An End-To-End Approach to Parallel Supercomputing. *SC 2006 Conference, Proceedings of the ACM/IEEE*, pp.1-14.
- Gomez Gonzalez, J. M., C. Mendoza, S. Hartzell & T. Heaton (2017). Modelado cinemático de la fuente sísmica en 2D con ondas de volumen telesísmicas (Guía de Usuario), *GEOS*, 37, no. 2, 1-14.
- Hartzell S. H. & T. Heaton (1983). Inversion of strong motion and teleseismic waveform data for the fault rupture history of the 1979 Imperial Valley, California, earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 73, 6A, 1553-1583.
- Hartzell, S., C. Mendoza & Y. Zeng (2013). Rupture model of the 2011 Mineral, Virginia, earthquake from teleseismic and regional waveforms, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 5665-5670.
- Mendoza, C. (1995). Finite-fault analysis of the 1979 March 14 Petatlán, Mexico, earthquake using teleseismic P waveforms, *Geophys. J. Int.*, 121, 3, 675-683.

Mendoza, C. & S. Hartzell (2013). Finite-fault source inversion using teleseismic P waves: Simple parameterization and rapid analysis, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 103, 834-844.

Mendoza, C. & M. R. Martinez Lopez (2017). The Mw 7.3 Papanao, Mexico earthquake of April 18, 2014: Implications for recurrent $M > 7$ thrust earthquakes in western Guerrero, *Geof. Int.*, 56-1, 13-26.

Stein, S. & M. Wysession (2003). *An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure*, Wiley-Blackwell.

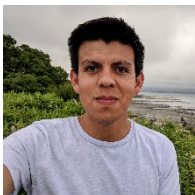
Semblanzas



Carlos Mendoza

Sismología, fuentes sísmicas, monitoreo sísmico, peligro sísmico.

Carlos Mendoza es investigador titular B del Centro de Geociencias de la UNAM Campus Juriquilla. Sus líneas de investigación principales están centradas en el estudio de las propiedades de la fuente sísmica y el proceso de ruptura de sismos mayores. Estos estudios se hacen a través de la modelación numérica de datos digitales registrados en estaciones sismológicas a distancias locales, regionales y telesísmicas. Estudios desarrollados hasta la fecha han examinado la evolución de la ruptura sísmica de sismos importantes en México, Centroamérica, Sudamérica, Asia y EUA utilizando métodos de inversión de falla finita que identifican la distribución espacial y temporal del deslizamiento cosísmico sobre la falla. Los resultados de estos estudios han contribuido al conocimiento actual sobre la generación de sismos mayores en el interior y a lo largo de las fronteras de las placas tectónicas. Su trabajo reciente se ha concentrado en el desarrollo de técnicas automatizadas de inversión utilizando datos registrados en tiempo real, lo cual es de gran utilidad para el desarrollo de programas de respuesta rápida después de la ocurrencia de un sismo mayor. Ha aplicado además métodos de inversión de formas de onda para determinar el mecanismo de fallamiento de los sismos, por ejemplo, en el análisis de datos regionales de banda ancha para identificar fuentes capaces de generar tsunamis en el Caribe, importante para el desarrollo de sistemas de alerta. Otras líneas de investigación incluyen el estudio de patrones de sismicidad y réplicas, la deformación sismotectónica en zonas de subducción, la predicción del movimiento sísmico local y el asesoramiento del peligro sísmico en zonas sísmicas utilizando procedimientos probabilísticos y determinísticos.



Alan Juárez

Sismología, tomografía sísmica, fuentes sísmicas.

Alan Juárez es estudiante de doctorado en la Universidad del Sur de California (USC) en Los Ángeles. Alan recibió el grado de Licenciatura en Ingeniería Geofísica y Maestría en Ciencias de la Tierra en 2014 y 2016, respectivamente, por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en la Ciudad de México. En 2016, fue galardonado con la Beca Dornsife/USC para sus estudios de posgrado en USC. Su interés científico se centra en el análisis de datos sísmicos y en la teoría de inversión geofísica para la caracterización de fuentes sísmicas y la construcción de modelos tridimensionales de propagación de ondas. Desde 2016 es miembro del Grupo de Jóvenes del Tratado para la Prohibición Completa de Ensayos Nucleares (TPCE-CYG), perteneciente al sistema de Naciones Unidas. En 2019 fue electo Coordinador para América Latina y el Caribe del CYG. Como miembro y coordinador de CYG, promueve la sinergia entre ciencia y política incorporada en el TPCEN organizando y participando en conferencias sobre ciencia, política y paz.



Armando Espíndola

Sismología computacional, teoría de inversión, propagación de ondas sísmicas.

Armando Espíndola es estudiante de doctorado en la Universidad de Ciencia y Tecnología King Abdullah (KAUST) en Arabia Saudita. Armando recibió el grado de Licenciatura en Ingeniería Geofísica y Maestría en Ciencias de la Tierra en 2015 y 2017, respectivamente, por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en la Ciudad de México. Su interés científico se centra en la Geofísica computacional específicamente en métodos numéricos para la propagación de ondas sísmicas usando computo de alto rendimiento, como también en el mejoramiento de los modelos del interior de la tierra.