

STUMPP Douglas Sami (2024): Combining nodal ambient noise tomography with deep learning methods for Enhanced volcanic imaging during unrest : a case study of Vulcano-Lipari System (Italy)

Résumé

La méthode de tomographie par bruit ambiant (ANT) est largement adoptée pour reconstruire les anomalies de vitesse des ondes secondaires et pour générer des images à haute résolution de la croûte et du manteau supérieur.

Une étape critique de ce processus est l'extraction des courbes de dispersion des ondes de surface à partir des fonctions de corrélation des enregistrements continus de bruit ambiant, qui est traditionnellement réalisée manuellement sur les spectrogrammes de dispersion par le biais d'interfaces. La sélection des courbes de dispersion est parfois sujette à des biais dus à l'interprétation humaine. En outre, il s'agit d'une tâche laborieuse et fastidieuse qui doit être résolue de manière automatisée, en particulier lorsqu'il s'agit d'un réseau sismique dense de géophones où la grande quantité de données générées entrave sérieusement les approches de sélection manuelle. Au cours de la dernière décennie, plusieurs études ont utilisé avec succès des méthodes d'apprentissage automatique en sciences de la terre et dans de nombreuses applications sismologiques. Les premières études ont montré des solutions polyvalentes et fiables en traitant l'extraction des courbes de dispersion comme un problème de reconnaissance visuelle.

Nous examinons et adaptons une approche spécifique d'apprentissage automatique, un autoencodeur convolutionnel profond et pré-entraîné, pour l'utiliser sur des spectrogrammes de dispersion générés avec le traitement habituel d'analyse fréquence-temps (FTAN) sur les fonctions de corrélation du bruit ambiant. Le jeu de données se compose d'enregistrements acquis avec un réseau local dense de géophones (196 stations à courte période échantillonnant à 250 Hz) déployé pendant un mois en octobre 2021, au cours de l'agitation volcanique du complexe Vulcano-Lipari, en Italie. Nous évaluons les performances d'extraction des courbes de dispersion par l'autoencodeur profond et effectuons un contrôle de qualité méticuleux et un post-traitement. Les courbes de dispersion sélectionnées automatiquement ont été utilisées pour construire un modèle de vitesse des ondes de surface du système magmatique et

hydrothermal de Vulcano, qui est cohérent avec les caractéristiques générales observées sur le terrain et le scénario de l'agitation de dégazage de 2021.

Abstract

The ambient noise tomography (ANT) method is widely adopted to reconstruct shear-wave velocity anomalies and to generate high-resolution images of the crust and upper-mantle. A critical step in this process is the extraction of surface-wave dispersion curves from cross-correlation functions of continuous ambient noise recordings, which is traditionally performed manually on the dispersion spectrograms through human-machine interfaces. Picking of dispersion curves is sometimes prone to bias due to human interpretation. Furthermore, it is a laborious and time-consuming task that needs to be resolved in an automatized manner, especially when dealing with dense seismic network of nodal geophones where the large amount of generated data severely hinders manual picking approaches. In the last decade, several studies successfully employed machine learning methods in Earth Sciences and across many seismological applications. Early studies have shown versatile and reliable solutions by treating dispersion curve extraction as a visual recognition problem.

We review and adapt a specific machine learning approach, a pre-trained deep convolutional autoencoder, for the use on dispersion spectrograms generated with the usual frequency-time analysis (FTAN) processing on ambient noise cross-correlations. The dataset consists of records acquired with a dense local geophone network (196 short period stations sampling at 250 Hz) deployed for one month in October 2021, during the volcanic 2021 unrest of the Vulcano-Lipari complex, Italy. We evaluate the performance of the dispersion curves extraction algorithm and perform meticulous quality control and post-processing. The automatically-picked dispersion curves were used to construct a surface wave velocity model of Vulcano magmatic-hydrothermal system, which relates coherently with the general observed field features and the 2021 degassing unrest scenario.