

# Streszczenie

Techniki obrazowania sejsmicznego są jednym z głównych narzędzi geofizycznych pozwalających na wgląd w budowę geologiczną litosfery. Jednak kluczem do uzyskania optymalnego obrazu sejsmicznego jest dobór odpowiedniej sekwencji przetwarzania danych, ukierunkowanej na oddzielenie sygnału sejsmicznego od szumu. Warto podkreślić, że znaczna część metod poświęconych odszumianiu danych sejsmicznych wywodzi się z dziedziny przetwarzania obrazów. Czerpiąc z tego podejścia, w pracy zaprezentowałem technikę usuwania szumu opierającą się na transformacji krzywkowej (ang. Curvelet Transform - CT). Transformacja ta jest szczególnie interesująca z punktu widzenia przetwarzania sejsmicznego, ponieważ pozwala na optymalną pod względem dokładności oraz ilości współczynników reprezentację obiektów krzywoliniowych, za pomocą wieloskalowych i wielokierunkowych funkcji bazowych - tzw. krzywek (ang. curvelets).

Pracę rozpoczynam przeglądem właściwości CT oraz wprowadzeniem koncepcji tłumienia szumu sejsmicznego, a następnie formułuję praktyczny algorytm umożliwiający optymalne oddzielenie sygnału sejsmicznego od szumu. Zaprezentowana idea opiera się na oszacowaniu wartości progowych dla współczynników reprezentujących sygnał i szum, w zależności od pewnych zakresów częstotliwości oraz kierunków w domenie krzywek. Z przeprowadzonej analizy wynika, że pozwala to na uzyskanie lepszych wyników w porównaniu do tych, uzyskanych przy zastosowaniu pojedynczego progu dla wszystkich współczynników.

W dalszej części pracy demonstruję szeroką gamę zastosowań opracowanej metody, w celu poprawy jakości finalnych obrazów sejsmicznych, a także uzyskania lepszej koherencji danych służących do budowy modeli prędkości. Prezentację wyników rozpoczynam od syntetycznych przykładów dwuwymiarowych sekcji sejsmicznych po składaniu, by następnie przejść do ich rzeczywistych odpowiedników. W dalszej części prezentuję rezultaty odszumiania unikalnych, i wymagających pod względem przetwarzania, zestawów danych trójwymiarowych, pomierzonych na potrzeby poszukiwań surowców mineralnych. Przetworzone sekcje sejsmiczne demonstrują znacznie lepszą jakość sygnału wykazaną zarówno jakościowo, jak i ilościowo. Ponadto stosuję CT w celu poprawienia koherencji sygnału archiwalnych danych refleksyjnych, będących przedmiotem migracji głębokościowej przed składaniem. W wynikach wykazuję, że wykorzystanie przetworzonych danych w tomografii refleksyjnej pozwala na uzyskanie spójnego i wiarygodnego modelu prędkości dla obrazowania głębokościowego. Wreszcie przedstawiam zestawienie CT do odszumiania skomplikowanych zestawów danych sejsmicznych przed składaniem, cechujących się niskim stosunkiem sygnału do szumu. Wybrane dane różnią się pod względem charakteru badanego ośrodka, wykorzystanej aparatury pomiarowej oraz geometrii akwizycji.

Prezentuję trójwymiarowe dane z rejonów poszukiwań surowców mineralnych, dwuwymiarowe dane mikrosejsmiczne, pomierzone w trakcie szczelinowań hydraulicznych oraz dwuwymiarowe, morskie dane skorupowe o zasięgu regionalnym. Przedstawione przykłady danych sejsmicznych ilustrują w jaki sposób, wykorzystując CT, można uzyskać jakość sygnału, pozwalającą na zastosowanie różnych technik budowania modeli prędkościowych w oparciu o te dane. Otrzymane wyniki wskazują, że zaprezentowany algorytm tłumienia szumu sejsmicznego w dużym stopniu przyczynia się do poprawy końcowych wyników obrazowania.



# Summary

Seismic imaging techniques are one of the main tools providing an insight into subsurface structure. However, a key to obtain an optimal subsurface image is the choice of appropriate seismic data processing targeted at the separation of signal and noise. Different approaches originating from the field of image processing were proposed for seismic noise attenuation and seismic signal enhancement. Here, I investigate the proprieties of a recently developed curvelet transform for the purpose of seismic data denoising. Curvelets are the multiscale, multidirectional basis functions allowing for an optimal and sparse representation of the images containing curvilinear objects - similar to those used during seismic imaging - therefore being appealing from the point of view of seismic processing.

In the thesis I briefly review the curvelet transform proprieties and introduce a concept of random and coherent seismic noise attenuation. This is followed by the demonstration of a practical curvelet-based framework for an optimal signal and noise separation. Presented idea rely on the estimation of the threshold values according to certain frequency bands and dips in the curvelet domain. The approach leads to the superior results comparing to those obtained with the estimation of single threshold level for all curvelet coefficients.

I present wide range of applications of the developed method aiming at improving the quality of the final seismic images, as well as to providing enhanced data for velocity model building. I proceed starting from illustrative synthetic 2D post-stack examples followed by their real data equivalents. I also apply the introduced framework for very unique and challenging 3D datasets acquired in so-called hardrock environment. The processed seismic volumes exhibit much better signal quality indicated in both qualitative and quantitative manner. Further, I employ the curvelet-based conditioning to process a legacy reflection data being subject for the pre-stack depth migration. I show how, due to this conditioning, reflection tomography was able to provide consistent and reliable velocity model for the depth imaging. Finally, I present the applications to challenging pre-stack datasets characterized by low signal to noise ratio including 3D gathers from the hardrock environment, 2D microseismic data and crustal-scale, ocean bottom seismometer data. I illustrate how datasets that are subject to the velocity model building via different techniques can be enhanced to provide signal quality allowing for better imaging. Presented examples indicate that application of curvelet-based data filtering strongly contributes to the improvement of the final imaging results.



