

## بررسی ساختار سرعتی موج برشی بالایی پوسته در گستره خراسان با استفاده از برگردان یک بعدی سرعت گروه موج ریلی

فرزانه طرقي<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، [F\\_torghii@yahoo.com](mailto:F_torghii@yahoo.com)

### چکیده

یکی از روش‌های کاربردی برای مطالعه ساختارهای سرعتی و شناسایی لایه‌های زمین، استفاده از ویژگی‌های پاشش امواج سطحی و تعیین سرعت امواج برشی می‌باشد. در این مطالعه از رویداد یک زمین‌لرزه با بزرگی  $M=5.2$  (سال ۲۰۲۱/۹/۱۳) استفاده می‌گردد. بعد از آماده سازی داده‌ها (حذف اثر روند و میانه، پاسخ دستگاهی)، محاسبه‌ی منحنی پاشش امواج ریلی، را محاسبه می‌نماییم با استفاده از فرآیند وارون‌سازی کمترین مربعات خطی شده تکرار شونده سرعت موج برشی محاسبه می‌گردد. نتایج سرعت موج برشی نشان دهنده دو لایه سرعتی نزدیک به سطح با ضخامت‌های مختلف است. این لایه‌ها می‌توانند بیانگر لایه‌ی رسوبات آبرفتی همچنین basement باشند. واژه‌های کلیدی: منحنی پاشش، امواج ریلی، سرعت موج برشی، معکوس سازی، ضخامت لایه، خراسان رضوی.

## Shear-Wave velocity structure of the upper crust in Khorasan using 1D inversion of Rayleigh wave group velocity

Farzaneh Torghi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>PHD student Islamic Azad University, Science and research Branch. , [F\\_torghii@yahoo.com](mailto:F_torghii@yahoo.com)

### Abstract

One of the common method shear wave velocity model and identifying the subsurface layers is the use of surface wave dispersion curves. In this study, we used an earthquake  $M=5.2$  (2021/9/13 04:02:31.1). After preparing the waveforms (removing mean and trend, correcting instrument response, etc.), I calculated the Rayleigh wave dispersion curve. Then, I applied a linearized iterative damped least-square inversion to obtain shear wave velocity model. The models indicate two clear layers including sedimentary and basement.

**Keywords:** dispersion curve, Rayleigh wave Shear wave velocity, inversion, Khorasan

### ۱ مقدمه

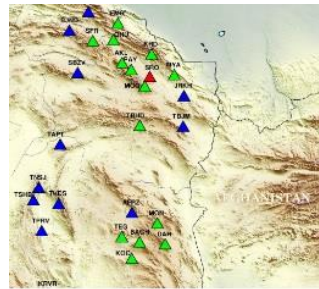
این منطقه در ناحیه شمال خاور ایران قرار دارد که در بر گیرنده بخشی از ایالت لرزه زمین ساختی کپه داغ و قسمت کوچکی از ایالت لرزه زمین ساختی ایران مرکزی است (اظه‌ری ۱۳۹۷). این منطقه در سال‌های اخیر میزبان زمین لرزه‌هایی با بزرگ‌های تا  $M=5.2$  بوده است. مطالعات پیشین ضخامت پوسته در بعضی از نواحی استان‌های خراسان را تا ۴۲ کیلومتر برآورد نموده اند (آسوده ۱۹۸۲). از طرفی ضخامت پوسته در این منطقه توسط محققان دیگر مقادیری در بازه ۵۲ تا ۵۵ کیلومتر (معظمی و گودرزی ۱۹۷۴)، ۴۸ کیلومتر (گانتیز و توکسوز ۱۹۷۸)، و ۴۴ کیلومتر (توبمن ۱۹۸۱)، ۵۲ کیلومتر (جوان لولویی و غفوری آشتیانی ۱۳۸۴)، ۵۱ کیلومتر (سید حسین صادقی و همکاران ۱۳۸۷) نیز تعیین شده است.

زلزله شناسی از روش‌های متفاوتی برای بدست آوردن ساختار درونی زمین (آنومالی‌های سرعتی، چشمه و غیره) استفاده می‌کند. یکی از روش‌های متداول، استفاده از ویژگی پاشش امواج سطحی (پارک ۱۹۹۹) موج ریلی (تیزیا و همکاران ۱۹۹۹؛ هاگان و همکاران ۲۰۱۷) حاصل از زمین لرزه‌ها می‌باشد. از آنجایی که امواج سطحی با دوره‌های مختلف به ساختارهای سرعتی در عمق‌های مختلف حساس هستند. به همین دلیل امواج دوره بلند حساسیت بیشتری به عمق

زیاد، و همچنین امواج با دوره کوتاه حساس به اعماف کم می‌باشند. در این پژوهش برای بررسی ساختار بالایی این منطقه از وارون سازی منحنی پاشش موج ریلی استفاده نمودیم. با توجه به اینکه شهرهای این منطقه در فاصله ۱۰ تا ۱۵ کیلومتری گسل فعال قرار دارند و همچنین این شهرها روی آبرفت ضخیم قرار دارند. در این پژوهش تمرکز خود را روی بررسی آبرفت‌های این منطقه قرار دادیم.

## ۲ روش تحقیق

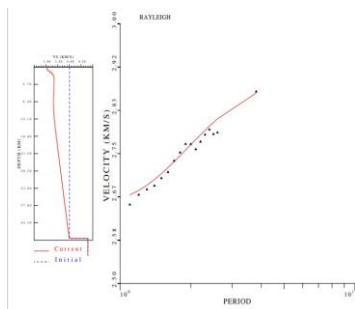
در این پژوهش از زمین لرزه با بزرگی  $M=5.2$  در (۲۰۲۱/۹/۰۴:۰۲:۳۱.۱). این رویداد در هشت ایستگاه KRD, JRKH, TBJM, TAPT, TNSJ, PAY, MYA, MOG از مجموعه ایستگاه‌های مرکز لرزه نگاری دانشگاه تهران ثبت شده است. شکل ۱ ایستگاه‌هایی که این رویداد را ثبت کرده‌اند با مثلث‌هایی با رنگ سبز و آبی نشان می‌دهد.



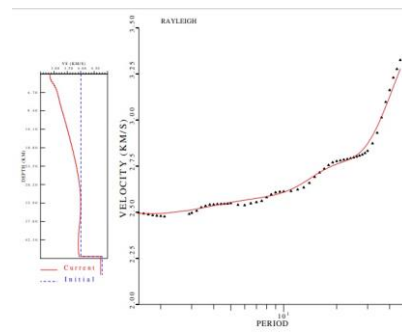
شکل ۱. منطقه مورد مطالعه، ایستگاه‌های مرکز لرزه نگاری دانشگاه تهران با فاصله‌های متفاوت از چشمه

برای جلوگیری از خطای احتمالی، تمامی شکل موج‌های مولفه قائم ثبت شده، با گاف (gap) زمانی بیشتر از یک ثانیه را از ادامه فرآیند پردازش حذف نموده‌ایم. سپس برای تمامی شکل موج‌های باقی‌مانده مقدار روند و میانه را حذف می‌نماییم. در گام بعدی تمامی شکل‌هایی با فاصله رومرکزی بین ۵۰ تا ۲۰۰ کیلومتر را جدا نموده و با استفاده از بسته نرم افزاری هرمن و آمون (۲۰۱۳) مقدار منحنی‌های پاشندگی را محاسبه می‌نماییم. مقدار ضریب گائوسی را برای فواصل کمتر و بیشتر از ۱۰۰ کیلومتر بترتیب ۳ و ۶ در نظر می‌گیریم. منحنی‌های محاسبه شده در هر ایستگاه، با دوایر سیاه رنگ در پنجره‌های سمت راست در شکل ۲ نشان داده شده است.

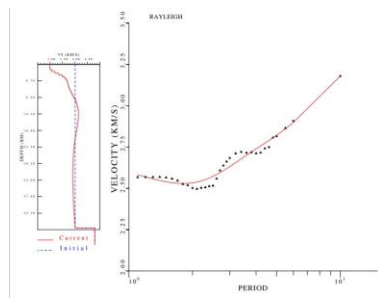
با استفاده از منحنی‌های پاشندگی محاسبه شده بعنوان داده‌ی ورودی ( $d^{obs}$ ; observed data)، و فرآیند وارون سازی کمترین مربعات خطی شده تکرار شونده‌ی میرا (linearized iterative damped least-square)، سرعت موج برشی یک بعدی بصورت تابعی از عمق محاسبه می‌شود. پارامتر مدل، براساس یک نیم فضا با لایه‌ایی با سرعت ثابت از سطح تا عمق ۴۰ کیلومتر و فواصل لایه‌های یک کیلومتری (بدون لایه کم سرعت) مشخص گردید (خط چین آبی در پنجره‌های سمت چپ در شکل ۲). برای این فرآیند، مقدار پارامتر بهینه‌سازی (مانند میرایی) با استفاده از منحنی  $L$  استاندارد تعیین می‌گردد. شکل ۲ نتایج سرعت موج برشی را بصورت تابعی از عمق (خطوط قرمز در پنجره سمت چپ) نشان می‌دهد.



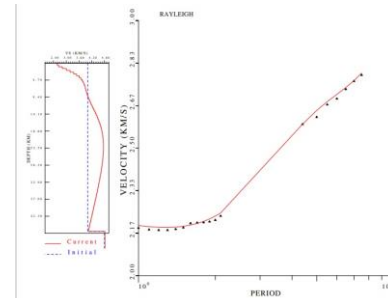
(ب)



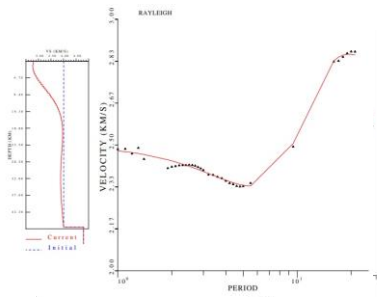
(الف)



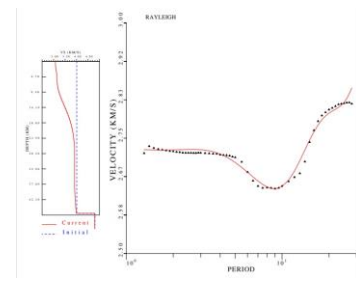
(ت)



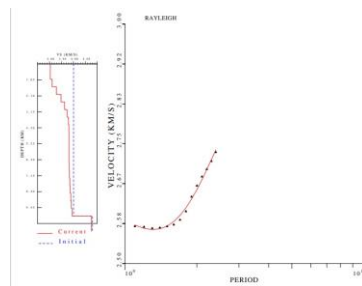
(پ)



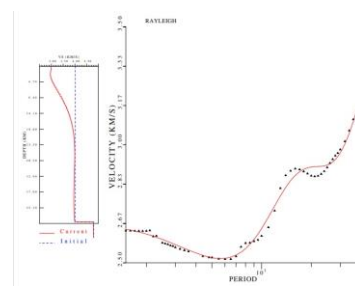
(خ)



(ح)



(ذ)



(د)

شکل ۲. منحنی پاشندگی سرعت گروه امواج ریلی در ایستگاه (الف) مشهد (JRKH) ، (ب) مشهد (KRD) ، (پ) مغان (MOG)، (ت) میامی (MYA) ، (ج) عشق آباد (TAPT) ، (ح) تربت جام (TBJM) ، (د) طبس (TNSJ) ، (ذ) چناران (PAY)

### ۳ نتیجه گیری

بررسی نتایج سرعت موج برشی (شکل ۲) در ایستگاه‌های مختلف، نشان دهنده ضخامت آبرفت و لایه basement می باشد. بطوریکه برای ایستگاه‌های JRKH، KRD، MOG، MYA مقدار ضخامت رسوبات تا ۴ کیلومتر قابل شناسی است. در حالیکه این ضخامت برای TAPT تا ۸ کیلومتر، و برای ایستگاه TBJM ۱۰ کیلومتر محاسبه گردد. ضخامت رسوبات در ایستگاه‌های TNSJ و PAY تا ۶ کیلومتر برآورد می گردد. همچنین، با استفاده از مدل‌های یک بعدی سرعت موج برشی محاسبه شده، منحنی‌های پاشندگی مصنوعی محاسبه شده است (خطوط قرمز در پنجره‌های سمت راست شکل ۲). مقایسه مقادیر مشاهده ای و مصنوعی منحنی پاشندگی، برآوردی از عدم قطعیت مدل سرعت موج برشی را بدست می دهد.

## منابع

- اظهري. سيد. م، رضاپور، م، متقی، ع، ۱۳۹۷. بررسی ساختار سرعتی پوسته فوقانی در ناحیه شمال خاور ایران در محدوده گسل‌های کشف رود و بینالود.
- جوان دولوئی، غ، غفوری آشتیانی، م. 1384. تعیین ساختار سرعت لرزه ای پوسته در ناحیه مشهد بر اساس تابع انتقال گیرنده لرزه ای امواج تراکمی. پژوهشگاه زلزله شناسی و مهندسی زلزله، 27: 30-38.
- صادقی، ح، نصیری پور، ب، کاویانی، ا، تاکناکا، ه. 1387. تعیین عمق موهو و نسبت  $V_p/V_s$  پوسته در دامنه‌های شمالی ارتفاعات بینالود دشت مشهد با استفاده از روش توابع گیرنده زلزله‌های دور لرز ثبت شده در شبکه لرزه نگاری خراسان
- Asudeh, I., 1982. Seismic structure of Iran from surface and body wave data. *Geophysical Journal of Research Astronomy Society*, 71: 715-730.
- Canitez, N., & Toksoz, M.N., 1978. Rayleigh wave propagation and structure of the Iranian plateau. Preprint.
- Hakan Ç \*, Hamdi A., 2017, Crustal S-wave structure around the Lake Van region (eastern Turkey) from interstation Rayleigh wave phase velocity analyses: *Turkish Journal of Earth Sciences* 26: 73-90.
- Moazami-Goudarzi, K., 1974. La vitesse de phase des ondes de Rayleigh et les structures de la croûte et du manteau supérieur entre Machhad et Chiraz (Iran). *Pure and Applied Geophysics*, 112: 675-681.
- Park, C.B., R.D. Miller and J. Xia (1999). Multichannel analysis of surface waves, *Geophysics*, 64, 800-808
- Tubman, K.M., 1981. Crust and upper mantle structure of the Middle East and South Central Asia. *Seismic Discrimination Semiannual technical summary report*, Lincoln Laboratory, Massachusetts Institute of Technology.
- Xia, J., R.D. Miller and C.B. Park (1999). Estimation of near surface shear-wave velocity by inversion of Rayleigh waves, *Geophysics*, 64, 691-700.