

## بررسی انتهای شمالی گسل زندان - میناب با استفاده از توموگرافی دو بعدی امواج ریلی

سیده صدیقه علوی<sup>۱</sup>، عباس غلامزاده<sup>۲</sup>، محسن فرخی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه هرمزگان، [alavi\\_sedighe@yahoo.com](mailto:alavi_sedighe@yahoo.com)

<sup>۲</sup>استادیار، دانشگاه هرمزگان، [Abbas.gholam@hormozgan.ac.ir](mailto:Abbas.gholam@hormozgan.ac.ir)

<sup>۳</sup>استادیار، دانشگاه هرمزگان، [MFarrokhi@hormozgan.ac.ir](mailto:MFarrokhi@hormozgan.ac.ir)

### چکیده

هدف این مطالعه بررسی بخش انتهای شمالی گسل زندان-میناب در ناحیه فاریاب (جنوب شرق زون سندج-سیرجان) با استفاده از توموگرافی دو بعدی امواج ریلی است. در این مطالعه از پس‌لرزه‌های زلزله ۹ اسفند ۱۳۸۴، استفاده شده است. بعد از اعمال تصحیحات اولیه، منحنی‌های پاشندگی مد اصلی سرعت گروه امواج ریلی با استفاده از روش فیلتر چندگانه و پردازش در حوزه فرکانس زمان برای مسیرهای مختلف امواج لرزه‌ای برآورد شدند، سپس با استفاده از وارون سازی خطی - دوبعدی تعمیم یافته دیتما و یانوسکایا، نقشه‌های توموگرافی سرعت گروه برای پریودهای ۱/۵ و ۲/۵ ثانیه بدست آمد. در پریودهای ۱/۵ و ۲/۵ ثانیه، یک روند خطی به طول ۱۸ کیلومتر در امتداد سیستم گسل زندان-میناب پالامی (MZP) در این ناحیه مشاهده می‌شود که به نظر می‌رسد ادامه و امتداد گسل زندان-میناب پالامی باشد. این گسل رسوبات کم عمق را بریده است و با وجود اینکه در این ناحیه، روی زمین اثر چندانی از آن دیده نمی‌شود اما در اعماق کم زیر سطح وجود دارد. **واژه‌های کلیدی:** گسل زندان-میناب، توموگرافی دوبعدی، موج ریلی، زون سندج-سیرجان.

## Investigation of the Northern End of Zendan-Minab Fault Using 2D Tomography of Rayleigh Waves

Seyed Sedighe Alavi<sup>1</sup>, Abbas Gholamzadeh<sup>2</sup>, Mohsen Farrokhi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Msc student, Hormozgan University, [Alavi\\_sedighe@yahoo.com](mailto:Alavi_sedighe@yahoo.com)

<sup>2</sup>Assistance Professor, Hormozgan University, [Abbas.gholam@hormozgan.ac.ir](mailto:Abbas.gholam@hormozgan.ac.ir)

<sup>3</sup>Assistance Professor, Hormozgan University, [MFarrokhi@hormozgan.ac.ir](mailto:MFarrokhi@hormozgan.ac.ir)

### Abstract

The purpose of this study was to investigate the northern end of the Zendan-Minab fault in the Faryab area (south-east of Sanandaj-Sirjan Zone) using two-dimensional tomography of Rayleigh-wave. In this study, aftershocks of the February 28, 2005 Tiab, were used. After applying the initial corrections, the main dispersion curves of the speed of the group of Rayleigh waves were estimated using multiple filtering methods and processing in the frequency domain for different paths of seismic waves, then using the generalized linear-two-dimensional inversion, Tomography maps of group velocity in periods of 1.5 and 2.5 sec have been achieved. In periods of 1.5 and 2.5 seconds, a linear trend of 18 kilometers along the Zendan-Minab-Palami fault system (MZP) in this area is observed, which seems to be the continuation and extension of the Zendan- Minab- Palami fault.

**Keywords:** Zendan-Minab Fault; Rayleigh wave, 2D Tomography; Sanandaj-Sirjan Zone

### ۱ مقدمه

امواج سطحی در اثر حضور سطح آزاد تشکیل شده و کاهش دامنه ناشی از گسترش هندسی این امواج، بصورت عکس مجذور فاصله از چشمه می‌باشد، در حالی که این نوع کاهش در امواج پیکری (S و P) بصورت عکس فاصله می‌باشد، بر این اساس امواج سطحی بخش طولانی تر و پر قدرت تر در نداشت لرزه‌ای حاصل از انفجارات و زلزله‌های کم عمق راتشکیل می‌دهند (آدیاس ۱۹۹۹). سرعت امواج سطحی در محیط ناهمگن به بسامد موج وابسته است و با افزایش دوره تناوب امواج و افزایش طول موج، افزایش می‌یابد. امواج سطحی دارای طول موج بالا، از عمق زیادتری (دارای سرعت بیشتر) از ساختار زمین عبور می‌کنند و در نتیجه سرعت بیشتری نیز دارند. بررسی چگونگی تغییر سرعت انتشار امواج سطحی با توجه به پریود (منحنی‌های پاشندگی)، منجر به یافتن ساختار زمین می‌شود (اشتین ۲۰۰۳).

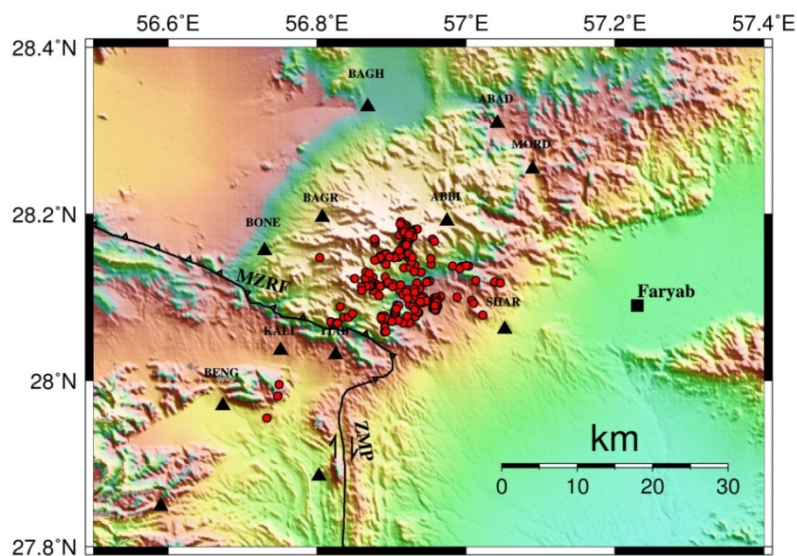
منطقه مورد مطالعه در منتهی الیه جنوب شرق زون دگرگونی سندج-سیرجان در عرض‌های جغرافیایی ۲۷/۹ تا ۲۸/۴ و طول جغرافیایی ۵۶/۶ تا ۵۷/۳ قرار گرفته است و از نظر زمین شناسی در مجاورت زاگرس و زون مکران واقع است. این زون

در اثر حرکات متعدد کوهزایی که در طی ادوار مختلف زمین شناسی، پوسته ایران را تحت تأثیر قرار داده‌اند، تشکیل شده است.

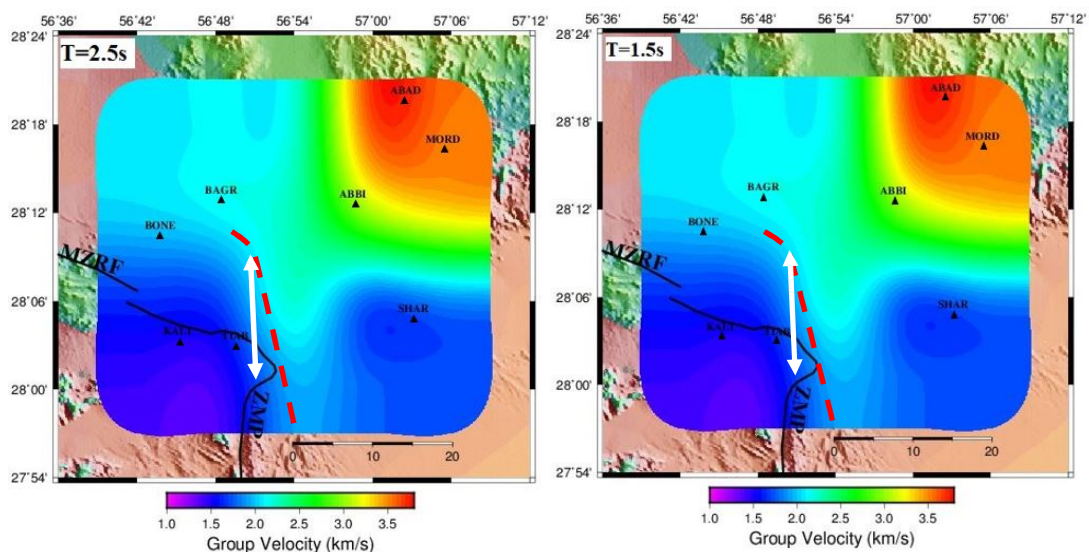
یکی از ساختارهای مهم زمین شناسی در این منطقه گسل زندان-میناب-پالامی است. این گسل با طول تقریبی ۲۵۰ کیلومتر از دریای عمان در جنوب تا گسل معکوس اصلی زاگرس در شمال امتداد دارد. گسل زندان-میناب از قطعات گسلی متعددی تشکیل یافته و به صورت سیستم گسلی است، روند این گسل شمالی-جنوبی است و دو واحد زمین‌ساختی، رسوبی زاگرس و مکران را از هم جدا می‌کند. انتهای شمالی گسل زندان میناب در منطقه مورد مطالعه واقع است و بنابراین هدف ما در این مطالعه بخش انتهایی این گسل می‌باشد.

## ۲ روش تحقیق

در این مطالعه از داده‌های مربوط به پس‌لرزه‌های ۹ اسفند ۱۳۸۴ تیاب، که توسط شبکه موقت محلی پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله ثبت شده، استفاده شده است (شکل ۱).



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد. در این شکل دایره‌های قرمز پس‌لرزه‌های انتخاب شده و مثلث‌های مشکی موقعیت ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲. نقشه سرعت گروه موج ریلی برای پریمدهای (راست) ۱/۵ و (چپ) ۲/۵ ثانیه، خط چین قرمز امتداد گسل زندان-میناب و پیکان سفید نشان‌دهنده طول امتداد گسل زندان-میناب پالامی

داده‌های مورد استفاده در این کار، پس لرزه‌های زلزله ۹ اسفند ۱۳۸۴ با بزرگی  $M_w = 6.0$  است که در محدوده زمانی ۹ اسفند ۱۳۸۴ تا ۱۲ فروردین ۱۳۸۵ ثبت شده‌اند. تعداد ۴۳۵ رویداد که دارای دقت تعیین محل مناسبی بودند برای پردازش انتخاب شده و بعد از اعمال تصحیحات اولیه، یعنی اثرات ناشی از پاسخ دستگاهی، خط مبنا و روند از داده‌ها حذف می‌شوند. منحنی‌های پاشندگی مد اساسی سرعت گروه موج ریلی با استفاده از روش فیلتر چندگانه و پردازش در حوزه فرکانس زمان با استفاده از بسته نرم‌افزاری هرمن (۲۰۰۲) برای مسیرهای مختلف چشمه- ایستگاه برآورد شدند. بعد از برآورد منحنی‌های پاشندگی مد پایه، با استفاده از روش وارون سازی خطی- دوبعدی تعمیم یافته دیتما و یانوسکایا (۱۹۸۷) و یانوسکایا و دیتما (۱۹۹۰)، نقشه‌های توموگرافی سرعت گروه برای پروده‌های ۱/۵ و ۲/۵ ثانیه بدست آمدند (شکل ۲).

### ۳ نتیجه گیری

در پروده‌های ۱/۵ و ۲/۵ ثانیه (شکل ۲، الف و ب)، سرعت‌های متفاوتی در دو طرف خط چین قرمز دیده می‌شود. در این پروده‌ها که مربوط به لایه‌های سطحی پوسته هستند (احتمالاً رسوبات) به خط شدگی واضحی به چشم می‌خورد. سرعت در سمت راست خط چین قرمز حدود ۱ کیلومتر بر ثانیه است و در سوی دیگر خط چین در سمت شرق آن سرعت در حدود ۲/۲ کیلومتر بر ثانیه می‌باشد که مرز مشخصی را ایجاد کرده است این مرز از قسمت شمالی گسل زندان میناب شروع می‌شود و حدود ۱۸ کیلومتر به سمت شمال ادامه دارد، انتظار می‌رود که این خط چین معرف امتداد گسل زندان- میناب باشد. غلامزاده و همکاران (۲۰۰۹)، بر اساس حل سازوکار کانونی پس‌لرزه‌های زلزله ۹ اسفند ۸۴، وجود یک ناحیه گسلی راستا لغز، در امتداد سیستم گسل زندان- میناب پالامی (MZP) را مشاهده کردند اما موقعیت و چگونگی امتداد مشخص نکردند. محتمل بنظر می‌رسد که به خط شدگی‌های نشان داده شده در شکل ۲، امتداد گسل زندان- میناب پالامی باشد. این روند موید این است که گسل زندان- میناب، که نقش مهمی در جدایش زون رسوبی زاگرس از منطقه فرورانش مکران دارد، در زون دگرگونی سنندج- سیرجان به سمت شمال ادامه یافته و رسوبات نسبتاً کم عمق را قطع نموده است. لازم بذکر است که این قسمت آثار سطحی واضحی در سطح زمین از خود نشان نمی‌دهد.

### تشکر و قدردانی :

داده‌های این پژوهش مربوط به پروژه ۳۳۰-۵۱۱۹ پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله است، بنا بر این نگارندگان وظیفه خود می‌دانند که از تیم عملیاتی پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی که در شرایط سخت میدانی اقدام به نصب شبکه موقت لرزه نگاری و داده برداری کردند و مسئولان محترم پژوهشگاه برای در اختیار گذاشتن داده‌ها، صمیمانه تشکر و قدردانی کنند.

### منابع

- Ditmar, P. G., & Yanovskaya, T. B., 1987, Generalization of Backus-Gilbert method for estimation of lateral variations of surface wave velocities. *Phys Solid Earth, zvestia Acad. Sci U S S R* 23(6), 470-477.
- Gholamzadeh, A., Tatar, M., Hessami, K., 2009, The February 28, 2006 Tiab earthquake,  $M_w = 6.0$ : Implications for tectonics of the transition between the Zagros continental collision and the Makran subduction zone, *Journal of Geodynamics*, Vol. 55, pp. 56-65.
- Herrmann, R.B. and Ammon, C.J., 2002, *Computer Programs in Seismology, Surface Waves, Receiver functions and Crustal structure*, Department of Earth and Atmospheric Sciences, Saint Louis University, St Louis.
- Stein, S. & Wysession, M., 2003. *An introduction to seismology, earthquake, and earth structure*, Blackwell publishing
- Udias, A., 1999, *Principles of Seismology*, Cambridge University Press.
- Yanovskaya, T.B. & Ditmar, P.G., 1990, Smoothness criteria in surface wave tomography. *Geophys. J. Int.*, **102**, 63-72.