

On the Radial Anisotropy of the Crust and Upper Mantle Using Seismic Noise Tomography Beneath Iran Plateau

Gholam Javan-Doloei

Associate Professor, Seismology Research Center
javandoloei@iiees.ac.ir

Ramin Movaghari, Mohammad Tatar, Ahmad Sadidkhouy

The convergence between Arabian and Eurasian plates made the Iranian plateau as an active seismic region in the west of Asia. The tectonic features with young and high topography throughout the Iranian plateau are the results of Arabia-Eurasia continental collision. Despite many studies on the tectonic evolution of the collision zone beneath the Iranian plateau, a better understanding of the dynamic processes requires employing various approaches to evaluate the lithospheric structure. In this study, we investigate crust and uppermost mantle structures using ambient seismic noise. The ability of ambient noise tomography (ANT) to evaluate subsurface structures has been proved in various scales of regions. First, we process three years continuous ambient noise data recorded in 98 stations within Iran and adjacent area as shown in Figure (1). A proper dataset consists of over 2000 inter-station paths have been used to present 2D tomographic images of group and phase velocity and then calculate a quasi-3D shear wave velocity model. The model provides the opportunity for further understanding of the processes related to continental collision from upper crust to uppermost mantle beneath the Iranian plateau.

In the next step, Radial anisotropy model is calculated from the difference between vertically polarized and horizontally polarized shear wave velocity models. Radial anisotropy helps us to understand the evolution and geodynamic processes, and the effects of the collision and convergence on the deformation of the crust and uppermost mantle beneath the Iran plateau.

The observed surface wave and shear wave velocities show the impact of thick sediments on the models beneath Zagros orogenic belt. The low shear wave velocity beneath Central Iran implies presence of warm asthenospheric materials in this area which can be related to oceanic slab-break off after onset of the continental collision. Crustal thickening due to Arabia-Eurasia collision can be seen in transects of shear wave velocity models. Radial anisotropy of the shallow structures reveals the effect of micro-cracks/fractures aligned in the vertical direction. Positive radial anisotropy within the middle and lower crust is attributed to the presence of a ductile shear zone in the crust. The radial anisotropy results show the presence of strong anisotropy, which originated from anisotropic minerals beneath the crust

محاسبه ناهمسانگردی شعاعی پوسته و جبه بالایی فلات ایران با استفاده از توموگرافی لرزه‌ای نوفه

غلام جوان دلویی

دانشیار پژوهشکده زلزله‌شناسی javandoloei@iiees.ac.ir

رامین موقری، محمد تاتار، احمد سدیدخوی

فلات ایران به عنوان فعالترین ناحیه لرزه‌خیز غرب آسیا، نتیجه همگرایی صفحات عربی و اوراسیا است که ویژگی‌های تکتونیکی فلات ایران با توپوگرافی مرتفع و جوان را از سایر مناطق همجوار متمایز ساخته است. علی‌رغم مطالعات انجام شده در حوزه تکتونیک منطقه، درک بهتر فرایندهای دینامیکی برخورد قاره‌ای در فلات ایران نیازمند پژوهش‌هایی با رویکردهای مختلف برای بررسی ساختار لیتوسفر است. در این پژوهش، ساختار پوسته و جبه بالایی ایران با استفاده از نوفه‌های لرزه‌ای بررسی شده است. کارایی و قابلیت توموگرافی لرزه‌ای نوفه محیطی در بررسی مقیاس‌های مختلفی از ساختارهای زیرسطحی در سال‌های اخیر به خوبی اثبات شده است و در یک دهه اخیر محققین بسیاری را به این شاخه از علم زلزله‌شناسی جذب نموده است. در این پژوهش، ابتدا برای ارائه تصاویر توموگرافی دو بعدی سرعت گروه و فاز موج‌های سطحی و مدل شبه سه‌بعدی ساختار سرعت موج برشی، مجموعه داده نوفه محیطی در بازه سه سال متوالی در ۹۸ ایستگاه داخل و اطراف ایران مطابق نقشه ارائه شده در شکل (۱) پردازش شده‌اند. توموگرافی لرزه‌ای دوبعدی با استفاده از حدود ۲۰۰۰ پرتو مسیر بین ایستگاهی انجام شده است و سپس با وارون‌سازی نقشه‌های سرعت موج‌های سطحی یک مدل شبه سه بعدی موج برشی با قدرت تفکیک حدود ۱ درجه در طول و ۱ درجه در عرض جغرافیایی برای فلات ایران ارائه گردید، شکل (۲). با استفاده از این مدل‌ها می‌توان فرایندهای وابسته به برخورد قاره‌ای ایران از عمق پوسته بالایی تا جبه بالایی را مورد بررسی قرار داد. در مرحله بعدی، با توجه به پیچیدگی‌های موجود آمده در طی برخورد قاره‌ای در فلات ایران، برای درک بهتر دگرشکلی‌های مرتبط با فرایندهای ژئودینامیکی و به منظور بررسی جریان‌های حرارتی سست کره که در طی برخورد به وجود آمده‌اند و همچنین تأثیر دینامیکی آن بر پوسته و جبه بالایی، ناهمسانگردی شعاعی با وارون‌سازی همزمان نقشه‌های سرعت موج‌های سطحی ریلی و لائو محاسبه و یک مدل شبه سه‌بعدی ناهمسانگرد مطابق شکل (۳) ارائه شده است. علاوه بر آن، دو مقطع عرضی در امتداد پروفیل‌های مشخص شده بر روی شکل (۳) از وضعیت ناهمسانگردی شعاعی درون پوسته فلات ایران در شکل (۴) محاسبه و ارائه شده است. نتایج توموگرافی لرزه‌ای نوفه محیطی در این پژوهش نشان‌دهنده تأثیرپذیری سرعت موج‌های سطحی و برشی از رسوبات ضخیم موجود در کمربند زاگرس است. وجود آنومالی سرعت پایین موج برشی در ایران مرکزی، حضور مواد گرم ناشی از سست کره در این ناحیه را تأیید می‌کند که می‌تواند ناشی از جداسازی صفحه فرورانده شده اقیانوسی پس از برخورد قاره‌ای باشد.

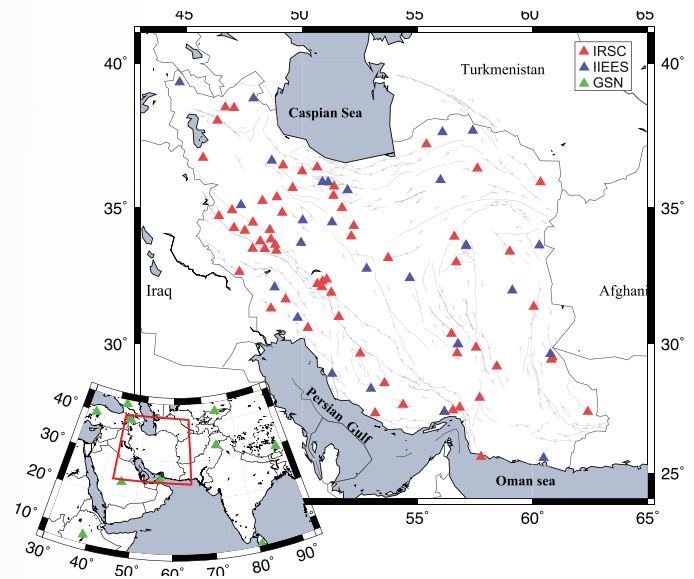
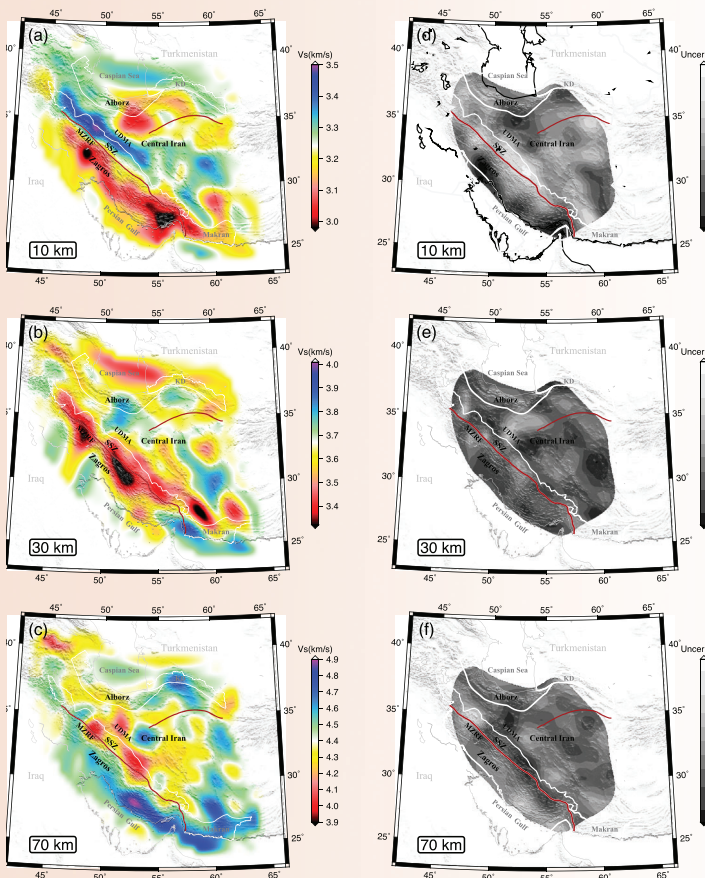
ضخیم‌شدگی پوسته زاگرس در طی برخورد قاره‌ای صفحات عربی و اوراسیا در مدل‌های بدست آمده سرعت موج برشی مشاهده می‌شود. مشاهدات ناهمسانگردی شعاعی در پوسته و جبه بالایی زاگرس نشان

and uppermost mantle of the Zagros under the influence of the collision. The polarity change of radial anisotropy from positive radial anisotropy in the crust to the negative in the upper mantle of the Zagros may be evidence for the decoupling of the crust from the upper mantle beneath the Zagros. In addition, these patterns confirm that different crustal and upper mantle minerals in the Arabian plate margin are aligned in different preferential orientation of their lattices under the same compressional deformation.

Keywords: Ambient noise tomography, Iranian plateau, Rayleigh and Love waves, Surface waves, Shear wave velocity, Velocity structures, Radial anisotropy

از وجود کانی‌های به شدت ناهمسانگرد در این ناحیه فشاری دارند. به طور کلی، الگوهای ناهمسانگردی شعاعی مشاهده شده در پوسته بالایی منطبق با وجود شکاف‌ها و ترک‌های موجود در ناحیه خرد شده فلات ایران هستند. ناهمسانگردی شعاعی در پوسته میانی تا پایینی در ناحیه زاگرس، وجود یک زون برشی در پوسته را تأیید می‌کند که باعث جهت‌گیری کانی‌ها در راستای تقریباً افقی شده است. تغییر ناهمسانگردی شعاعی از مقادیر مثبت در پوسته به مقادیر منفی در جبه بالایی زاگرس می‌تواند نشانه‌ای از جدایش پوسته از جبه بالایی باشد که باعث جهت‌گیری متفاوت کانی‌ها و به وجود آوردن الگوهای ناهمسانگردی متفاوت در این نواحی شده است.

واژه‌های کلیدی: توموگرافی نوفه، موج‌های سطحی، ساختار سرعتی موج برشی، ناهمسانگردی شعاعی، فلات ایران

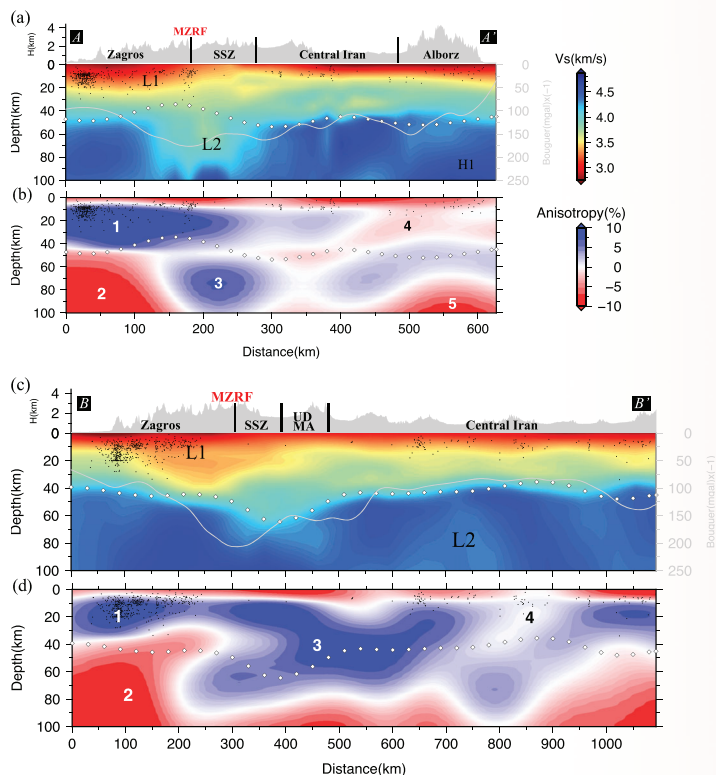


شکل (۱): نقشه موقعیت ایستگاه‌های لرزه‌نگاری مورد استفاده در این پژوهش، مثلث‌های

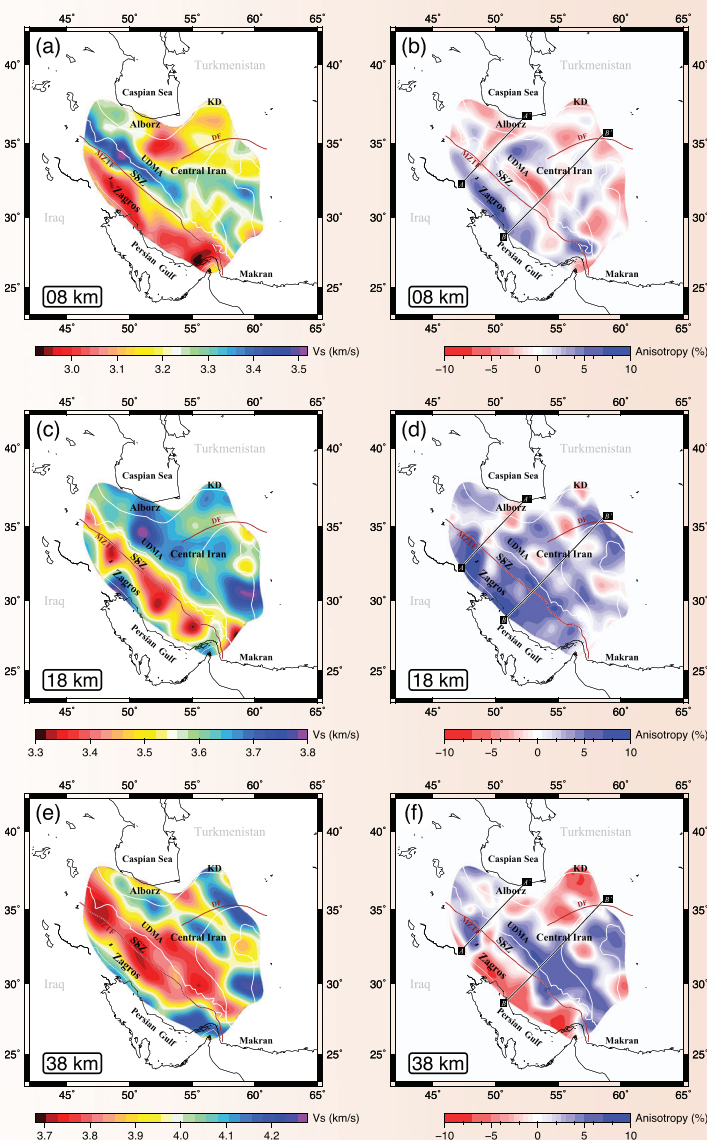
قرمز، آبی و سبز به ترتیب ایستگاه‌های شبکه
IRSC (Iranian Seismological Center)

IIEES (International Institute of Earthquake Engineering and Seismology)
و (GSN (Global Seismic Network) را نشان می‌دهند. گسله‌های اصلی منطقه با خطوط
خاکستری نشان داده شده است

شکل (۲): نقشه سرعت موج برشی (a-c) به همراه نقشه‌های عدم قطعیت تخمین سرعت موج
برشی (d-f) در عمق‌های ۱۰، ۳۰ و ۷۰ کیلومتر



شکل (۴): مقاطع عرضی مدل‌های سرعت موج برشی و ناهمسانگردی شعاعی در طول پروفیل‌های AA' و BB' که مکان‌های آنها در شکل (۳) نشان داده شده است. نقاط سفید نشان‌دهنده مقادیر موهو است که از مطالعه شاد منامن و همکاران (۲۰۱۱) گرفته شده است. خطوط خاکستری آنومالی‌های بویگه در راستای پروفیل‌ها را نشان می‌دهد. نقطه‌های مشکی مکان زلزله‌های بزرگتر از ۳.۵ در مقیاس موج‌های درونی (کاتالوک مرکز لرزه‌نگاری کشوری) را نشان می‌دهند



شکل (۳): نقشه‌های سرعت موج برشی و ناهمسانگردی شعاعی در عمق‌های ۸، ۱۸ و ۳۸ کیلومتر. موقعیت مقاطع عرضی AA' و BB' در شکل (۴) نمایش داده شده است