

مطالعه ساختار عمیق منطقه برخوردی زاگرس

سیدخلیل متقی^۱، اسماعیل شهبانیان^۲

^۱استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، kmotaghi@iasbs.ac.ir
^۲استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، shabanian@iasbs.ac.ir

چکیده

در این نوشتار نتایج مطالعه ساختار عمیق در امتداد پروفیل‌های زاگرس ۲۰۰۱، کپه‌داغ، زاگرس ۲۰۰۳ و ایران-چین ارائه شده است. نقشه تغییرات سرعت مطلق موج برشی (از برگردان همزمان تابع گیرنده و منحنی پاشش) و هندسه مرزهای درون لیتوسفری (محاسبه شده از مهاجرت به عمق توابع گیرنده) در امتداد سه پروفیل اول و تغییرات نسبی سرعت موج فشارشی (از توموگرافی امواج P دورلرز) در امتداد پروفیل چهارم محاسبه شده است. نتایج این مدل‌سازی‌ها نشان می‌دهد که در بخش شمالی زاگرس (کمان لرستان) همگرایی صفحات عربی و اوراسیا توسط زیراندگی لیتوسفر عربی به زیر ایران مرکزی اتفاق می‌افتد، در حالیکه در بخش جنوبی (کمان فارس) همگرایی منجر به تغییر شکل لیتوسفر عربی در درون خود شده و یک ضخیم‌شدگی به صورت ضخیم‌پوسته را ایجاد کرده است. توموگرافی امواج P دورلرز در بخش شمالی ناحیه برخوردی زاگرس، وجود یک آنومالی پرسرعت عمیق در زیر ایران مرکزی را نشان می‌دهد که می‌تواند از بقایای جدا شده اسلب اقیانوسی باشد.

واژه‌های کلیدی: زاگرس، ساختار عمیق، همگرایی، تابع گیرنده، مدل‌سازی

Deep structure of the Zagros continental collision zone

Khalil Motaghi¹, Esmail Shabanian¹

¹Assistant professor, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences, Zanjan

Abstract

This paper presents the deep structure features resolved across four profiles of Zagros 2001, Kopeh Dagh, Zagros 2003 and Iran-China. The absolute S-wave velocity map (obtained from joint inversion of receiver function and dispersion curve) and geometry of intra-lithospheric boundaries (obtained from migration of receiver functions) are presented for the three first profiles and the relative velocity variation of P-wave velocity is displayed for the fourth one. The models show that convergence in northern portion of the Zagros (Lorestan arc) is accommodated by underplating of Arabian plate beneath Central Iran while it is partly accommodated by internal deformation of Arabian plate in southern part of the Zagros (Fars arc). Teleseismic tomography across Iran-China profile confirms existence of a high velocity feature, probably a broken slab, beneath the Central Iran.

Keywords: Zagros, Deep structure, Convergence, Receiver function, Modeling

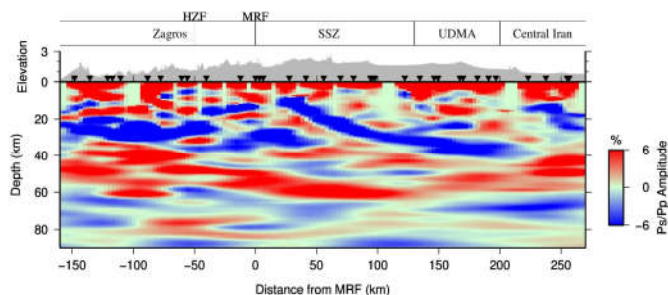
۱ مقدمه

فلات ایران و کوه‌های اطراف آن تحت تاثیر همگرایی عربی و اوراسیا به وجود آمده و دچار تغییر شکل شده است. این تغییر شکل عمدتاً به صورت همگرایی در کوهزادها و حرکات برشی در گسله‌های عظیم شرق ایران اتفاق می‌افتد. نحوه جذب این همگرایی در ساختارهای عمیق در مقیاس لیتوسفری به خوبی دانسته شده نیست. برای مثال مشخص نیست همگرایی بلوک‌های عربی و اوراسیا در رشته‌کوه زاگرس که مرز فعال کنونی بین این دو بلوک به شمار می‌رود چگونه اتفاق می‌افتد. به علاوه، مشخص نیست که آیا با توجه به تغییر راستای بردار همگرایی در امتداد زاگرس تغییر شکل در بخش‌های مختلف یکسان است یا به صورت جانبی در امتداد زاگرس تغییر می‌کند. خوشبختانه در دو دهه اخیر دو شبکه لرزه‌نگاری با همکاری پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله و دانشگاه ژوزف فوریه فرانسه در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۳ و یک شبکه لرزه‌نگاری با همکاری سازمان زمین‌شناسی، آکادمی علوم چین و دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان در سال ۲۰۱۴ عمود بر کوه‌زاد زاگرس نصب شده و داده‌برداری کرده است. یک شبکه نیز در بازه زمانی ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۸ توسط پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله و دانشگاه کمبریج انگلستان در ادامه پروفیل زاگرس ۲۰۰۱ داده‌برداری کرده است.

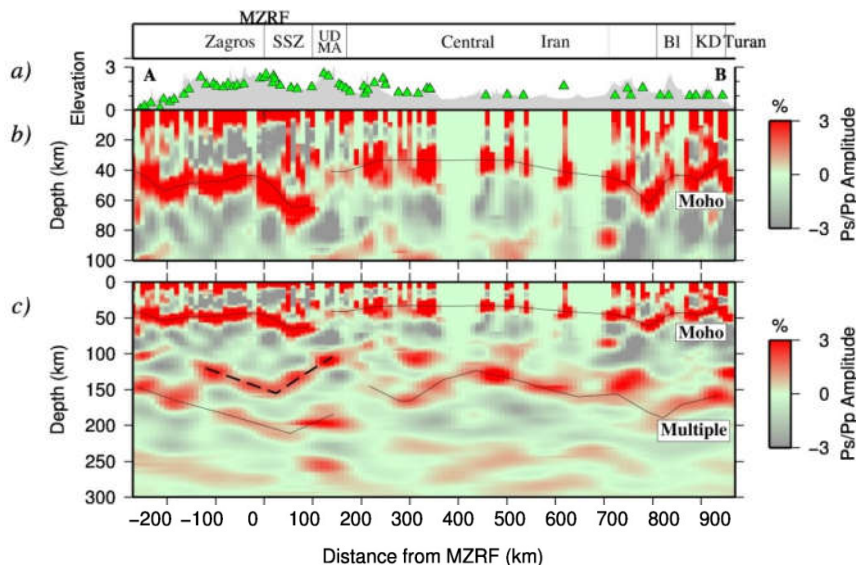
این مطالعه نتایج به دست آمده از تحلیل داده‌های دورلرز ثبت شده توسط این شبکه‌ها را ارائه می‌دهد. روش‌های استفاده شده برای تحلیل داده‌های دورلرز، روش تحلیل تابع گیرنده (لانگستون ۱۹۷۹)، مدل‌سازی همزمان تابع گیرنده و منحنی پاشش (جولیا و همکاران ۲۰۰۰) و توموگرافی امواج دورلرز (روش ACH، اکی و همکاران ۱۹۷۷) است. در این مطالعه مرزهای ناپیوستگی سرعت در لیتوسفر و تغییرات سرعت نسبی و مطلق در امتداد پروفیل‌های یاد شده مورد بررسی قرار می‌گیرد و تغییرات ساختار در امتداد و عمود بر این پروفیل‌ها نشان داده می‌شود.

۲ روش تحقیق

در این مطالعه توابع گیرنده P در امتداد پروفیل‌های زاگرس ۲۰۰۱، زاگرس ۲۰۰۳ و پروفیل کپه‌داغ (جمعاً ۱۲۰ ایستگاه) محاسبه و نمایش داده می‌شود. زلزله‌های استفاده شده رویدادهای رخ داده با بزرگای بیش از ۵/۵ هستند که در فاصله رومرکزی ۲۵ تا ۱۴۰ درجه رخ داده‌اند. برای محاسبه توابع گیرنده، پنجره P از ۵۰ ثانیه قبل از زمان رسید تئوری P تا ۱۰۰ ثانیه پس از آن جدا شده و پس از حذف میانگین، روند و اعمال فیلتر مناسب، مولفه قائم از مولفه‌های شعاعی واهمامیخت می‌شود. یک فیلتر گاوسی با پهنای ۱ به توابع گیرنده محاسبه شده اعمال شده و آنها را هموار می‌کند. توابع گیرنده محاسبه شده به عمق مهاجرت داده شده که نتایج این مهاجرت به عمق برای پروفیل زاگرس ۲۰۰۳ در شکل (۱) و برای پروفیل‌های زاگرس ۲۰۰۱ و کپه‌داغ در شکل (۲) نمایش داده شده است. جزئیات بیشتر درباره داده‌ها و تحلیل آنها را می‌توان در مقاله متقی و همکاران ۲۰۱۷ الف؛ ۲۰۱۷ ب) یافت.

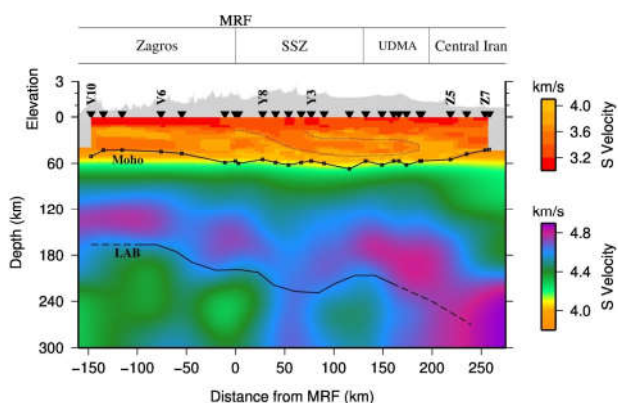


شکل ۱. مقطع عمقی به دست آمده از مهاجرت به عمق توابع گیرنده در زیر پروفیل زاگرس ۲۰۰۳ (متقی و همکاران ۲۰۱۷ ب)

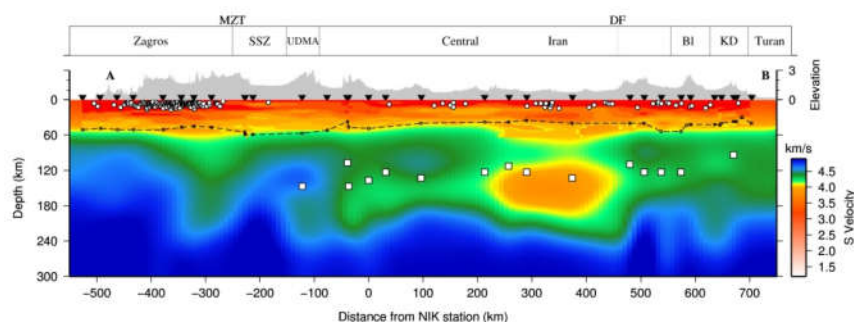


شکل ۲. مقطع عمقی به دست آمده از مهاجرت به عمق توابع گیرنده در زیر پروفیل‌های زاگرس ۲۰۰۱ و کپه‌داغ (متقی و همکاران ۲۰۱۷ الف) توابع گیرنده محاسبه شده در هر ایستگاه در صورت شباهت به یکدیگر با هم برانبارش شده و یک یا دو تابع گیرنده میانگین برای هر ایستگاه ارائه می‌شود. به علاوه برای هر ایستگاه از مطالعه رحیمی و همکاران (۲۰۱۴) منحنی پاشش محلی استخراج شده و این دو داده برای برگردان همزمان تابع گیرنده و منحنی پاشش مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای انجام برگردان

همزمان از برنامه joint96 که در بسته نرم‌افزاری "برنامه‌های کامپیوتری برای زلزله‌شناسی" (هرمن ۲۰۱۳) موجود است استفاده شده است. جزئیات برگردان همزمان را می‌توان در مقاله متقی و همکاران (۲۰۱۵) و متقی و همکاران (۲۰۱۷) یافت. نتایج این مدل‌سازی برای پروفیل‌های زاگرس ۲۰۰۳ در شکل (۳) و پروفیل‌های زاگرس ۲۰۰۱ و کپه‌داغ در شکل (۴) نمایش داده شده است.

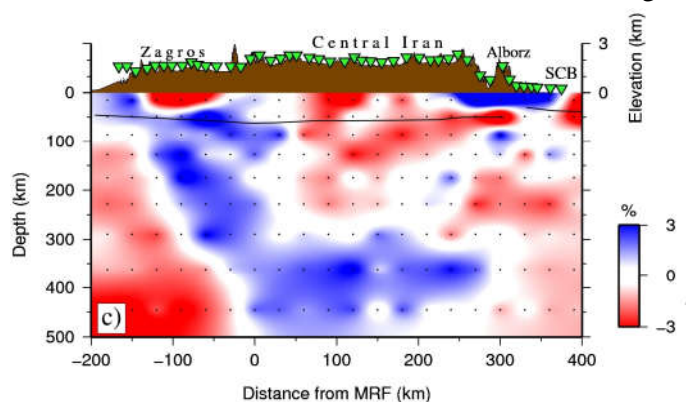


شکل ۳. مدل دو بعدی سرعت انتشار موج برشی در زیر پروفیل زاگرس ۲۰۰۳ (متقی و همکاران ۲۰۱۷)



شکل ۴. نقشه دو بعدی سرعت انتشار موج برشی در زیر پروفیل زاگرس ۲۰۰۱ (متقی و همکاران ۲۰۱۵)

به منظور بررسی ساختار عمیق‌تر، نتایج یک توموگرافی سرعتی امواج P دورلرز نیز در این مطالعه نمایش داده شده است. برای انجام این توموگرافی تعداد ۲۹۴۰ فاز P دور لزر و ۹۷۰ فاز Pn مورد استفاده قرار گرفته شده است. موقعیت رویدادها و مراحل تهیه داده و معکوس‌سازی توسط رحمانی و همکاران (۱۳۹۵) ارائه شده است. نتیجه این توموگرافی سرعتی در امتداد پروفیل ایران-چین در شکل (۵) نمایش داده شده است.

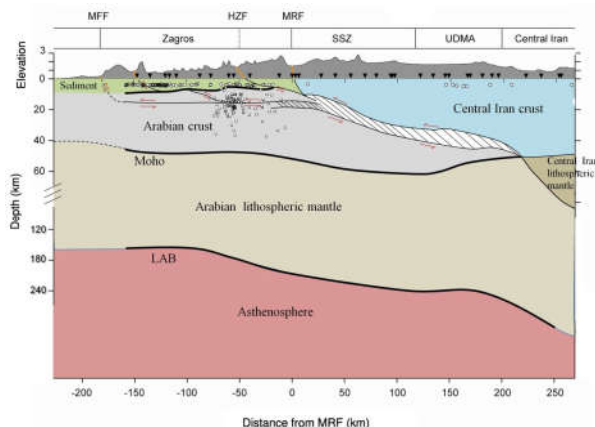


شکل ۵. مدل دوبعدی سرعت نسبی موج فشاری که از توموگرافی امواج P دورلرز به دست آمده است (رحمانی و همکاران ۱۳۹۵)

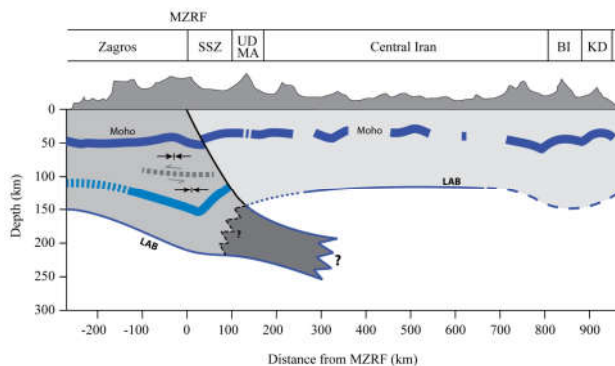
۳ نتیجه‌گیری

شکل‌های (۱) و (۲) تغییرات ضخامت پوسته عمود بر کمان لرستان و کمان فارس را نشان می‌دهد. شکل‌های (۳) و (۴) مدل مطلق سرعتی موج برشی در امتداد این پروفیل‌ها را که با استفاده از برگردان همزمان تابع گیرنده و منحنی پاشش ارائه شده

است، به نمایش می‌گذارد. مدل‌های ساختاری تفسیری برای نحوه همگرایی بلوک‌های عربی و اوراسیا در بخش مالی زاگرس در شکل (۶) به نمایش گذاشته شده است که در آن زیرراندگی لیتوسفر عربی به زیر ایران مرکزی در امتداد گسل جوان عهد حاضر اتفاق می‌افتد. در شکل (۷) نحوه همگرایی بلوک عربی و اوراسیا در کمان فارس نمایش داده شده است. در کمان فارس زیر راندگی قابل توجه نیست و بلوک عربی تحت تاثیر برخورد با بلوک ایران مرکزی در خود تغییر شکل پیدا کرده است. شکل (۵) نیز یک ساختار پرسرعت در عمق ۳۰۰ تا ۵۰۰ کیلومتر را نمایش می‌دهد که می‌تواند بقایای اسلب اقیانوسی نئوتتیس در زیر کمان لرستان باشد.



شکل ۵. زیرراندگی صفحه عربی به زیر ایران مرکزی در امتداد گسل جوان زاگرس (MRF). برای ساختن این مدل از شکل‌های (۱) و (۳) استفاده شده است.



شکل ۷. تغییر شکل ایجاد شده در درون صفحه عربی ناشی از همگرایی صفحات عربی و ایران مرکزی در بخش جنوبی زاگرس (کمان فارس). برای تولید این مدل از مدل‌های نمایش داده شده در شکل (۲) و (۴) استفاده شده است.

منابع

- رحمانی، م.، متقی، س.خ.، قدس، ع.، ثبوتی، ف.، چن، ل.، طالبیان، م.، جیانگ، م.، یومی، م.، ۱۳۹۵، وجود یک ساختار سرعت لرزه ای قوی زیر منطقه تصادمی زاگرس: هفدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، ۹۹۳-۹۹۰.
- Aki, K., Christofferson, A., Husebye, E.S., 1977, Determination of 3-dimensional seismic structure of the lithosphere, *J. Geophys. Res.*, **82** (2), 277-296.
- Herrmann, R.B., 2013, Computer programs in seismology: an evolving tool for instruction and research, *Seismol. Res. Lett.*, **84**, 1081-1088.
- Julia, J., Ammon, C.J., Herrmann, R.B., Correig, A.M., 2000, Joint inversion of receiver function and surface wave dispersion observations. *Geophysical Journal International*, **143**, 1-19.
- Langston, C. A., 1979, Structure under Mount Rainier, Washington, inferred from teleseismic body waves, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **84**(B9), 4749-4762.
- Motaghi, K., Tatar, M., Priestley, K., Romanelli, R., Doglioni, C., Panza, G.F., 2015, The deep structure of the Iranian Plateau. *Gondwana Res.*, **28** (1), 407-418.
- Motaghi, K., Shabanian, E., Tatar, M., Cuffaro, M. & Doglioni, C., 2017a, The south Zagros suture zone in teleseismic images, *Tectonophysics*, **694**, 292-301.
- Motaghi, K., Shabanian, E., Kalvandi, F., 2017b, Underplating along the northern portion of the Zagros suture zone, Iran, *Geophys. J. Int.*, **210** (1), 375-389.