ناهمسانگردی لرزه‌ای پوسته در البرز غربی

شهرام احمدی[۱]، فرهاد ثبوتی[۲]، مریم هنرمند[۳]

[۱] دانش‌آموخته ژئوفیزیک، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، shahramiasbs@gmail.com
[۲] دانشیار، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، farhads@iasbs.ac.ir
[۳] استادیار، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، m.honarmand@iasbs.ac.ir

چکیده

در این پژوهش ساختار ناهمسانگرد پوسته‌ی شمال‌غرب ایران (شامل مناطق دشت گیلان؛ البرز غربی، دره و کوه‌های طارم، و زنجان) به وسیله اندازه‌گیری پارامترهای جدایش موج برشی، بررسی می‌شود. برای این منظور فاز لرزه‌ای Ps توابع گیرنده زلزله‌های دورلرز را با استفاده از آنالیز ایزوله‌سازی، از سایر فازهای لرزه‌ای جدا کرده و سپس با استفاده از روش کمینه انرژی پارامترهای جدایش محاسبه شدند. نتایج بدست آمده یک روند کلی تقریبا شرقی-غربی عمود بر تنش منطقه‌ای نشان می‌دهد. نتایج حاصل از این پژوهش حاکی از آن است که الگوی ناهمسانگردی پوسته، بیشتر مرتبط با ساختارهای بزرگ مقیاس زمین‌شناسی و رئولوژی منطقه بوده و کمتر از آشفتگی‌های ساختاری محلی متاثر شده است.

واژه‌های کلیدی: ناهمسانگردی پوسته، جدایش موج برشی، تابع گیرنده، بافت‌های دگرشکلی، کوهزاد البرز، فاز لرزه‌ای Ps

Crustal seismic anisotropy in Western Alborz

Shahram Ahmadi[1], Farhad Soboti[2], Maryam Honrmand[3]

[1] Graduated Geophysics, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences, shahramiasbs@gmail.com
[2]Associate Professor, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences, farhads@iasbs.ac.ir
[3]Assistant Professor, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences, m.honarmand@iasbs.ac.ir

Abstract

In this study, the anisotropic structure of the crust in NW Iran (including the Western Alborz, Tarom and Zanjan regions) is investigated by measuring shear wave splitting parameters. For this purpose, the converted Ps phases generated at the Moho discontinuity on the P-receiver functions constructed from teleseismic records, were used. The splitting parameters were calculated by the minimum energy method. The results show that the fast axis orientations are mostly along east-west direction which is sub-parallel to the regional geological trends and sub-normal to the regional maximum stress. The crustal anisotropy pattern might be related to the large scale geologic structures and/or the rheology of the study regions and it is less affected by the local structural perturbations.

Keywords: crustal anisotropy, shear wave splitting, receiver function, deformation texture, Alborz orogeny, Ps phase

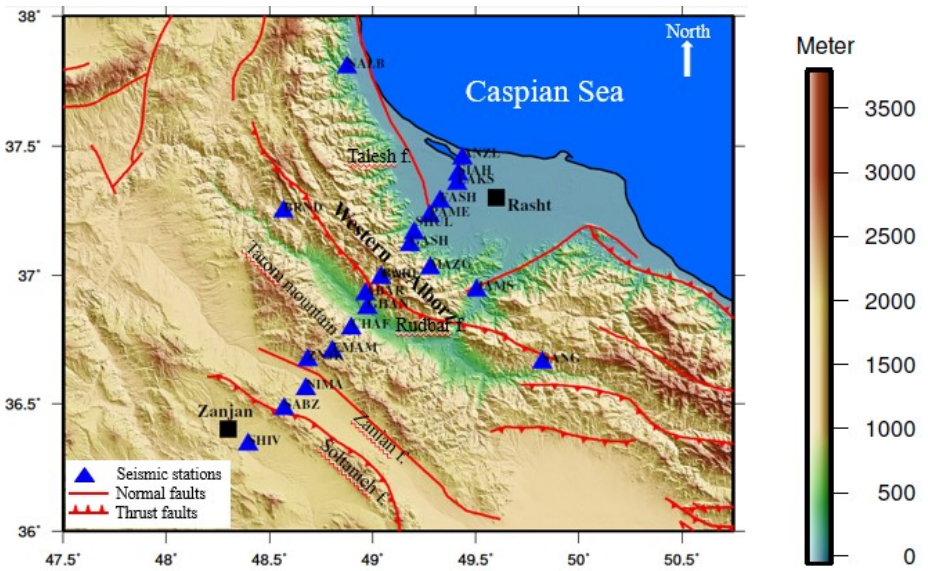
۱ مقدمه

ناهمسانگردی لرزه‌ای در پوسته و گوشته‌ی زمین رابطه‌ای نزدیک با میدان کرنش و بافت‌های دگرشکلی این دو لایه‌ی زمین دارد. از طریق مطالعه ساختار ناهمسانگرد زمین می توان به الگوی جریان در گوشته و پوسته‌ی زیرین زمین و همین طور به چگونگی تشکیل ساختارهای دگرشکلی پوسته بالایی و از آن طریق رابطه میان تغییر شکل و میدان تنش منطقه‌ای پی برد. جدایش موج برشی ابزار قدرتمند و مفیدی برای مطالعه ساختار ناهمسانگرد درون زمین است (آندو و همکاران، ۱۹۸۳). پدیده

جدایش موج برشی زمانی رخ می‌دهد که یک موج برشی قطبیده وارد محیط ناهمسانگرد شود. در این حالت موج برشی، به دو مولفه تقسیم شده که یکی از این موج‌ها سریعتر از موج دیگر حرکت می‌کند. موج سریع‌تر معمولا قطبشی موازی با راستای شکستگی‌ها و یا راستای سریع بلورهای ناهمسانگرد اختیار می‌کند. موج دوم کندتر از اولی بوده و تقریبا عمود بر موج اول می‌باشد. مطالعه ناهمسانگردی با استفاده از جدایش موج برشی، وابسته به دو پارامتر است که اصطلاحا به آن‌ها پارامترهای جدایش گفته می‌شود. این پارامترها عبارتند از تاخیر زمانی بین موج سریع و کند (δt بر حسب ثانیه) و آزیموت قطبش موج سریع (φ بر حسب درجه) که محور سریع نیز نامیده می‌شود. نتایج بدست آمده از جدایش موج برشی، شدت ناهمسانگردی را منعکس کرده و در نهایت منجر به درک بهتر و صحیح از چگالی ترک‌های منطقه و جهت آن‌ها و یا جهت یافتگی ترجیهی کانی‌های ناهمسانگرد در پوسته زیرین و گوشته می‌شود (اکی و ریچارد، ۲۰۰۲). ناهمسانگردی پوسته با استفاده از توابع گیرنده را به دو صورت می‌توان مطالعه کرد. روش اول مبتنی بر محاسبه پارامترهای جدایش فاز لرزه‌ای Ps، و روش دوم بررسی تغییرات دامنه و قطبش فاز Ps برحسب آزیموت پشتی موج P توابع گیرنده است(شولته-پلکم و ماهان، ۲۰۱۴). در این روش ساختار سرعتی ناهمسانگرد به وسیله مدلسازی مستقیم بازیابی می‌شود به طوری که فازهای Ps روی شکل موج-های توابع گیرنده ساختگی و مشاهده شده برای آزیموت‌های مختلف مشاهده شده، با یکدیگر مطابقت خوبی داشته باشد. استفاده از این روش، مستلزم پوشش آزیموتی مناسب در ایستگاه است. در این مطالعه به دلیل فقدان پوشش آزیموتی مناسب در اکثر ایستگاه‌ها، از آنالیز جدایش موج برشی فاز Ps استفاده شده است.

۲ روش تحقیق

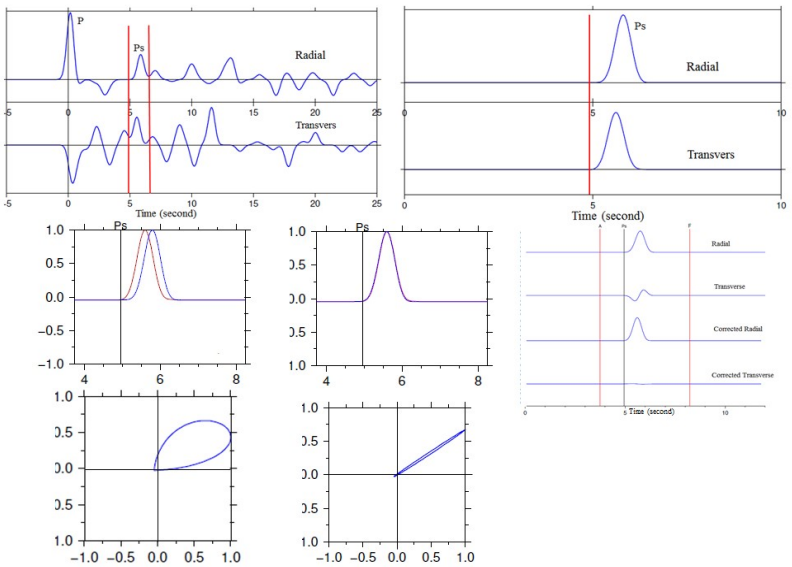
برای اندازه‌گیری پارامترهای جدایش، از لرزه‌نگاشت زلزله‌های دورلرز (با فاصله رو مرکزی۲۵ الی ۹۵ درجه نسبت به ایستگاه) با بزرگای بیش از ۵/۵ ثبت شده در ایستگاه‌های باندپهن شبکه لرزه‌نگاری موقت دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، در البرز غربی و زنجان استفاده شده است (شکل ۱). لرزه‌نگاشت‌هایی که نسبت سیگنال به نویز آن‌ها کمتر از ۳ بود حذف شدند. با استفاده از روش واهم‌امیخت تکرار در حوزه‌ی زمان (لیگوریا و آمون، ۱۹۹۹) و پالس گاوسی با پهنای ۲/۵ توابع گیرنده موج P محاسبه شدند. توابع گیرنده ای که کاهش واریانس آن‌ها کمتر از ۶۰ درصد بوده و همچنین توابعی که اندازه‌ی دامنه‌ی فاز P مستقیم آن‌ها بیشتر از یک و دارای قطبش منفی فاز P مستقیم روی مولفه‌ی شعاعی بودند، حذف شدند. بعد از محاسبه توابع گیرنده، فاز لرزه‌ای Ps به وسیله تابع پنجره‌ی هنینگ از سایر فازهای لرزه‌ای جدا شدند (واتان‌بی و اودا، ۲۰۱۵). بعد از ایزوله کردن فاز لرزه‌ای Ps، پارامترهای جدایش با روش اصلاح جدایش سیلور و چان (۱۹۹۱) محاسبه شدند. شکل ۲ نمونه ای از اندازه‌گیری ها را نشان می دهد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه بانضمام ایستگاه‌های لرزه‌ای

۳ نتیجه‌گیری

در هر ایستگاه پارامترهای جدایش برای تعدادی توابع گیرنده اندازه‌گیری، و سپس میانگین این پارامترها در هر ایستگاه محاسبه شدند. نتایج اندازه گیری ها در شکل ۳ نشان داده شده است. در هر ایستگاه محور سریع به صورت خطی با آزیموت متناظر نشان داده شده است. طول خط نیز متناسب با تاخیر زمانی میانگین ایستگاه است. راستای غالب ناهمسانگردی در زنجان، کوه های طارم و البرز عربی بیشتر شمال غرب-جنوب شرق و کم و بیش موازی با امتداد ساختار های زمین شناسی و کم و بیش با زاویه تند نسبت به راستای تنش منطقه‌ای است. در منطقه پست گیلان در بیشتر ایستگاه ها راستای ناهمسانگردی به سوی شمال شرق – جنوب غرب می چرخند. الگوی ناهمسانگردی را می‌توان به سه ناحیه تقسیم بندی کرد: نواحی جنوبی (دایره سیاه)، نواحی میانی (مربع سیاه) و نواحی شمالی (دایره سفید).

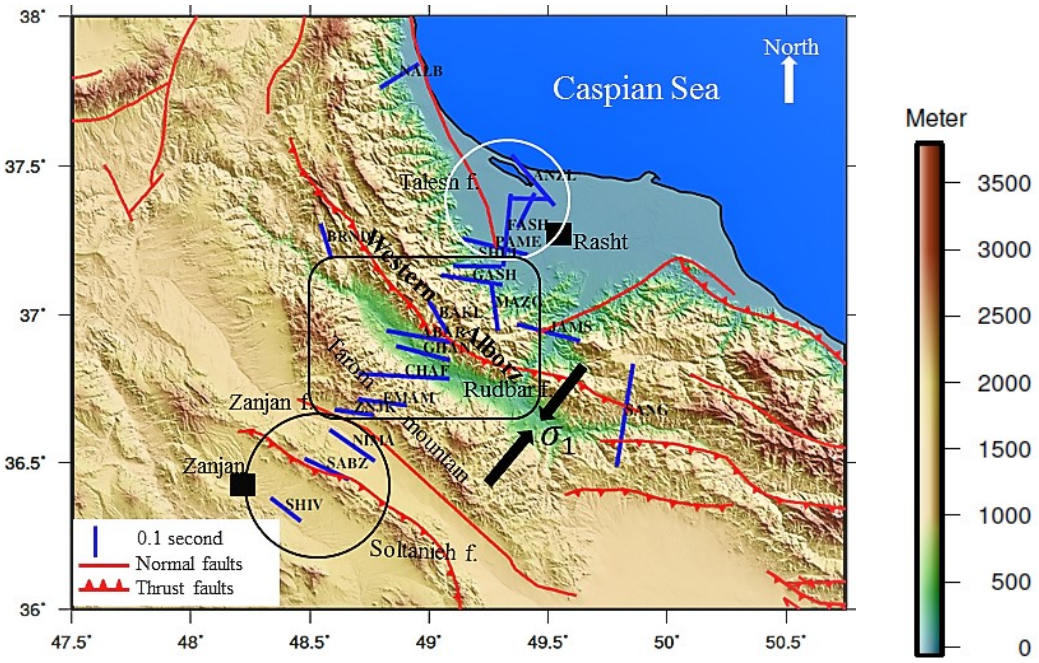


شکل ۲. نحوه‌ی ایزوله کردن فاز لرزه‌ای Ps و محاسبه پارامترهای جدایش

نواحی جنوبی که بخشی از گستره ایران مرکزی هستند، راستای ناهمسانگردی غالب در این ناحیه تقریبا موازی با ساختارهای سطحی و عوارض تکتونیکی مثل گسله‌ها و کوه‌های سلطانیه است. در این ناحیه سن سنگ‌ها قدیمی بوده و می‌توان گفت که تغییر شکل بافت سنگ‌ها به صورت کامل اتفاق افتاده و در جهت ساختارهای تکتونیکی قرار گرفته است. نواحی میانی پروفیل (نواحی البرز غربی و زیر پهنه‌ی طارم) که با مربع سیاه در شکل مشخص شده است، راستای ناهمسانگردی غالب، با عوارض تکتونیکی مثل کوه‌ها و گسله‌ها تقریباً زاویه ۴۵ درجه می‌سازد. با این که شدت تغییر شکل در این مناطق زیاد است، اما تغییر شکل بافت سنگ‌ها به صورت کامل انجام نشده است و به همین دلیل به صورت کامل موازی با روند کوهزاد نشده و زاویه‌ای حدودا ۴۵ درجه با این ساختارها ساخته است. علاوه بر این با توجه به اینکه تکامل کوهزاد البرز عمدتاً تحت تأثیر دو فاز کوهزایی مهم شامل فازهای سیمرین و آلپ-هیمالیا بوده، بدیهی است که تأثیر هرکدام از فازهای کوهزایی نامبرده در دگرگونی واحدهای سنگی البرز و ایجاد فابریک‌های مختلف جهت‌یابی ترجیهی در کانی‌ها، می‌تواند در الگوی کلی ناهمسانگردی در پوسته البرز غربی اثرگذار باشد. زیرا فابریک قدیمی سنگها که در طی فاز اول دگرگونی حاصل می‌شود ممکن است به طور کامل توسط فابریک جدید، که هماهنگ با راستای تنش امروزی است، جایگزین نشود. در شمالی‌ترین بخش از منطقه مورد مطالعه (دایره‌ی سفید) که بخشی از حوضه‌ی خزر جنوبی بوده و خصوصیات پوسته‌ی آن تقریبا مشابه پوسته‌ی اقیانوسی است، راستای غالب ناهمسانگردی به صورت یکنواخت نبوده بلکه تغییراتی در راستای آن‌ها دیده می‌شود و روند ناهمسانگردی کمی پیچیده‌تر است. بلوک حوضه خزر جنوبی رفتاری مشابه پوسته اقیانوسی صلب را از خود نشان می-

دهد که به سختی دچار تغییر شکل می‌شود و از طرفی این بلوک دارای پوشش ضخیمی از رسوبات است که قابلیت تغییر شکل دارد و همچنین مشخص نیست که چه قسمتی از جلگه گیلان جز بلوک شبه اقیانوسی و چه قسمتی از آن از پوسته‌ی قاره‌ای ساخته شده است. به همین دلیل یک الگوی مشخصی از راستای ناهمسانگردی دیده نمی‌شود.

با بررسی‌های انجام شده به نظر می‌رسد که الگوی ناهمسانگردی منطقه‌ای یکنواخت پوسته در منطقه مورد مطالعه بیشتر مرتبط با ساختارهای بزرگ مقیاس زمین‌شناسی و رئولوژی منطقه است و کمتر از آشفتگی‌های ساختاری محلی متاثر شده است.



شکل ۳. راستای ناهمسانگردی بدست آمده در ایستگاههای مختلف. (جهت میله‌های آبی راستای ناهمسانگردی و طول آنها متناسب است با تاخیر زمانی مشاهده) . پیکان سیاه راستای تنش در منطقه نشان می‌دهد (ظریفی و همکاران، ۲۰۱۴) .

منابع

احمدی، ش.، ۱۳۹۵. مطالعه ناهمسانگردی لرزهای پوسته در مناطق زنجان و گیلان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تحصیلات تکمیلی زنجان

Aki, K. and Richards, P.G., 2002. Quantitative seismology (Vol. 1). University Science Book Sausalito, California.

Ando, M., Ishikawa, Y. and Yamazaki, F., 1983. Shear wave polarization anisotropy in the upper mantle beneath Honshu, Japan. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 88(B7), pp.5850-5864.

Ligorria, J.P. and Ammon, C.J., 1999. Iterative deconvolution and receiver-function estimation. Bulletin of the seismological Society of America, 89(5), pp.1395-1400.

Watanabe, M. and Oda, H., 2015. Shear-wave anisotropy of the upper and lower crusts estimated by stripping analysis of Ps-converted waves. Tectonophysics, 658, pp.137-150.

Schulte-Pelkum, V. and Mahan, K.H., 2014. A method for mapping crustal deformation and anisotropy with receiver functions and first results from USArray. Earth and Planetary Science Letters, 402, pp.221-233.

Silver, P.G. and Chan, W.W., 1991. Shear wave splitting and sub continental mantle deformation. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 96(B10), pp.16429-16454.

Zarifi, Z., Nilfouroushan, F. and Raeesi, M., 2014. Crustal stress Map of Iran: insight from seismic and geodetic computations. Pure and Applied Geophysics, 171(7), pp.1219-1236.