

مطالعه نسبت پواسون در ناحیه زمین لرزه های ۱۳۹۱ اهر-ورزقان

حسین صادقی^۱، سارا دربیگی نامقی^۲، سیدکیوان حسینی^۳

^۱دانشیار، مرکز تحقیقات زمین لرزه شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، sadeghi@um.ac.ir

^۲کارشناس ارشد، فارغ التحصیل مرکز تحقیقات زمین لرزه شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، sara_dorbeigi20@yahoo.com

^۳استادیار، مرکز تحقیقات زمین لرزه شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، k-hosseini@um.ac.ir

چکیده

۲۱ مرداد ۱۳۹۱ دو زمین لرزه با بزرگای $M_w = 6/5$ و $M_w = 6/3$ در فاصله زمانی ده دقیقه ناحیه اهر-ورزقان را لرزاند. مرکز تحقیقات زمین لرزه شناسی دانشگاه فردوسی مشهد با نصب یک شبکه لرزه نگاری موقت، پس لرزه های این دو رخداد را ثبت کرد. نتایج حاصل از مطالعه نسبت پواسون نشان می دهد که در مناطق شمالی و بخش هایی از جنوب غربی از سطح تا عمق دو کیلومتری دارای نسبت پواسون حدود $0/29$ هستند. این مناطق نزدیک به رودخانه های اهر-چای و چایکندی و همچنین سد ستارخان است که می تواند نشان دهنده سنگ های سست تر و یا رسوبات حاوی سیالات باشد. نسبت پواسون در بخش های مرکزی و شرقی در حدود $0/25$ می باشد که برای سنگ های پوسته قاره ای معمول است. با توجه به گزارش های ارائه شده از خسارات، مناطقی که دارای نسبت پواسون بالا هستند، منطبق با مناطق با تراکم جمعیتی بالا و دارای بیشترین خسارات نیز می باشند.

واژه های کلیدی: زمین لرزه، اهر-ورزقان، نسبت پواسون، خسارات، شبکه لرزه نگاری موقت

A study of Poisson's ratio in the 2012 Ahar-Varzaqan earthquakes region

Hossein Sadeghi, Sara Dorbeigi Namaghi, Seyed Keivan Hossein

Ferdowsi University of Mashhad, Earthquake Research Center, sadeghi@um.ac.ir

Abstract

In 11 August 2012, two main earthquakes ($M_w=6.5$ & $M_w=6.3$) shocked the Ahar-Varzaqan area. A temporary seismic network by Earthquake Research Center, Ferdowsy University of Mashhad, recorded the aftershocks. We studied the Poisson's ratio in the upper crust of the area with a good accuracy. Results show high Poisson's ratio, about 0.29, in 2 Km depth for south-west and some part of north. The areas with the high Poisson's ratio are near Ahar-Chay and Chaykandy rivers. This high ratio may be explained by fluid-rich sediments or poorly consolidated materials. However, in 2 Km depth near the center of the study area, the Poisson's ratio is lower, about 0.25, which is common value for the upper continental crustal rocks. With respect to the reports, the heavy damages were reported in the areas which show high Poisson's ratio. This is also correlated with densely populated area of Varzaqan and Chaykandy.

Keywords: Earthquakes, Ahar-Varzaqan, Poisson's ratio, damages, temporary seismic network

۱ مقدمه

در تاریخ ۲۱ مرداد سال ۱۳۹۱ در ساعت ۱۶:۵۳ به وقت محلی ایران، زلزله ای با بزرگای $M_w = 6/5$ به مختصات جغرافیایی $38/394N$ و $46/856E$ در منطقه ورزقان-اهر واقع در شمال غرب ایران در فاصله تقریبی ۶۰ کیلومتری شمال تبریز به وقوع پیوست. در همان روز زلزله دیگری در ساعت ۱۷:۰۴ و به فاصله تقریبی ۱۲ کیلومتری جنوب غربی زلزله اولیه و در مختصات جغرافیایی $38/423N$ و $46/840E$ و به بزرگای $M_w = 6/3$ رخ داد. در این مطالعه، با توجه به اطلاعات دریافتی از ایستگاه های موقت باند پهن دانشگاه فردوسی مشهد، به محاسبه نسبت پواسون پوسته

منطقه زلزله خیز ورزقان-اهر تا عمق پنج کیلومتری زمین پرداخته شده است. محاسبه نسبت پوآسون پوسته زمین، به ویژه در مناطق زلزله خیز از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. با محاسبه نسبت پوآسون سنگ های پوسته یک منطقه، می توان میزان شکنندگی سنگ ها، و اشباع شدگی آن ها و در مواردی حتی جنس سنگ ها را بررسی کرد. بررسی های متفاوتی در سال های مختلف در ارتباط با نسبت پوآسون سنگ های پوسته صورت گرفته است که به طور نمونه به چندی از آن ها اشاره می شود. کریستن و همکاران (۱۹۹۶) میزان نسبت پوآسون سنگ های مختلف پوسته زمین را با توجه به فشار وارد بر آنها در اعماق مختلف بررسی کردند. چاو و نگیشی (۱۹۹۸) به بررسی نسبت پوآسون در زلزله ۱۹۹۵ کوبه و همچنین صادقی و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی نسبت پوآسون و ساختار سرعتی در منطقه زلزله خیز بم پرداختند.

۲ روش تحقیق

با توجه به موقعیت کانون های دو زلزله رخ داده در منطقه ورزقان-اهر و شواهد عینی و گزارش های اولیه توسط سازمان زمین شناسی ایران، محل تقریبی منطقه مورد مطالعه توسط گروه تحقیقاتی مرکز تحقیقات زمین لرزه شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، پیش بینی شد. برای ثبت پس لرزه های منطقه تعداد ۱۰ ایستگاه لرزه نگاری موقت شامل ۵ ایستگاه باندپهن سه مولفه ای از نوع Guralp 6TD و پنج ایستگاه باند کوتاه تک مولفه ای از نوع L4 نصب و راه اندازی شد. در این مطالعه با توجه به اولین رسید امواج P و S ثبت شده در ایستگاه های موقت، به محاسبه نسبت پوآسون پوسته منطقه با استفاده از کد لوتوس (کلاکوف ۲۰۰۹) پرداختیم. این کد برای محاسبه نسبت پوآسون به اطلاعات اولین رسیدهای دریافتی توسط گیرنده ها، مختصات دقیق ایستگاه ها، و مدل سرعتی اولیه ای از محیط نیاز دارد. به این منظور از مدل سرعتی که توسط سلطانی و همکاران (۱۳۹۳) در مرکز تحقیقات زلزله شناسی دانشگاه فردوسی مشهد بدست آمده، استفاده شده است (جدول ۱). با در نظر گرفتن چگالی پرتوها و مساحت منطقه مورد نظر، پارامترسازی منطقه انجام شد. به این منظور از شبکه سرعتی گره ای با کمترین فاصله ۰/۵ کیلومتر استفاده کردیم (دربستگی نامقی ۱۳۹۴). به طور کلی تعداد ۱۷۹۱۰ پرتو منتشر شده در محیط، به تعداد ۹۴۷۲ پرتو موج P و ۸۴۳۸ پرتو موج S بکار برده شد. در نهایت نسبت پوآسون (σ) طبق فرمول زیر محاسبه شد.

$$\sigma = \frac{2 - \left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2}{2 - 2\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2} \quad (16)$$

در رابطه V_P و V_S به ترتیب سرعت موج P و S می باشند.

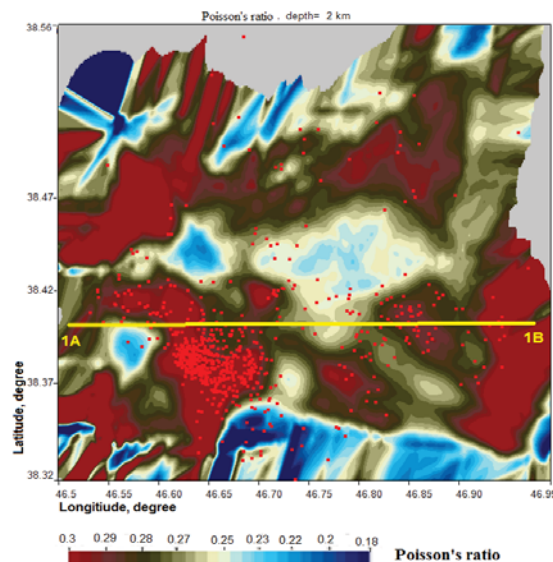
جدول ۱. مدل سرعتی یک بعدی مورد استفاده، نسبت V_P/V_S برابر ۱/۷۴ می باشد (سلطانی و همکاران ۱۳۹۳).

عمق (Km)	V_P (Km/sec)
۰	۵/۲۲
۴	۵/۹۱
۱۰	۶/۱۲
۱۴	۶/۲۰
۲۵	۶/۵۱

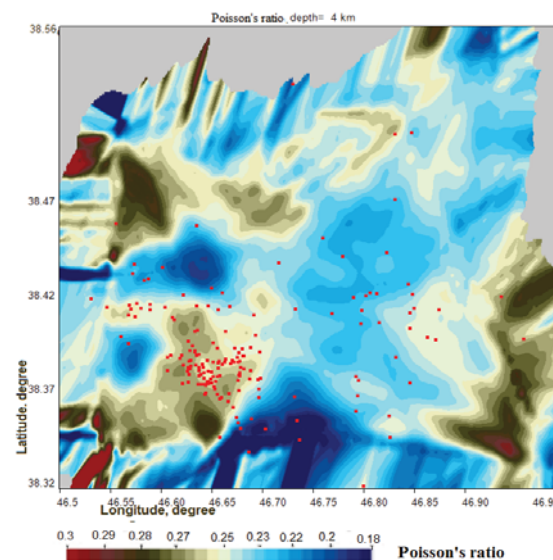
۳ نتایج

در این مطالعه سرعت امواج حجمی و در نهایت نسبت پوآسون پوسته سنگ های منطقه مورد مطالعه تا عمق پنج کیلومتری محاسبه شد. در شکل ۱ نسبت پوآسون با وضوح بالایی نشان داده شده است. با توجه به شکل مشخص است که در عمق دو کیلومتری در قسمت های جنوب غربی و بخش هایی از شمال دارای نسبت پوآسون بالایی در حدود ۰/۲۹ هستند. با توجه به مطالعات کریستن و همکاران (۱۹۹۶)، بالا بودن نسبت پوآسون در این مناطق نشان دهنده رسوبات نرم تر و یا رسوبات دارای مایعات (آب) می باشد. با توجه به گذر رودخانه اهر-چای در بخش های

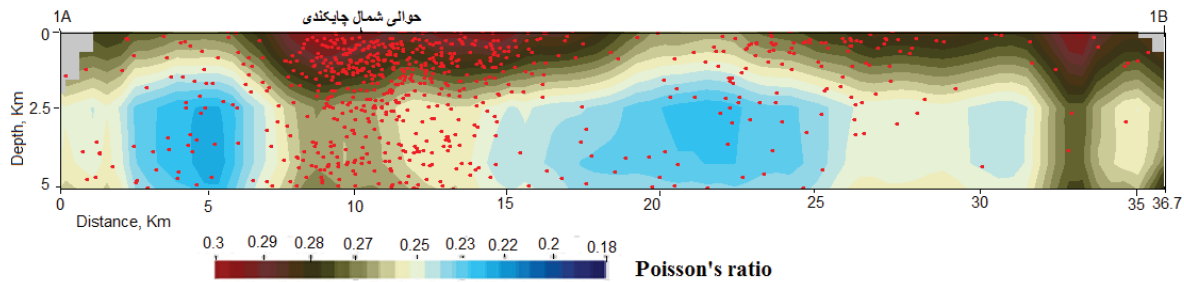
شمالی و همچنین وجود رودخانه چایکندی در جنوب غربی منطقه، می‌توان بالا بودن نسبت پواسون را توجیه کرد. همچنین نسبت پواسون در عمق دو کیلومتری در بخش‌های مرکزی مقادیر کمتری در حدود ۰/۲۳ تا ۰/۲۴ را داراست. پایین بودن نسبت پواسون نشان دهنده سنگ‌های سخت‌تر و شکننده‌تر است. در عمق چهار کیلومتری (شکل ۲) نیز به طور مشخصی افت شدید نسبت پواسون در بیشتر مناطق آن دیده می‌شود، به طوری که نسبت پواسون حتی به ۰/۲۲ نیز کاهش پیدا کرده است. به علاوه بخش‌هایی از جنوب غربی و قسمت‌هایی از شمال غربی و جنوب شرقی دارای نسبت پواسون نسبتاً بالاتری (۰/۲۶-۰/۲۷) نسبت به سایر مناطق می‌باشند.



شکل ۱. نسبت پواسون منطقه مورد مطالعه در عمق دو کیلومتری. پسرلزه‌ها در شکل به صورت نقاط کوچک دیده می‌شوند و همچنین برش عمقی زده شده 1A-1B در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۲. نسبت پواسون سنگهای پوسته منطقه در عمق چهار کیلومتری. پسرلزه‌ها با نقاط کوچک مشخص شده‌اند. به منظور بررسی دقیق‌تر برشی عمقی را در نظر گرفتیم تا بتوان نسبت پواسون را از سطح تا عمق مورد نظر بهتر مورد بررسی قرار داد. شکل ۳ نسبت پواسون را در برش عمقی 1A-1B (شکل ۱) تا عمق پنج کیلومتری نشان می‌دهد. مناطق سطحی و خصوصاً در نزدیکی چایکندی نسبت پواسون بالایی مشاهده می‌شود. همچنین در این مناطق تعداد پسرلزه‌ها نیز به طور مشخصی بیشتر می‌باشند. وجود نسبت پواسون بالا در نزدیکی و اطراف چایکندی می‌تواند دلیلی بر میزان خسارات بسیار بالای این شهر نسبت به مناطق اطراف باشد.



شکل ۳. نسبت پواسون در برش عمقی 1A-1B (شکل ۳) تا عمق پنج کیلومتری.

۴ نتیجه‌گیری

باتوجه به تصاویر بدست آمده و همچنین خسارات گزارش شده پس از دو زلزله بزرگ منطقه ورزقان-اهر، می‌توان تطابق مناسبی بین نسبت بالای پواسون و مناطق دارای بیشترین خسارات مالی و جانی یافت. به طوری که در مناطق جنوب غربی منطقه مورد مطالعه و همچنین مناطق شمالی دارای نسبت پواسون بالایی در حدود ۰/۲۹-۰/۲۸ می‌باشند. این مقدار بالای نسبت پواسون نشان دهنده رسوبات نرم تر و یا رسوبات متخلخل اشباع شده از سیالات (آب) است. گذر رودخانه اهر-چای در بخش شمالی منطقه و همچنین رودخانه چایکندی در بخش جنوب غربی را می‌توان دلیلی برای بالا بودن نسبت پواسون در این مناطق معرفی کرد. شهر چایکندی و روستاهای نزدیک آن نیز با توجه به میزان بالای نسبت پواسون و دارا بودن رسوبات سطحی نرم و تراکم جمعیتی بالا، جزو مناطق دارای خطر بالا محسوب می‌شوند به طوری که در زلزله ورزقان-اهر نیز خسارات مالی و جانی بسیاری را متحمل شدند. همچنین در اعماق بیشتر از دو کیلومتری به طور عمده اکثر مناطق نسبت پواسون پایین‌تری در حدود ۰/۲۵ پیدا می‌کنند که این مقدار نسبت پواسون برای سنگهای پوسته زمین معمول است.

منابع

دربگی نامقی، س.، ۱۳۹۴، تعیین ساختار سرعتی امواج P و S در منطقه ورزقان-اهر با استفاده از روش توموگرافی زمین‌لرزه محلی، پایان نامه کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات زمین‌لرزه شناسی دانشگاه فردوسی مشهد.
سلطانی، ت.، ۱۳۹۳، بررسی پس لرزه های زلزله ۲۱ مرداد ۱۳۹۱ اهر-ورزقان و معرفی گسل مسبب آن، پایان نامه کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات زمین‌لرزه شناسی دانشگاه فردوسی مشهد.

Christensen, N., 1996. Poisson's ratio and crustal seismology. *Journal of Geophysical Research*, 101, 3139-3156

Koulakov, Ivan., 2009. LOTOS Code for Local Earthquake Tomographic Inversion: Benchmarks for Testing Tomographic Algorithms. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 99, 1, 194-214.

Sadeghi, H., FatemiAghda, S., Suzuki, S., Nakamura, T., 2006. 3-D velocity structure of the 2003 Bam earthquake area (SE Iran): Existence of a low-Poisson's ratio layer and its relation to heavy damage, *Tectonophysics*, 417, 3-4, 269-283.

Zhao, D., Negishi, H., 1998. The 1995 Kobe earthquake: seismic image of the source zone and its implications for the rupture nucleation. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* (1978-2012), 103, (B5), 9967-9986.