

شناسایی مسیر گسل شمال مشهد بوسیله چرخش داده‌های میکروترمور

یوسف محمدی مقدم*^۱، ناصر حافظی مقدس^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دکتری زمین‌شناسی مهندسی، دانشیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

Yousefm20@gmail.com

چکیده

در این مطالعه با استفاده از تحلیل نتایج میکروترمورها در محدوده شمالی شهر مشهد، به وسیله روش نسبت طیفی مولفه افقی به قائم و نتایج بدست آمده از چرخش h/v داده‌های میکروترمور مسیر گسل شمال مشهد شناسائی شده است. بدین منظور برداشت‌های میکروترمور در محدوده مورد نظر انجام گردید سپس در هر ایستگاه مقادیر فرکانس و دامنه را در جهات مختلف بدست آمده و با توجه به تغییرات دامنه در جهات مختلف هر ایستگاه، ایستگاههای دارای بیشترین تغییرات دامنه در فرکانس غالب شناسایی گردید و بوسیله این ایستگاهها مسیر احتمالی عبور گسل شمال مشهد معرفی شده است.

کلمات کلیدی: میکروترمور، نسبت طیفی، گسل شمال مشهد، چرخش H/V

۱- مقدمه

ارتعاشات با دامنه کوتاه، ضعیف و با پریود پایین عموماً ریز ارتعاش نامیده می‌شود. امروزه بکارگیری ریزارتعاشات به عنوان روش جایگزین، به علت سرعت عمل، ارزان بودن اجرای آن و دقت نسبی خروجی‌های آن کاربردهای فراوانی، علاوه بر ارزیابی فرکانس تشدید و ضریب بزرگنمایی آبرفت پیدا کرده‌اند. که از جمله آنها شناسایی ساختارهای زیر زمینی است.

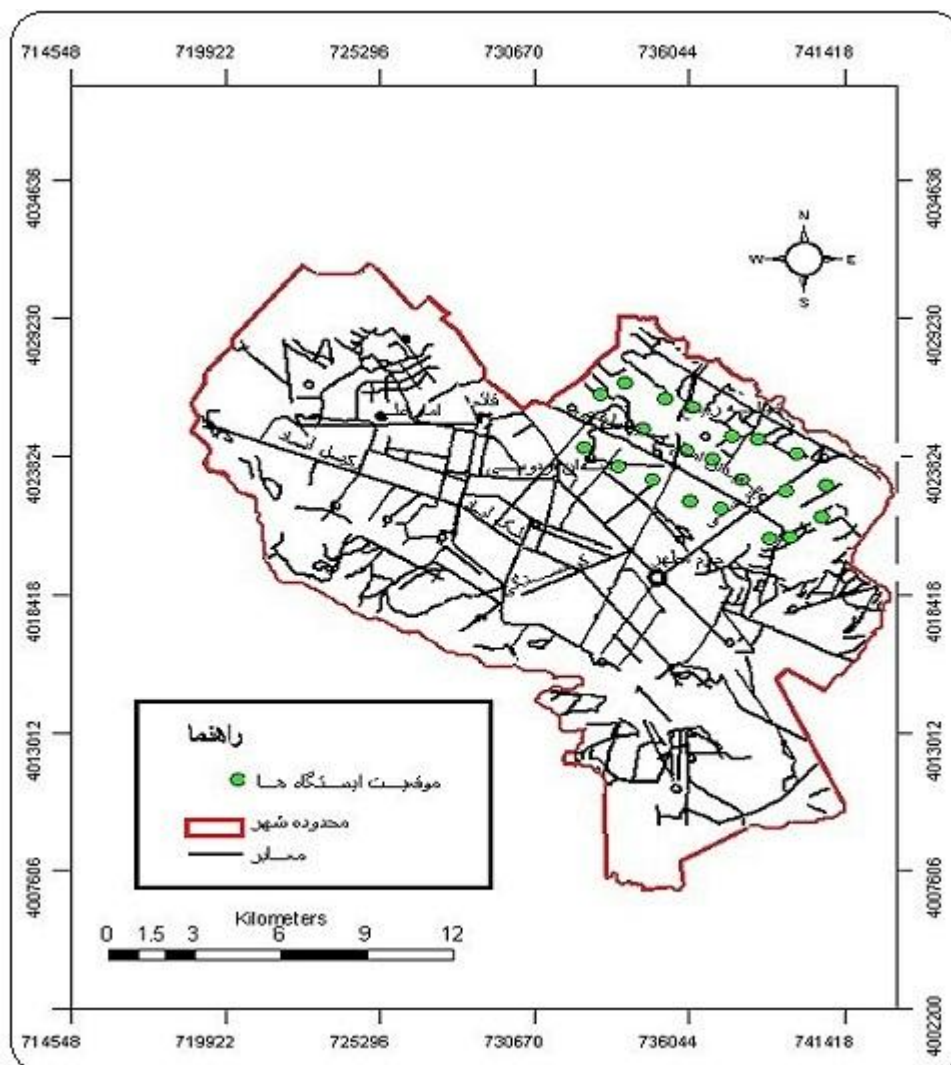
یکی از روشهای تفسیر ریز ارتعاشات (Microtremors) روش نسبت طیف افقی به عمودی (HVSR) است که به روش ناکامورا معروف می‌باشد، ناکامورا در سال ۱۹۸۹ پس از چندین سال کار روی ریز ارتعاشات بیان داشت که برای تعیین پاسخ ساختگاه می‌توان از روش نسبت افقی به عمودی طیفی ریز ارتعاشات استفاده نمود و این امر با اندازه‌گیری این مولفه‌ها فقط در یک ساختگاه امکان‌پذیر خواهد بود و دیگر به ساختگاه مرجع نیازی نیست. در ضمن او امواج ریلی را به عنوان نوفه ریز ارتعاشات در نظر گرفت و منشاء ریز ارتعاشات را موج SH می‌دانست (Nakamura, Y, 1989) از این پس بود که بکارگیری ریز ارتعاشات به عنوان روشی جایگزین

رکوردهای زمین لرزه جهت ارزیابی پاسخ ساختگاه آغاز شد. این روش براساس تفسیر ریزارتعاشات، به عنوان امواج برشی پیشرونده در یک لایه منفرد روی نیم فضا است، که حرکت ریزارتعاشات به خاطر منابع کاملاً محلی است و بدین طریق هرگونه مشارکت از منابع عمیق را حذف می کند.

مطالعات متعددی جهت شناسایی ساختارهای زیر سطحی توسط ریز ارتعاشات انجام گرفته است، برخی از مطالعات که به کمک چرخش داده های حاصل از ریزارتعاشات جهت شناسایی ساختارهای زیر سطحی انجام گرفته می توان به مطالعات (Del Gaudio Y et al, 2008) و (Del Gaudio Y. et al, 2011) اشاره کرد که از جهت داری میکروترومورها برای شناسایی شیب های مستعد لغزش در دامنه های شهر Terme Caramanico ایتالیا استفاده شده است. در این پژوهش با استفاده از داده های میکروترومور و با چرخش نسبت طیفی مولفه افقی به قائم در جهات مختلف با استفاده از نرم افزار geopsy تغییرات دامنه و فرکانس مورد بررسی قرار گرفت سپس مقادیر حداکثر و حداقل دامنه در جهات مختلف هر ایستگاه تعیین گردید و در نهایت تغییرات آنیزوتروپی در اطراف هر ایستگاه مورد بررسی قرار گرفت.

۲- موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در حاشیه شمالی شهر مشهد واقع شده است که موقعیت محدوده مورد نظر در شکل (۱) نشان داده شده است. دشت مشهد، دشتی پوشیده از آبرفت های دوران کواترنر است که بین ارتفاعات کپه داغ در شمال و بینالود در جنوب قرار گرفته است. پوشش آبرفتی این دشت سبب شده که تشخیص گسل های منطقه دشوار باشد. نمونه ای از این گسل ها، گسل شمال مشهد می باشد که با روند شمال غربی- جنوب شرقی به عنوان شاخه ای از گسل کشف رود به حساب می آید که از شمال شهر مشهد می گذرد، که در گزارش شماره ۷۲ سازمان زمین شناسی تحت عنوان گسل توس نامیده شده است (آزادی. و همکاران، ۱۳۸۸). اثرات گسل در محدوده خواجه ربیع و طبرسی به صورت بالا آمدگی در سطح زمین قابل مشاهده است که اثرات آن به سمت شمال غرب و شمال شرق از بین رفته و سطح آن توسط آبرفت پوشیده شده است (حافظی مقدس، ن. ۱۳۸۷). از دیگر شواهد سطحی گسل می توان به جابجایی تمامی آبراهه های که از کوهپایه های جنوب و جنوب غرب مشهد سرچشمه گرفته اند اشاره کرد که بعد از رسیدن به روند مذکور جابجا شده اند. این گسل سبب بالا آمدن سنگ کف مارنی شده که ارتباط بین آبرفت زیر شهر و رودخانه کشف رود که زه کش اصلی دشت می باشد را قطع نموده است.



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های برداشت میکروترمور در شهر مشهد

۳- اندازه‌گیری و پردازش داده‌ها

برداشت‌های میکروترمور با استفاده از دستگاه سه مولفه‌ای SL07 ساخت شرکت SARA ایتالیا صورت گرفت. فرکانس طبیعی این لرزه‌سنج ۲ هرتز و با میرایی طبیعی ۰.۷ می‌باشد. برداشت ریزارتعاشات در هر ایستگاه به مدت ۱۵ دقیقه با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰ دور در ثانیه انجام گرفته است. از برداشت داده‌ها در شرایط آب و هوای بارانی و باد شدید، نزدیکی ساختمان‌ها و نقاط پرتدد و ترافیک خودداری شده است. جهت پردازش داده‌ها از روش نسبت طیفی H/V استفاده شده که ابتدا پنجره‌های زمانی ۲۵ ثانیه‌ای از نگاشت‌ها تهیه گردید سپس جهت از بین بردن نوفه‌های ناخواسته فیلتر با تروورث باندگذر (Butterworth bandpass) در محدوده فرکانس ۰/۵ تا ۱۵ هرتز اعمال گردید و سپس تصحیح خط اساس (baseline correction) روی آنها اعمال گردید، همچنین نرم کردن

طیف با استفاده از روش (Konno & Ohmachi, 1998) با ثابت 40 صورت گرفت. این داده‌ها با اعمال طیف فوریه توسط نرم‌افزار GEOPSY به قلمرو فرکانسی وارد گردیده سپس نمودار نسبت طیفی مولفه افقی به عمودی ریز ارتعاشات بر اساس روش ناکامورا بدست آمد و بعد از بدست آوردن معیار وضوح بیشینه و قابل اعتماد بودن منحنی بر اساس معیارهای پروژه sesame (ارزیابی اثر ساختگاه با بکارگیری ارتعاشات محیطی) (sesame., 2004). بررسی گردید و پس از تایید قابل اطمینان بودن منحنی برای هر ایستگاه مقادیر دامنه و فرکانس غالب را بدست آمد. و درانتها با چرخش ۱۰ درجه‌ای داده‌های (h/v) در نرم‌افزار geopsy مقادیر دامنه و فرکانس را نیز در جهات مختلف بدست آوردیم، که تغییرات دامنه (h/v) در جهات مختلف به خوبی نشان دهنده موقعیت ساختارهای زیر سطحی می‌باشد. برای این منظور در هر ایستگاه جهاتی که دارای بیشترین آشفتگی در میزان دامنه باشند به عنوان محل احتمالی عبور ساختارهای زیر سطحی در نظر گرفته شده است.

۴- بحث و بررسی

بر اساس آنچه که تاکنون بیان گردید نقاط دارای تغییرات اندک دامنه در جهات مختلف بیانگر شرایط زیر سطحی یکسان و همگن و نقاط دارای بیشترین تغییرات و آشفتگی در دامنه بیانگر شرایط زیر سطحی ناهمگن بوده است در جدول شماره (۱) مقادیر زوایای حداکثر و حداقل دامنه و محدوده تغییرات فرکانس در آزمون‌های مختلف نشان داده شده است.

جدول ۱- مقادیر زوایه حداکثر و حداقل دامنه و زوایای تغییرات فرکانس

STATION	F0	زوایای فرکانس ثابت	زوایای تغییرات شدید فرکانس	زوایه دامنه حداکثر	زوایه دامنه حداقل
A1	0.740	10-50	70 -170	30	120
A2	0.652	90-130	160- 50	110	30
A3	0.628	110-150	10-90	130	30
A4	0.637	120-160	10-90	140	40
A5	0.665	120-170	10-110	150	50
A6	4.051	120-180	20-110	160	50
B1	0.592	0-40	60-160	20	110
B2	0.620	170-50	60-150	20	110
B3	0.978	140-20	50-120	180	90
B4	0.584	100-150	10-80	120	40
B5	0.667	100-180	20-80	140	40
B6	0.682	130-170	20-110	150	50
C1	0.631	160-70	80-130	10	120
C2	0.673	20-80	100-170	40	130
C3	0.626	130-20	40-110	160	90
C4	0.879	150-40	50-130	170	100
C5	0.725	20-90	120-10	50	90
C6	0.722	30-90	110-10	60	160

جهت بررسی منطقه نتایج حاصل از چرخش H/V در نرم افزار GEOPSY مورد بررسی قرار گرفت و در هر ایستگاه جهت تشخیص ساختارهای زیر سطحی معیارهای زیر در نظر گرفته شد، در ایستگاه‌های دارای شرایط زیر سطحی غیریکنواخت میزان دامنه در آزمایشات مختلف و در فرکانس غالب تغییرات شدید داشته و همچنین فرکانس غالب بازه گسترده‌ای را در بر گرفته است.

در منطقه مورد مطالعه بررسی‌ها در ۶ مقطع عمود بر مسیر گسل از حاشیه شمالی شهر به سمت مرکز شهر و از غرب به شرق انجام شد. در شکل شماره ۲ نتایج حاصل از چرخش داده‌ها نشان داده شده است. در مقطع شماره ۱ ایستگاه A1 با فرکانس غالب ۰/۷۴ با تغییرات گسترده فرکانس غالب به علت دارا بودن دامنه یکسان در فرکانس‌های مختلف حاکی از شرایط یکنواخت زیر سطحی است. در ایستگاه B1 شرایط تغییر کرده اما تغییرات دامنه در آزمایشات مختلف تقریباً ثابت بوده که نمی‌توان شرایط غیر یکنواخت زیر زمینی را نشان دهد و فرکانس غالب به ۰/۵۹ کاهش یافته که نشان دهنده افزایش ضخامت آبرفت می‌باشد در C1 میزان دامنه در فرکانس غالب و آزمایشات مختلف یکسان بوده که نشان دهنده شرایط یکنواخت زیر سطحی است.

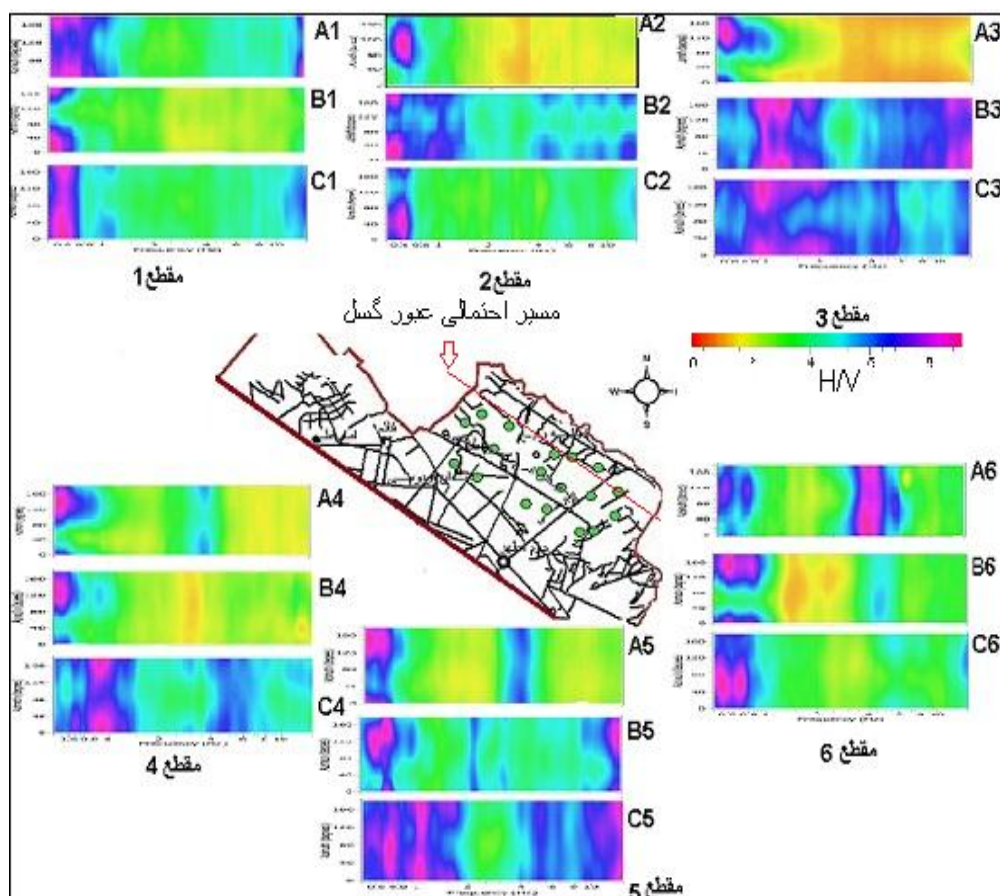
مقطع دوم در ایستگاه A2 با فرکانس غالب ۰/۶۵ و تغییرات شدید دامنه در فرکانس غالب و همچنین در آزمون‌های مختلف بیانگر شرایط زیرسطحی غیر یکنواخت بوده که مبین محل عبور گسل می‌باشد. در ایستگاه B12, C12 تغییرات دامنه در آزمون‌های مختلف ثابت بوده که نشان دهنده همگن بودن شرایط زیرسطحی است.

مقطع سوم در ایستگاه A3، تغییرات دامنه در فرکانس غالب شدید بوده که بیان کننده عبور گسل از این ایستگاه است ضمن اینکه این ایستگاه در غرب آرامگاه خواجه ربیع واقع شده و اثرات سطحی گسل در منطقه قابل مشاهده است. در ایستگاه C3 و B3 با تغییرات یکسان در دامنه شرایط یکنواخت را نشان می‌دهد.

مقطع چهارم در ایستگاه A4, B4 با تغییرات شدید دامنه در فرکانس غالب بیانگر ناهمگن بودن و عبور گسل از بین این دو گسل است و در ایستگاه C4 با یکنواخت بودن دامنه در فرکانس غالب شرایط یکنواخت زیر سطحی را نشان می‌دهد. قابل ذکر است که در ایستگاه‌های دارای شرایط زیر سطحی غیر یکنواخت مقدار دامنه حداکثر تقریباً در امتداد گسل و بین آزمون ۳۰ تا ۵۰ درجه قرار گرفته و مقدار حداقل دامنه عمود بر گسل و در آزمون بین ۱۱۰ تا ۱۵۰ درجه واقع شده است.

در مقطع شماره ۵ با حرکت از سمت ایستگاه A5 به سمت C5 فرکانس غالب محدوده بیشتری را در بر گرفته و همچنین در B5 تغییرات دامنه در فرکانس غالب به وضوح مشاهده می‌گردد و میزان دامنه در آزمون‌های مختلف تغییرات زیادی را نشان می‌دهد که بیانگر عبور گسل از این ایستگاه می‌باشد.

مقطع ۶ در این مقطع در ایستگاه A6 فرکانس غالب به ۴ افزایش یافته که بیاگر ضخامت کم آبرفت می‌باشد در ایستگاه B6 فرکانس غالب محدوده بیشتری را در بر گرفته و میزان دامنه در آزمون‌های مختلف و در فرکانس غالب تغییرات زیادی را نشان می‌دهد ضمن اینکه میزان دامنه حداکثر و حداقل بین آزمون ۱۵۰ و ۵۰ درجه واقع است.



شکل ۲ نتایج چرخش داده‌ها برای مقاطع مختلف و محل احتمالی عبور گسل

(محور افقی بیانگر فرکانس و محور قائم نشان دهنده آزیموت می‌باشد مقدار دامنه با مقیاس نواری نشان داده شده است.)

۵- نتیجه گیری

با توجه به تفسیر نتایج داده‌های میکروترمور در محدوده مورد نظر می‌توان نتیجه گیری کرد که:

در مقطع ۱ چون میزان دامنه در جهات مختلف یکسان است گسل از محدوده این مقطع عبور نکرده است.

میزان دامنه در آزیموت‌های مختلف و در فرکانس غالب در ایستگاه‌های A2، A3، A4 و B6 تغییرات محسوسی را نشان می‌دهد که بیانگر عبور گسل از این ایستگاه است.

در مقطع ۵ تغییرات دامنه در فرکانس غالب بیانگر عبور گسل از بین این دو ایستگاه می‌باشد.

۶- منابع

۱. حافظی مقدس، ن.، ۱۳۸۷، گزارش ریزپهنه بندی لرزه‌های شهر مشهد، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور مدیریت منطقه شمال شرق.
۲. اصغر آزادی و همکاران ، ویژگیهای زمین شناسی، ژئوتکنیکی و ژئوفیزیکی گسل توس در شمال شهر مشهد، مجله فیزیک زمین و فضا، ۴، ۱۳۸۸، صفحه

۳۴-۱۷

1-Del Gaudio, V., Coccia, S., Wasowski, J., Gallipoli, M.R., Mucciarelli, M. (2008). Detection of directivity in seismic site response from microtremor spectral analysis. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, V. 8, pp. 751-762.

2-Del Gaudio, V., Wasowski, J., Lee, C.T. (2011). Tests of microtremor measurements with a broad-band sensor for the characterization of seismic response of landslide prone slopes. National Department of Solid Earth Geophysics, Sessione 2.2.

3-Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Quarterly Report of Railway Technical Research Institute (RTRI)*, V. 30, No.1.

4-Sesame, (2004). Guidelines for the implementation of the H/V spectralratio technique on ambient vibrations-measurements, processing and interpretations, SESAME European research project EVG1-CT-2000-00026, deliverable D23.12.

5-Konno, K. and Ohmachi, T. (1998). Ground-motion characteristics estimated from spectral ratio between horizontal and vertical components of microtremor. *Bull. Seismol. Soc. Am.* V. 88, No. 1, pp. 228-241.