



شانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران

ارزیابی مسیر گسل جنوب مشهد با استفاده از تحلیل

جهت داری میکروترموورها

مهسا زهانی قائینی*، دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی دانشگاه فردوسی مشهد.

mahsa.zohani@gmail.com

ناصر حافظی مقدس، دکتری زمین شناسی مهندسی، دانشیار گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد.

h_moghads@yahoo.com

چکیده:

در پژوهش حاضر به کمک تحلیل نتایج بررسی میکروترموورها در حاشیه کوهستان جنوبی شهر مشهد، به روش نسبت طیف مولفه افقی به قائم و اطلاعات حاصل از چرخش H/V، شرایط زیر سطحی ساختگاه مورد مطالعه و موقعیت احتمالی عبور گسل جنوب مشهد، پیش بینی شده است. برای این منظور، ثبت داده های میکروترموور بر روی ۵ پروفیل عمود بر ارتفاعات جنوبی شهر، از سنگ به طرف آبرفت صورت گرفت. در تمامی ایستگاه ها مقادیر فرکانس و دامنه در جهات مختلف استخراج و با توجه به تغییرات حاصله، شرایط زیر سطحی شناسایی شد. در نهایت به کمک ایستگاه های دارای بیشترین آشفتگی در مقادیر دامنه در جهات مختلف، موقعیت احتمالی عبور گسل جنوب شهر مشخص شده است.

واژه های کلیدی: میکروترموورها، نسبت طیفی، چرخش H/V، گسل جنوب مشهد

مقدمه :

میکروترموورها ارتعاشاتی با دامنه کوتاه، ضعیف و پریود پایین می باشند که در سالهای اخیر علاوه بر برآورد فرکانس تشدید و ضریب بزرگنمایی آبرفت، به دلیل سرعت و سهولت در برداشت، صرفه اقتصادی و غیرتخریبی بودن، کاربردهای دیگری نیز پیدا نموده اند که شناسایی شرایط زیرسطحی ساختگاه از جمله آنها می باشد. یکی از روش های تفسیر میکروترموورها روش نسبت طیفی می باشد که اولین بار توسط ناکامورا (۱۹۸۹) مورد استفاده قرار گرفت. روش نسبت طیف افقی به عمودی (HVSr) که به روش ناکامورا نیز معروف است، شامل استفاده از نسبت مولفه افقی به عمودی جنبش زمین و برآورد دامنه های فوریه منطبق با فرکانس های مختلف می باشد. ناکامورا (۱۹۸۹) امواج ریلی را به عنوان نوفه ریزارتعاشات و منشا آنها را موج SH در نظر گرفت. وی ریز ارتعاشات را به عنوان امواج برشی پیشرونده در یک لایه منفرد روی نیم فضا تفسیر می کند و فرض می شود که حرکت میکروترموورها به دلیل منابع کاملاً محلی می باشد و هر گونه دخالت منابع عمیق حذف می گردد.

پژوهش های زیادی جهت شناخت گسل ها و ساختارهای زیر سطحی محلی، از داده های حاصل از میکروترموورها استفاده کرده اند؛ از جمله آنها می توان به Zhao et al., (2007) اشاره کرد که جهت شناخت

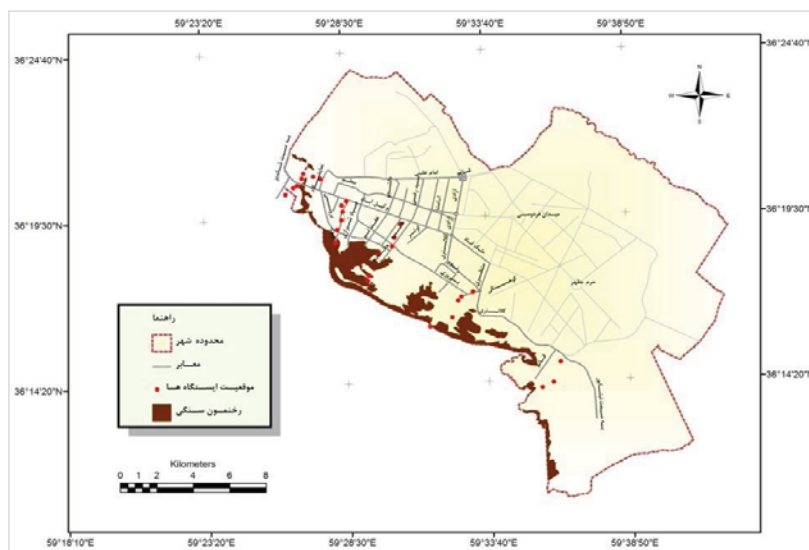
ساختارهای گراین در شهر Yinchuan چین از میکروترمورها استفاده کرده اند. همچنین Pintor et al., (2004) به کمک میکروترمورها ساختارهای زمین شناسی کم عمق را شناسایی کردند.

برخی دیگر از مطالعات، به کمک چرخش داده های حاصل از میکروترمورها، به ساختارهای زیر سطحی محلی پی برده اند؛ از جمله می توان به مطالعات Del Gaudio et al., 2008 و Del Gaudio et al., 2011 اشاره کرد که از جهت داری میکروترمورها برای شناسایی شیب های مستعد لغزش در دامنه های شهر Caramanico Terme ایتالیا استفاده کرده اند. به طور کلی با چرخش نسبت طیفی مولفه افقی به قائم (Rotate H/V) در جهات مختلف مقادیر مشابه یا متفاوت از فرکانس (یا دامنه) در اختیار ما قرار می دهد که جهت تفسیر ساختگاه محلی به کمک ما می آید.

پژوهش حاضر به کمک جهت داری میکروترمورها، تغییرات دامنه و فرکانس در آزمون های مختلف را مورد بررسی قرار می دهد. برای این منظور روش ناکامورا (۱۹۸۹) و معیارهای عنوان شده در پروژه سزامی (SESAME, 2004) جهت پردازش داده ها مورد استفاده قرار گرفته اند؛ همچنین با چرخش ۱۰ درجه ای H/V در نرم افزار GEOPSY مقادیر حداکثر دامنه در هر ایستگاه تعیین و سپس همگن بودن شرایط در اطراف هر ایستگاه بررسی و تغییرات حاصل، تحلیل شده اند.

موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه مطالعاتی :

منطقه مورد مطالعه در بخشی از زون بینالود در حاشیه گسل معکوس جنوب شهر مشهد و در محدوده طول های جغرافیایی "۵۹°۳۶'۱۷.۹۷" و "۵۹°۲۶'۲۱.۵۵" شرقی و عرض های جغرافیایی "۳۶°۱۳'۱۳.۱" و "۳۶°۲۰'۵۶.۴۰" شمالی واقع شده است (شکل ۱). گسل تراسی جنوب مشهد با روند شمال غرب-جنوب شرق در حد بین کوه و دشت و در مرز برخورد سنگ های الترابازیک، اسپیلیت ها و سنگ های دگرگونی متعلق به پائوزوئیک با رسوبات آبرفتی کواترنری دشت مشهد، قرار گرفته است. رسوبات بستر این ناحیه عمدتاً نهشته های دامنه ای به صورت شن و ماسه می باشند.



شکل ۱- شهر مشهد و موقعیت ایستگاه های برداشت میکروترمو

از شواهد فعالیت گسل جنوب مشهد که در پروژه ریز پهنه بندی لرزه ای شهر مشهد (حافظی مقدس، ۱۳۸۵) به آن ها اشاره شده، عبارت از، جا به جایی مخروط افکنه چهل بازه به طرف جنوب، تغییر در شیب زمین در بخش آبرفتی این گسل، تغییر مشخص در توپوگرافی زمین در امتداد بلوار پیروزی، عریض شدن بستر رودخانه چهل بازه و حضور شکافهایی در امتداد گسل در محدوده نمایشگاه، افزایش شکستگی های توده سنگ در رخنمون های آذرین و دگرگونی جنوب غرب مشهد، می باشد.

روشها و مواد :

- ۱- در این مطالعه نقاط اندازه گیری میکروترمورها بر روی ۵ پروفیل عمود بر گسل جنوب مشهد، در جهت شمال شرق-جنوب غرب، انجام شد؛ همچنین حرکت بر روی این پروفیل ها از سنگ به طرف آبرفت صورت گرفت. ایستگاه های برداشت بر روی هر پروفیل، بر اساس اطلاعات زمین شناسی و محل احتمالی عبور گسل جنوب مشهد و همچنین بازدیدهای صحرایی و مطالعات دفتری انتخاب شده اند.
- ۲- ابزارها و تجهیزات مورد استفاده جهت برداشت میکروترمورها شامل یک دستگاه لرزه سنج سه کاناله SL07، کامپیوتر قابل حمل و سیستم موقعیت یاب جهانی بودند. لرزه سنج سه کاناله SL07 ساخت شرکت SARA ایتالیا، دارای یک رقومی کننده سه کاناله ۲۴ بیتی، یک واحد پردازنده مرکزی با قابلیت ذخیره رکوردها و یک گیرنده GPS است. فرکانس طبیعی این لرزه سنج ۲ هرتز و با میرایی طبیعی ۰/۷ می باشد.
- ۳- برداشت ریز ارتعاشات (Microtremors) در هر ایستگاه به مدت ۱۵ دقیقه صورت گرفت. در نقاط پر تردد به منظور حداقل تاثیر عوامل ترافیکی و سر و صدای محیطی بر روی داده ها، اقدامات احتیاطی لازم در نظر گرفته شد؛ به گونه ای که برخی از اندازه گیری در ساعات ۱۱ شب تا ۶ صبح و مابقی به دور از خیابانهای پر ترافیک و ماشین های سنگین انجام شد.

روش تحلیل :

پردازش رکوردهای میکروترموور به روش نسبت طیفی H/V ، بر روی نگاشت های ثبت شده به شرح زیر صورت گرفت :

ابتدا پنجره های زمانی ۲۰ ثانیه ای از نگاشت های ثبت شده انتخاب و پنجره های زمانی گذرا حذف شدند. سپس فیلتر باتروورت باند گذر در محدوده فرکانس ۰/۲۵ و ۱۵ هرتز، به منظور از بین بردن نوفه های ناخواسته، بر روی داده ها اعمال شد. همچنین نرم کردن طیف با استفاده از روش Konno & Ohmachi (۱۹۹۸) با ثابت ۴۰ صورت گرفت. پس از تهیه طیف ها، نسبت های طیفی مولفه افقی به مولفه عمودی بر اساس روش ناکامورا (۱۹۸۹) محاسبه شد. پس از ایجاد HVSR، بر اساس معیارهای پروژه سزامی (SESAME, 2004) منحنی های H/V مورد بررسی قرار گرفتند؛ ابتدا قابل اعتماد بودن منحنی ها را تایید کردیم و سپس معیار وضوح بیشینه و پایدار بودن منحنی بررسی شد. در نهایت مقادیر فرکانس غالب و دامنه برای هر ایستگاه استخراج شد.

در مرحله بعد، چرخش داده های H/V جهت شناخت شرایط زیرسطحی به کمک نرم افزار GEOPSY صورت گرفت. تغییرات دامنه H/V (یا فرکانس) در زوایای مختلف به خوبی ناهمگن بودن ساختار محلی را به نمایش می گذارد؛ همچنین می تواند موقعیت منابع اصلی، شیبها و دره های مدفون را مشخص کند. برای این

منظور با هر ۱۰ درجه چرخش، مقادیر حداکثر و حداقل دامنه و فرکانس مربوطه برای هر ایستگاه استخراج شد.

نتایج و بحث :

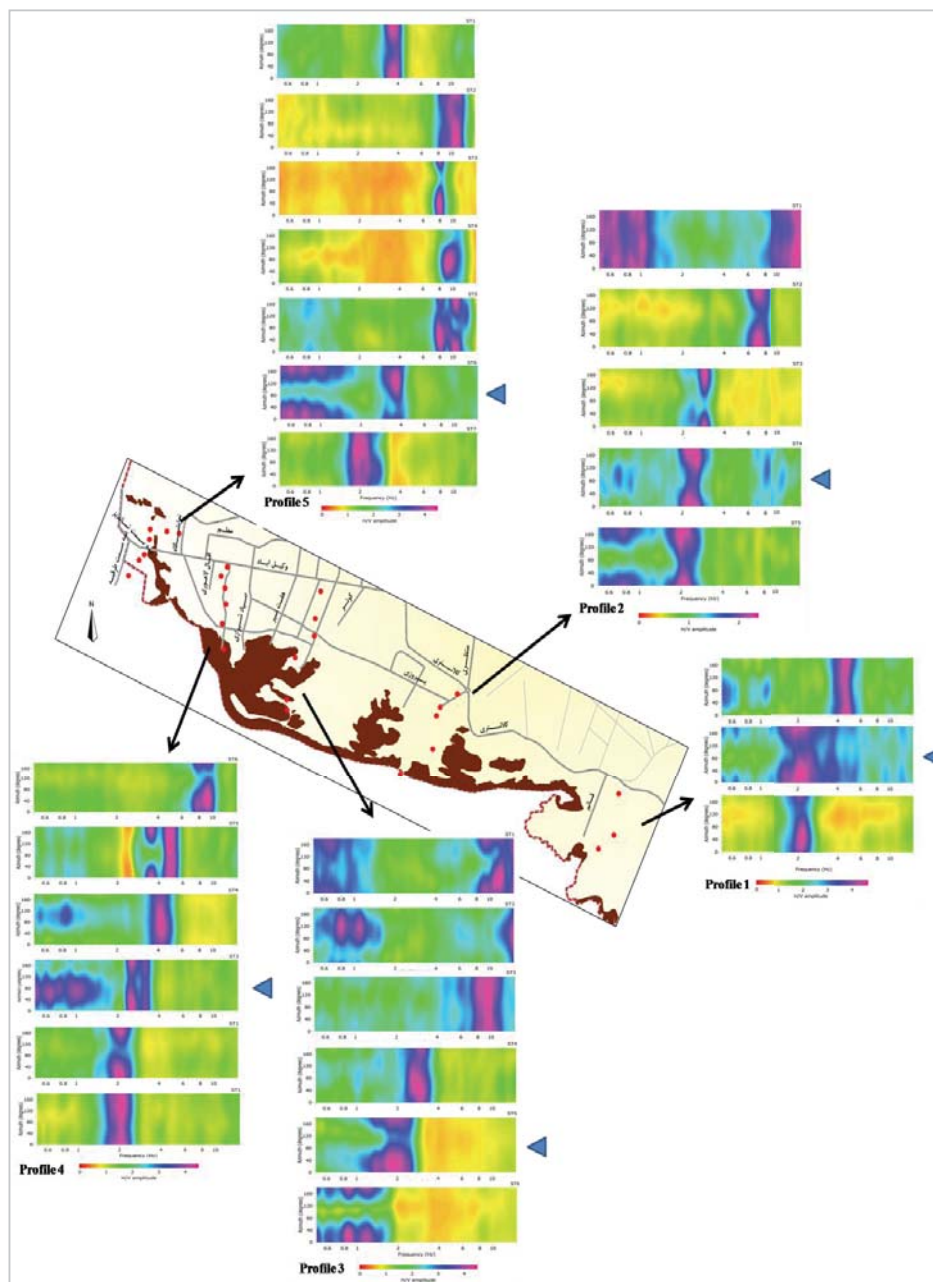
جدول ۱ مقادیر و زوایای حداکثر و حداقل برای فرکانس و دامنه را در پروفیل های مختلف نشان می دهد.

پروفیل	ایستگاه	زاویه فرکانس حداقل	زاویه فرکانس حداکثر	بازه تغییرات فرکانس	زاویه دامنه حداقل	زاویه دامنه حداکثر	بازه تغییرات دامنه
۱	St1	۱۲۰-۱۷۰	۹۰-۱۱۰	۱/۹-۲/۳	۱۱۰	۳۰	۱/۸-۲/۳
	St2	۷۰-۱۴۰	۱۵۰-۱۸۰ و ۰-۶۰	۴/۶-۴/۵	۷۰	۱۸۰	۲/۶-۲/۹
	St3	۱۵۰-۱۷۰	۶۰-۱۱۰	۲/۰-۲/۱۹	۱۴۰	۴۰	۳/۲-۴/۶
۲	St1	۰-۳۰	۹۰-۱۴۰	۱۳/۵-۱۴/۴	۱۴۰	۵۰	۱/۶-۱/۷
	St2	۰-۵۰ و ۱۳۰-۱۸۰	۱۰۰-۱۱۰	۷/۰-۷/۵	۱۰۰	۱۰	۲/۷-۳/۷
	St3	۶۰-۷۰	۰-۵۰ و ۸۰-۱۸۰	۲/۳-۲/۸	۷۰	۱۶۰	۲/۵-۴/۲
	St4	۰-۳۰	۱۰۰-۱۷۰	۲/۱-۲/۵	۸۰	۱۵۰	۲/۷-۳/۴
	St5	۱۰۰-۱۷۰	۰-۹۰	۱/۹-۲/۰	۸۰	۱۶۰	۱/۸-۲/۳
۳	St1	۲۰-۷۰	۰-۱۰ و ۱۰۰-۱۸۰	۱۱/۷-۱۵	۱۰۰	۵۰	۲/۰-۲/۳
	St2	-	-	۱۵	۱۸۰	۹۰	۲/۱-۲/۹
	St3	-	-	۹/۵	۱۸۰	۹۰	۲/۱-۲/۲
	St4	۸۰-۱۲۰	۰-۲۰ و ۱۶۰-۱۸۰	۲/۶-۲/۹	۱۴۰	۴۰	۲/۷-۳/۳
	St5	۰-۵۰ و ۱۵۰-۱۸۰	۱۲۰-۱۳۰	۱/۷-۲/۲	۱۱۰	۳۰	۳/۱-۴/۵
	St6	۰-۷۰ و ۱۳۰-۱۸۰	۸۰-۱۲۰	۰/۸-۱/۱	۱۱۰	۲۰	۱/۶-۴/۴
۴	St1	۱۴۰-۱۷۰	۰-۱۳۰	۷/۸-۹/۲	۱۴۰	۵۰	۲/۱-۳/۴
	St2	-	-	۴/۸	۳۰	۱۲۰	۱/۹-۲/۰
	St3	-	-	۴/۲	۱۸۰	۸۰	۳/۱-۳/۷
	St4	۷۰-۹۰	۱۰۰-۱۲۰	۱/۰-۳/۱	۱۱۰	۲۰	۲/۱-۲/۷
	St5	۸۰-۹۰	۱۱۰-۱۷۰	۱/۹-۲/۱	۱۰۰	۱۰	۲/۱-۳/۲
	St6	-	۲/۱-۳/۴	۲/۰	۶۰	۱۳۰	۲/۵-۲/۷
۵	St1	۰-۲۰ و ۱۴۰-۱۸۰	۶۰-۱۱۰	۳/۶-۳/۹	۱۰۰	۱۸۰	۲/۴-۳/۰
	St2	۱۱۰-۱۵۰	۰-۸۰ و ۱۷۰-۱۸۰	۹/۹-۱۰/۶۳	۱۶۰	۴۰	۴/۳-۴/۹
	St3	۲۰-۶۰	۰-۱۰ و ۷۰-۱۸۰	۷/۸-۸/۰	۱۲۰	۴۰	۵/۰-۸/۴
	St4	۱۰-۲۰	۱۴۰-۱۸۰	۸/۹-۱۰/۶	۱۷۰	۷۰	۴/۵-۷/۴
	St5	۶۰-۱۲۰	۰-۱۰ و ۱۳۰-۱۸۰	۷/۸-۱۰/۶	۱۲۰	۵۰	۲/۲-۲/۹
	St6	۰-۵۰ و ۱۷۰-۱۸۰	۶۰-۷۰	۰/۵-۳/۷	۶۰	۱۳۰	۲/۸-۳/۰
	St7	-	-	۱/۹	۳۰	۱۱۰	۲/۸-۳/۲

جدول ۱- مقادیر حداکثر و حداقل فرکانس و دامنه برای هر ایستگاه و زوایای مربوطه

با توجه به جدول ۱، ایستگاه های دارای مقادیر یکسان فرکانس (Frequency) و تغییرات اندک در دامنه (Amplitude) شرایط زیر سطحی همگن و یکنواختی را نشان می دهند که در فرکانس های بالا (پروفیل ۳ ایستگاه ۲ و ۳) ساختگاه کاملاً سنگی و یکنواخت و در فرکانس های پایین (پروفیل ۴ ایستگاه ۲ و ۳، پروفیل ۵ ایستگاه ۷) ضخامت قابل توجهی از خاک و شرایط همگنی را خواهیم داشت.

در شکل ۲، نتایج حاصل از چرخش H/V در نرم افزار GEOPSY برای تمام ایستگاه ها آورده شده است. تصاویر مربوط به هر پروفیل از بالا به پایین به ترتیب از سنگ به طرف آبرفت می باشد. با توجه به شکل، در هر پروفیل نتایج زیر قابل استخراج است:



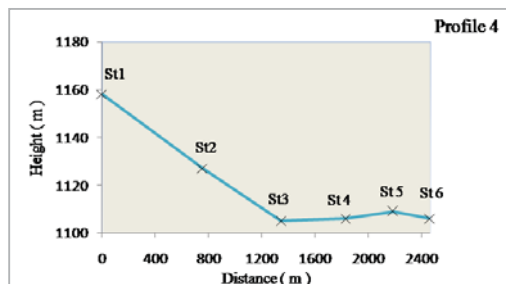
شکل ۲- نتایج حاصل از چرخش H/V برای تمام پروفیل ها
ایستگاه های دارای بیشترین آشفتگی با مثلث آبی رنگ مشخص شده است.
(محور افقی فرکانس (هرتز) و محور عمودی آزمون می باشد. مقادیر دامنه با مقیاس نواری رنگی مشخص شده است)

در ایستگاه اول پروفیل یک، با فرکانس غالب حدود ۵ هرتز، مقادیر دامنه در زوایای مختلف تغییرات اندکی را به نمایش می گذارد که این حاکی از بستر سخت نسبتاً همگن می باشد. مشابه ایستگاه اول، در St3 هم مقادیر نسبتاً یکنواختی از دامنه در زوایای مختلف را شاهد هستیم، با این تفاوت که در این ایستگاه فرکانس غالب حدود ۲ دور بر ثانیه است که منعکس کننده خاک با ضخامت قابل توجه می باشد. در ایستگاه دوم شرایط تغییر می کند، به گونه ای که مقادیر فرکانس غالب بازه ی بیشتری را به خود اختصاص می دهد؛ علاوه بر این در آزمون های مختلف آشفته گی بیشتری در مقادیر دامنه شاهد هستیم که نشان دهنده ساختار زیر سطحی ناهمگن می باشد. با توجه به موارد اشاره شده، انتظار می رود گسل جنوب مشهد از محدوده St2 در پروفیل یک عبور کرده باشد. شایان ذکر است در تمام ایستگاه ها مقادیر حداکثر دامنه را در زوایای حدود ۱۰ تا ۴۰ درجه (N40E - N10E) و مقادیر حداقل، در فرکانس غالب در حدود ۱۰۰ درجه (S10W) خواهیم داشت.

برداشت میکروترمو در پروفیل شماره دو، در ۵ ایستگاه صورت گرفت. در اولین ایستگاه، دستگاه بر روی سنگ بستر آذرین با ضخامت خاک ناچیز قرار گرفت. فرکانس غالب در این ایستگاه حدود ۱۳ هرتز و مقادیر دامنه در زوایای مختلف تغییرات اندکی را به نمایش می گذارد. ضخامت خاک در St2 افزایش و فرکانس غالب حدود ۷ هرتز می باشد، اما همچنان در تمام جهات شرایط پایداری را خواهیم داشت. همانند دو ایستگاه قبل، در ایستگاه سوم هم شرایط همگنی را شاهد هستیم، اما با توجه به افزایش ضخامت خاک، فرکانس غالب کاهش و به حدود ۳ دور بر ثانیه می رسد. در ایستگاه ۴ و ۵ آشفته گی شرایط به خوبی قابل مشاهده است؛ در اینجا فرکانس غالب حدود ۲ هرتز می باشد و مقادیر دامنه در آزمون های مختلف تغییرات قابل توجهی را نشان می دهد. ضمن اینکه در این پروفیل مقادیر حداکثر دامنه را در زوایای ۱۰ تا ۴۰ درجه (N10E - N40E) و ۱۶۰ درجه (N20W) و مقادیر حداقل را در حدود ۸۰ درجه (S10E) خواهیم داشت.

پروفیل سه از رخنمون های سنگی در انتهای هاشمیه آغاز و تا ابتدای هاشمیه در بلوار وکیل آباد ادامه دارد. ایستگاه اول و دوم پروفیل هاشمیه با فرکانس غالب بیشتر از ۱۰ هرتز، نمایان گر یک ساختگاه سنگی با ضخامت ناچیزی از خاک می باشند. در ایستگاه سوم هم مقادیر فرکانس غالب (حدود ۱۰ دور بر ثانیه) نزدیکی سنگ بستر به سطح زمین را مشخص می کند. با دور شدن از ارتفاعات، فرکانس در St4 کاهش و حدود ۳ هرتز می باشد، اما همچنان شرایط همگنی را شاهد هستیم. در ایستگاه پنجم فرکانس غالب بازه بیشتری را به خود اختصاص داده و آشفته گی در مقادیر دامنه به خوبی قابل تشخیص است. در St6 نیز همانند ایستگاه قبل شرایط ناهمگنی با کاهش در مقادیر فرکانس غالب را شاهد هستیم. در این ایستگاه به خوبی می توان دید که مقادیر حداکثر و حداقل در دامنه به ترتیب در زوایای ۰ تا ۴۰ درجه (N40E) و ۱۰۰ درجه (S10W) مشخص شده است.

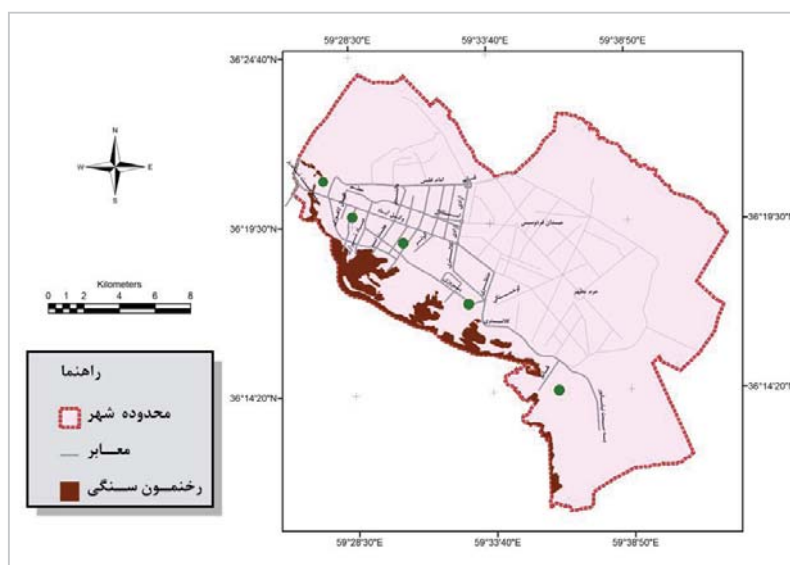
برداشت داده ها در چهارمین پروفیل در بلوار لادن صورت گرفت. در ایستگاه اول فرکانس غالب حدود ۹ هرتز و تغییرات دامنه در زوایای مختلف شرایط یکنواختی را نشان می دهد. فرکانس غالب در St2 و St3 به ترتیب ۵ و ۴ هرتز می باشد و تغییرات محسوس و البته اندکی در مقادیر دامنه در این دو ایستگاه مشاهده می شود. ایستگاه چهارم در این پروفیل آشفته گی را به خوبی به نمایش می گذارد. احتمال می رود شرایط زیر سطحی بین ایستگاه ۲ تا ۴ بیشتر از ایستگاه های دیگر تحت تاثیر گسل جنوب مشهد قرار گرفته باشد. بررسی مقطع توپوگرافی بلوار لادن (شکل ۳) نیز تغییر مشخص در شیب زمین بین ایستگاه ۲ و ۴ را نشان می دهد که احتمالاً در اثر عملکرد گسل جنوب شهر می باشد. در ایستگاه های ۵ و ۶ فرکانس حدود ۲ هرتز و شرایط نسبتاً همگنی را شاهد خواهیم بود.



شکل ۳- مقطع توپوگرافی پروفیل بلوار لادن

پروفیل پنج با حرکت در کال چهل بازه در انتهای بلوار وکیل آباد انجام گرفت. همانطور که قبلاً اشاره شد در این منطقه به خوبی شواهد حرکت گسل مشهود می باشد؛ با توجه به این موضوع ایستگاه های برداشت در این پروفیل، بر اساس همین شواهد انتخاب شده اند. ایستگاه اول با فرکانس غالب حدود ۴ هرتز ضخامت قابل توجهی از خاک سخت را نشان می دهد؛ در این ایستگاه شرایط برای دامنه در آزمون های مختلف یکنواخت می باشد. در چهار ایستگاه St2، St3، St4 و St5 مقادیر فرکانس غالب حدود ۸ تا ۱۰ هرتز می باشد که به خوبی نشان می دهد با حرکت از ایستگاه اول به سمت ایستگاه پنجم سنگ بستر بالا آمده و در نزدیک به سطح واقع شده است و بدون شک تحت تاثیر حرکت گسل جنوب شهر مشهد می باشد. با عبور از ایستگاه ۵، با افزایش در ضخامت آبرفت، مقادیر فرکانس پایین می آید و در ایستگاه ۶ حدود ۴ هرتز و در St7 به حدود ۲ هرتز می رسد. با توجه به مواردی که به آن اشاره شد و آشفتگی در مقادیر دامنه در ایستگاه ششم و موقعیت تغییر مکان رودخانه چهل بازه، احتمال می رود سطح گسلی در فاصله بین ایستگاه ۵ تا ۶ واقع شده باشد و شیب تند حاصل از جابه جایی گسل در مقادیر دامنه در ایستگاه ۶ تاثیر گذاشته باشد.

در شکل ۴، دوائر سبز رنگ محل احتمالی عبور گسل جنوب مشهد را با توجه به نتایج چرخش داده های میکروترمور، نشان می دهد.



شکل ۴- موقعیت احتمالی عبور گسل جنوب مشهد

نتیجه گیری :

برداشت داده های میکروترومر در حاشیه کوهستان جنوبی شهر مشهد و در ۵ پروفیل عمود بر ساختار گسلی موجود صورت گرفت. تفسیر داده های حاصل از چرخش H/V به طور کلی نتایج زیر را در اختیار ما قرار داده است:

- مقادیر دامنه در پروفیل های یک، دو، سه، چهار و پنج به ترتیب در ایستگاه های دوم، چهارم، پنجم، چهارم و ششم تغییرات محسوسی در زوایای مختلف نشان می دهد که انتظار می رود این ایستگاه ها مشخص کننده محل عبور گسل جنوب مشهد باشند.
- در پروفیل پنج، تغییرات در فرکانس بین ایستگاه های ۵ و ۶ به خوبی نمایانگر عبور گسل از محدوده بین این دو ایستگاه می باشد.
- در اکثر ایستگاه ها با چرخش حدود ۴۰ درجه ای برآیند دو مولفه افقی و قائم، بیشترین مقدار دامنه را خواهیم داشت و با چرخش حدود ۱۰۰ درجه کمترین مقدار آنرا به دست خواهیم آورد. این به این معناست که زمانی که برآیند دو مولفه به موازات ارتفاعات (یا به موازات گسل) قرار می گیرد بیشترین مقدار دامنه و زمانی که عمود بر ارتفاعات (عمود بر گسل) قرار می گیرد کمترین مقدار آن به دست می آید.

منابع فارسی :

- ۱- حافظی مقدس، ن.، ۱۳۸۵، گزارش زمین شناسی مهندسی طرح ریز پهنه بندی لرزه ای شهر مشهد، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور مدیریت منطقه شمال شرق.

References:

- 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-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.
- 4-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.
- 5-Pintor, G.M., Toshinawa, T., Nishimura, T., Amano, H. (2004). Use of microtremors for the evaluation of the shallow geologic structure. Asia Conference on Earthquake Engineering, Manila, Philippines.
- 6-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.
- 7-Zhao, B., Xie, X., Chai, C., Ma H., Xu, X., Peng, D., Yin, W., Tao, J. (2007). Imaging the graben structure in the deep basin with a microtremor profile crossing the Yinchuan City. *J. Geophys. Eng.*, V. 4. PP. 293-300.