





دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین

گروه زمین‌شناسی زیست‌محیطی و آب‌شناسی

موضوع:

ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین لرزه مادر شهر طبس

دانشجو:

سعید کرانیان

اساتید راهنما:

دکتر ناصر حافظی مقدس

دکتر محمد آریانش

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمین ۹۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : علوم زمین

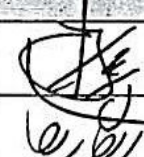
گروه : آب شناسی و زمین شناسی زیست محیطی

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای سعید گرانیان

تحت عنوان: ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین لرزه ها در شهر طبس

در تاریخ ۹۲/۱۱/۲۸ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی :		دکتر ناصر حافظی مقدس
	نام و نام خانوادگی :		دکتر محمد آریامنش

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی :		دکتر رضا نادری
	دکتر حبیب الله قاسمی		دکتر رمضان رضانی اومالی



دانشگاه علمی کاربردی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

شماره: ۱۱۷۳۷
تاریخ: ۱۳۹۲/۱۲/۲
ویرایش:

فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای سعید گرانیان رشته زمین شناسی گرایش زیست محیطی تحت عنوان ارزیابی اثرات ساختمانی زمین لرزه ها در شهر طبس که در تاریخ ۱۳۹۲/۱۱/۲۸ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است:

<input type="checkbox"/> مردود	<input type="checkbox"/> دفاع مجدد	<input checked="" type="checkbox"/> قبول (با درجه: بسیار امتیاز ۱۸/۳)
--------------------------------	------------------------------------	---

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۳- خوب (۱۶ - ۱۷/۹۹)

۴- قابل قبول (۱۴ - ۱۵/۹۹)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیأت داوران
	دانشیار	۱- دکتر ناصر حافظی مقدس	۱- اساتید راهنما
	استادیار	۲- دکتر محمد آریامنش	
-	-	-	۲- استاد مشاور
	دانشیار	دکتر حبیب الله قاسمی	۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی
	استادیار	دکتر رمضان رمضانی اومالی	۴- استاد ممتحن
	استادیار	دکتر رضا نادری	۵- استاد ممتحن

رئیس دانشکده

تقدیم به

ساحت مقدس حضرت مهدی صاحب الزمان (عج)

تقدیم به

پدر و مادر دلسوز و مهربانم

که زحماتشان با هیچ واژه‌ای قابل قدردانی نیست.

و تقدیم به روح بلند تمام جان باختگان زلزله‌ی سال ۱۳۵۷ طیس

آفرین، جان آفرین پاک را آن که جان بخشید و ایمان، خاک را

"عطار نیشابوری"

سپاس بیکران آفریدگاری که، خاک را جان و ایمان بخشید. و در مسیر آموختن، بر ایمان راهنا قرار داد و افتخار همراهی با دانش پژوهان و اساتید کرامت‌دار را نصیبمان فرمود، تا در راه شیرین و خاطره آفرین دانش و آگاهی گام برداریم.

از اساتید محترم راهنا، جناب آقای دکتر ناصر حافظی مقدس که با سخنان محبت آمیز و نکته سنجی های دقیق و ظریف علمی و تخصصی خود، بی‌مردن این راه پر از اسهام را برابیم هموار نمودند؛ و جناب آقای دکتر محمد آریانش که از ابتدای انتخاب این راه با من همراه و بهکام بودند کمال سپاسگزاری را دارم.

از اساتید محترم گروه زمین شناسی زیست محیطی و آب شناسی، جناب آقای دکتر غلامحسین کرمی (ریاست محترم دانشکده علوم زمین)، جناب آقای دکتر افشین تشلاقی، سرکار خانم دکتر دهر آزما و سرکار خانم دکتر فرحانی تهرانی که در طول دوره کارشناسی ارشد و نیرتهیه و تنظیم فرم پیشنهاد پایان نامه (پروپزال) راهنمایی های لازم را ارائه و تسهیل زحمات فراوانی شده اند، سپاس گزاری می‌نمایم.

از کارکنان محترم آموزش دانشکده علوم زمین، سرکار خانم مهندس فارسی، سرکار خانم مهندس سعیدی، جناب آقای مهندس خانعلی زاده و جناب آقای مهندس میرباقری که با مراحات مکرر خود جهت امور آموزشی مزاحم اوقاتشان بوده ام، سپاسگزاری می‌کنم. از پدر بزرگوار و مهربانم که علاوه بر کمک های فراوان و مداوم در جهت جمع آوری داده های مربوط از مراجع ذیربط و همراهی در برداشت های میدانی، با توجه به تخصص خود در رشته زبان و ادبیات فارسی در امور استاری نیر بهکامی داشته اند، سپاس گزاری می‌نمایم.

در پایان لازم می‌دانم از کلیه دوستان عزیز و کرامی ام، به ویژه آقایان حمیدرضا رضایی، مهدی نجفی، احسان رستمی، روزبه نیردان فر، مهدی سعیدیان، رضا مظلومی مقدم، محمد رضایی، محمد حسین زاده، علی نصرالهی، علیرضا اشکانی، علی علی آبادی، علی احمدی، روح الله حیدر زاده و خانم نازنایی قاینی، شایسته ادبی، شاکری و آذری و تمام کسانی که در این امر خطیر به من یاری رسانده اند، کمال سپاس گزاری را داشته باشم.

سعید کرانیان - بهمن ۱۳۹۲

تعهد نامه

اینجانب سعید گرانیان دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی/ زیست محیطی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین لرزه‌ها در شهر طبس تحت راهنمایی دکتر ناصر حافظی مقدس و دکتر محمد آریامنش متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ ۱۳۹۲/۲/۱۲

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

وجود شواهد فراوان از فعالیت گسل‌های کواترنری و سابقه لرزه خیزی، از جمله زمین‌لرزه ۱۵ شهریور سال ۱۳۵۷ ($M_s=7/4$)، قرار گرفتن شهر طبس در یک زون لرزه‌ای با پتانسیل لرزه‌خیزی بالا را به وضوح نشان داده است. این شهر بر روی رسوبات مخروط‌افکنه‌ای دوران کواترنر قرار گرفته که قادر به تقویت جنبش زمین می‌باشند. در اکثر زمین‌لرزه‌های اخیر، به طور واضحی نشان داده شده است که شرایط ساختگاه محلی نزدیک به سطح، می‌تواند تقویت قابل توجهی در تکان‌های زمین ایجاد و نقش اصلی را در سطح لرزش‌های زمین بازی کند. بنابراین توسعه‌ی روشی برای شناسایی و مشخص ساختن مناطق مستعد این چنین تقویت‌هایی، بسیار مطلوب است. برای تعیین خصوصیات رسوبات زیرسطحی جهت ارزیابی اثرات ساختگاهی در گستره‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه، اندازه‌گیری و آنالیز میکروترمور در تقریباً ۸۰ نقطه انجام و روش نسبت طیفی مولفه‌های افقی به عمودی (H/V) برای تخمین پریود غالب و فاکتور تقویت مورد استفاده قرار گرفته است. اندازه‌گیری‌های گذشته میکروترمور، مربوط به پروژه ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای طبس که در تقریباً ۵۲ نقطه انجام گرفته بود، به منظور مقایسه با اندازه‌گیری‌های جدید و قابل اعتمادتر ساختن نتایج نهایی، مورد آنالیز قرار گرفت. برای بررسی کارآمدی امواج میکروترمور برای تعیین خصوصیات ساختگاه (فرکانس غالب و فاکتور تقویت)، شکل نسبت طیفی امواج میکروترمور با نسبت طیفی امواج لرزه‌ای زمین‌لرزه‌ی سال ۱۳۵۷ ($M_s=7/4$)، ثبت شده در ایستگاه شتاب‌نگاری ساختمان فرمانداری طبس و رکوردهای ثبت شده در طول سال‌های بعدی و مقادیر فرکانس غالب و فاکتور تقویت به دست آمده از دو طیف، مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج، تشابه معناداری در شکل نسبت طیفی و مقادیر خصوصیات ساختگاه در هر دو طیف میکروترمور و جنبش نیرومند زمین نشان داد. نقشه بافت خاک که نحوه‌ی توزیع خاک در بخش‌های مختلف این ناحیه را نشان می‌دهد، با استفاده از عکس‌های هوایی و اطلاعات چاه‌های اکتشافی استخراج گردید. این نقشه به منظور انطباق بافت خاک و توزیع پریود غالب، با نقشه‌ی هم پریود مقایسه گردید. بر اساس نتایج این مطالعه، حدود ۶۰ درصد این منطقه، نواحی دارای پریود

زیاد (بزرگتر از یک) می‌باشند. با تعیین سرعت موج برشی و طبقه بندی لرزه‌ای آبرفت بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ایران و با تمرکز بر روی گسل‌های کواترنری، ایمن‌ترین جهت برای گسترش آینده شهر پیشنهاد گردید.

واژه‌های کلیدی: اثرات ساختگاهی، طبس، میکروترمور، نسبت طیفی H/V، پرلود غالب

مقالات مستخرج از پایان نامه

- "مقایسه نسبت طیفی حاصل از امواج میکروترمور و زمین لرزه، مطالعه‌ی موردی: شهر طبس"، نشریه بین‌المللی پژوهشی-تحلیلی زمین‌پویا، آذرماه ۱۳۹۲.

- "جهت ایمن پیشنهادی گسترش شهری در آینده توسط اندازه‌گیری‌های میکروترمور، مطالعه‌ی موردی: شهر طبس"، سی و دومین گردهمائی و نخستین کنگره تخصصی- بین‌المللی علوم زمین، بهمن‌ماه ۱۳۹۲.

فصل اول: کلیات

۲	..... ۱-۱- مقدمه
۳	..... ۲-۱- هدف و ضرورت مطالعه‌ی حاضر
۵	..... ۳-۱- روش انجام تحقیق
۶	..... ۴-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه
۶	..... ۵-۱- زمین‌شناسی عمومی منطقه‌ی مورد مطالعه
۹	..... ۱-۵-۱- زمین‌شناسی نئوژن و کواترنری
۹	..... ۱-۱-۵-۱- پادگانه‌های آبرفتی کهن درون کوهستان
۹	..... ۲-۱-۵-۱- مخروط‌افکنه‌های آبرفتی
۱۲	..... ۳-۱-۵-۱- پهنه‌ی تبخیری طبس
۱۲	..... ۶-۱- پیشینه‌ی مطالعاتی منطقه‌ی مورد مطالعه
۱۲	..... ۱-۶-۱- لرزه زمین‌ساخت
۱۴	..... ۲-۶-۱- ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین‌لرزه‌ها

فصل دوم: بررسی خطر گسلش و لرزه‌خیزی در منطقه‌ی مورد مطالعه

۱۶	..... ۱-۲- بررسی خطر گسلش در منطقه
۱۶	..... ۱-۱-۲- گسل نایبند
۲۰	..... ۲-۱-۲- گسل‌های کواترنری
۲۱	..... ۲-۲- لرزه‌خیزی منطقه‌ی مورد مطالعه
۲۲	..... ۱-۲-۲- زمین‌لرزه‌های تاریخی
۲۲	..... ۲-۲-۲- زمین‌لرزه‌های دستگاهی

فصل سوم: ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین لرزه‌ها با استفاده از میکروترموورها

۲۸	..... ۱-۳- اثرات ساختگاهی زمین لرزه‌ها
۳۰	..... ۱-۱-۳- اثر رسوبات سطحی
۳۷	..... ۲-۱-۳- اثر توپوگرافی
۳۸	..... ۲-۳- میکروترموورها
۴۱	..... ۱-۲-۳- منشاء میکروترموورها
۴۲	..... ۲-۲-۳- روش‌های ارزیابی اثرات ساختگاهی بر اساس میکروترموورها
۴۳	..... ۱-۲-۲-۳- مقایسه‌ی روش Hs/Hr با روش H/V
	..... ۳-۲-۳- مقایسه‌ی نسبت طیفی H/V حاصل از میکروترموورها و
۴۹	..... رکوردهای زلزله
۴۹	..... ۴-۲-۳- اصول برداشت میکروترموورها
	..... ۵-۲-۳- فرضیات در نظر گرفته شده برای تفسیر طیف‌های H/V ترسیم
۵۴	..... شده
۵۷	..... ۳-۳- مثال‌هایی از ارزیابی اثرات ساختگاهی با میکروترموورها در ایران و جهان
۶۱	..... ۴-۳- جمع‌بندی نتایج مطالعات انجام گرفته

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی

شهر طبس

۶۴	..... ۱-۴- معرفی محدوده‌ی مورد مطالعه
۶۵	..... ۲-۴- داده‌های موجود از منطقه
۶۵	..... ۱-۲-۴- داده‌های مربوط به گمانه‌های اکتشافی
۶۵	..... ۱-۱-۲-۴- گمانه‌ی BH1
۶۸	..... ۲-۱-۲-۴- گمانه‌ی BH2
۶۹	..... ۳-۱-۲-۴- گمانه‌ی BH3
۷۱	..... ۴-۱-۲-۴- گمانه‌ی BH4

فهرست مطالب

۷۲	.....گمانه‌ی BH5-۵-۱-۲-۴
۷۴	.....گمانه‌ی ساختمان فرمانداری-۶-۱-۲-۴
۷۴	.....داده‌های میکروترمور-۲-۲-۴
۷۶	.....خصوصیات ژئوتکنیکی محدوده‌ی مطالعاتی-۳-۴
۸۲	.....تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس-۴-۴
۸۲	.....برداشت داده‌های میکروترمور-۱-۴-۴
۸۲	.....شرایط برداشت-۱-۱-۴-۴
۸۵	.....تجهیزات اندازه‌گیری-۲-۱-۴-۴
۸۹	.....تحلیل داده‌های میکروترمور و زمین‌لرزه-۲-۴-۴
۹۲	.....تحلیل داده‌های زلزله-۱-۲-۴-۴
۹۲	.....تحلیل داده‌های میکروترمور گذشته-۲-۲-۴-۴
۹۸	.....تحلیل داده‌های میکروترمور جدید-۳-۲-۴-۴
	.....درون‌یابی داده‌های قدیم و جدید با استفاد از نرم‌افزار-۴-۲-۴-۴
۱۰۱	.....ArcGIS
۱۰۸	.....ارزیابی نتایج-۳-۴-۴
۱۱۳	.....ارزیابی خطرپذیری شهر-۴-۴-۴
۱۱۳	.....محاسبه‌ی سرعت موج برشی-۱-۴-۴-۴
۱۱۴	.....طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت-۲-۴-۴-۴
۱۱۷	.....جهت ایمن برای گسترش آینده شهر-۳-۴-۴-۴

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۱۲۳	.....زمین ساخت فعال منطقه-۱-۵
۱۲۳	.....بافت سطحی خاک-۲-۵
۱۲۳	.....تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت-۳-۵
۱۲۴	.....پیشنهادها-۴-۵

فهرست مطالب

۱۲۶	..... پیوست‌ها
۱۳۶	..... منابع

صفحه	عنوان
۲	شکل ۱-۱- نقشه‌ی موقعیت ایران در تکتونیک خاورمیانه.....
۴	شکل ۲-۱- شهر طبس و گسل‌های کواترنری.....
۴	شکل ۳-۱- جابجایی رسوبات کواترنری- روستای خسروآباد.....
۵	شکل ۴-۱- شهر طبس و موقعیت گسل‌های قدیمی و پی‌سنگی.....
۷	شکل ۵-۱- نقشه‌ی راه‌های دسترسی به منطقه‌ی مورد مطالعه.....
۸	شکل ۶-۱- نقشه‌ی رومرکز لرزه‌ی اصلی زمین‌لرزه‌ی طبس و پس‌لرزه‌های آن.....
۱۰	شکل ۷-۱- پادگانه‌ی آبرفتی پلکانی بر دامنه‌ی کال سردر.....
۱۱	شکل ۸-۱- عمیق شدن کانال و نزدیک شدن دیواره‌ها (رودخانه‌ی سردر).....
۱۳	شکل ۹-۱- جدابودن پهنه‌ی تبخیری طبس از نهشته‌های کواترنری.....
۱۷	شکل ۱-۲- محل عبور گسل نایبند روی تصویر ماهواره‌ای با رنگ‌بندی کاذب.....
۱۸	شکل ۲-۲- عبور گسل نایبند از میان سازندهای سنگی و رسوبات در زنوگان.....
۱۹	شکل ۳-۲- عملکرد تراستی قسمت شمالی گسل نایبند در روستای خرو.....
۲۰	شکل ۴-۲- گسل معکوس در شیل‌های سازند سردر در راستای گسل نایبند.....
۲۱	شکل ۵-۲- مسیر عبور گسل‌های کواترنری.....
۲۴	شکل ۶-۲- توزیع خطای تعیین مکان زمین‌لرزه‌ها در طول سده‌ی بیستم.....
۲۹	شکل ۱-۳- مسیر پیشروی امواج لرزه‌ای از محل گسلش تا سطح زمین.....
۳۰	شکل ۲-۳- تفاوت در شکل امواج لرزه‌ای ساختگاه‌های مختلف.....
۳۱	شکل ۳-۳- طیف‌های پاسخ متوسط نرمالیزه شده برای شرایط مختلف ساختگاه..
۳۲	شکل ۴-۳- پدیده انعکاس چندگانه.....
۳۸	شکل ۵-۳- تخریب بیشتر بالای تپه نسبت به پای تپه- زلزله بلاکوت پاکستان....
۵۰	شکل ۶-۳- مقایسه‌ی نسبت‌های H/V حاصل از رکوردهای زلزله و میکروترموور....
۵۱	شکل ۷-۳- مقایسه‌ی منحنی H/V در شرایط قرارگیری سنسور روی خاک و فوم.
۵۲	شکل ۸-۳- مقایسه‌ی منحنی H/V در شرایط قرارگیری سنسور روی چمن.....

فهرست شکل‌ها

- شکل ۴-۱- نقشه‌ی کاربری اراضی محدوده‌ی شهر طبس..... ۶۴
- شکل ۴-۲- موقعیت گمانه‌های حفر شده در گستره‌ی شهر طبس..... ۶۶
- شکل ۴-۳- لاگ حفاری گمانه‌ی باغ جهاد کشاورزی..... ۶۷
- شکل ۴-۴- لاگ حفاری گمانه‌ی شرکت زغال سنگ طبس..... ۶۸
- شکل ۴-۵- لاگ حفاری گمانه‌ی بهداری دیهشک..... ۷۰
- شکل ۴-۶- لاگ حفاری گمانه‌ی سرآسیاب..... ۷۲
- شکل ۴-۷- لاگ حفاری گمانه‌ی پارکینگ شهرداری..... ۷۳
- شکل ۴-۸- نقشه‌ی بافت سطحی خاک در پهنه‌ی شهر طبس..... ۷۸
- شکل ۴-۹- مسیر مقاطع خاک شناسی ترسیمی..... ۷۹
- شکل ۴-۱۰- پروفیل A-A'..... ۸۰
- شکل ۴-۱۱- پروفیل B-B'..... ۸۰
- شکل ۴-۱۲- پروفیل C-C'..... ۸۱
- شکل ۴-۱۳- پروفیل D-D'..... ۸۲
- شکل ۴-۱۴- شبکه‌بندی محدوده‌ی مطالعاتی..... ۸۳
- شکل ۴-۱۵- نقشه‌ی محل برداشت داده‌های میکروترمور جدید..... ۸۴
- شکل ۴-۱۶- قرار دادن دستگاه برداشت میکروترمور روی سطح خاکی سفت..... ۸۴
- شکل ۴-۱۷- دستگاه لرزه‌نگار SL07 ساخت شرکت ایتالیایی SARA..... ۸۶
- شکل ۴-۱۸- Data Sheet لرزه‌نگار SL07..... ۸۸
- شکل ۴-۱۹- محاسبه‌ی طیف دامنه در محیط نرم‌افزار Geopsy..... ۹۰
- شکل ۴-۲۰- مقایسه نسبت H/V داده‌های شتاب‌نگاری با داده‌های میکروترمور در محل قدیم ایستگاه شتاب‌نگاری طبس..... ۹۳
- شکل ۴-۲۱- مقایسه نسبت H/V داده‌های شتاب‌نگاری با داده‌های میکروترمور در محل جدید ایستگاه شتاب‌نگاری طبس..... ۹۴
- شکل ۴-۲۲- نقشه‌ی محل برداشت داده‌های میکروترمور در طرح ریزپهنه‌بندی..... ۹۵
- شکل ۴-۲۳- منحنی‌های H/V به دست آمده از نرم‌افزار Geopsy مربوط به داده‌های میکروترمور طرح ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای..... ۹۷

فهرست شکل‌ها

- شکل ۴-۲۴- منحنی‌های H/V به دست آمده از نرم‌افزار Geopsy مربوط به داده‌های میکروترمور جدید..... ۱۰۲
- شکل ۴-۲۵- نقشه‌ی تغییرات فرکانس تشدید مربوط به داده‌های قدیم و جدید. ۱۰۶
- شکل ۴-۲۶- نقشه‌ی تغییرات پریود تشدید مربوط به داده‌های قدیم و جدید..... ۱۰۷
- شکل ۴-۲۷- نقشه‌ی تغییرات ضریب تقویت مربوط به داده‌های قدیم و جدید..... ۱۰۷
- شکل ۴-۲۸- نقشه‌ی تغییرات آسیب‌پذیری مربوط به داده‌های قدیم و جدید..... ۱۰۸
- شکل ۴-۲۹- پلات کردن مقادیر پریود تشدید بر روی نقشه‌ی بافت خاک..... ۱۰۹
- شکل ۴-۳۰- پروفیل A-A' و تطبیق آن با نمودار تغییر میزان پریود بر اساس داده‌های قدیم و جدید میکروترمور..... ۱۱۰
- شکل ۴-۳۱- پروفیل B-B' و تطبیق آن با نمودار تغییر میزان پریود بر اساس داده‌های قدیم و جدید میکروترمور..... ۱۱۱
- شکل ۴-۳۲- پروفیل C-C' و تطبیق آن با نمودار تغییر میزان پریود بر اساس داده‌های جدید میکروترمور..... ۱۱۲
- شکل ۴-۳۳- پروفیل D-D' و تطبیق آن با نمودار تغییر میزان پریود بر اساس داده‌های جدید میکروترمور..... ۱۱۳
- شکل ۴-۳۴- طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ ایران..... ۱۱۶
- شکل ۴-۳۵- جهت پیش‌بینی شده توسعه‌ی ساخت و ساز شهری در طرح جامع توسعه و عمران شهر طبس..... ۱۱۸
- شکل ۴-۳۶- تلفیق نقشه‌ی شاخص آسیب‌پذیری و کاربری اراضی..... ۱۱۹
- شکل ۴-۳۷- تلفیق نقشه‌های شاخص آسیب‌پذیری، کاربری اراضی و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت..... ۱۲۰
- شکل ۴-۳۸- سالم ماندن بناهای خشت و گلی روستای جمز، بعد از زلزله مخرب سال ۱۳۵۷ طبس..... ۱۲۱

فهرست جدول‌ها

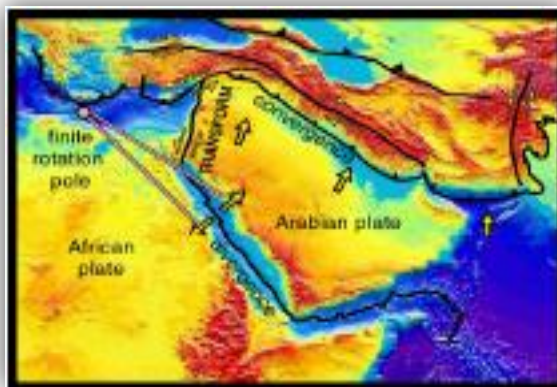
عنوان	عنوان
۲۳	جدول ۱-۲- اطلاعات مربوط به زمین‌لرزه‌های تاریخی.....
	جدول ۲-۲- زمان و مشخصات مهم‌ترین زمین‌لرزه‌های رخ داده در گستره‌ی
۲۴	پیرامون شهر طبس.....
	جدول ۳-۲- مختصات و عمق کانونی گزارش شده زلزله سال ۱۳۵۷ طبس
۲۵	توسط مراکز مختلف.....
۴۱	جدول ۱-۳- وابستگی فرکانسی منابع نوفه.....
	جدول ۲-۳- مدت زمان پیشنهادی جهت رکوردگیری.....
۵۰	جدول ۱-۴- مشخصات لرزه‌ای لایه‌های گمانه‌ی باغ جهاد کشاورزی.....
۶۷	جدول ۲-۴- مشخصات لرزه‌ای لایه‌های گمانه‌ی شرکت زغال سنگ طبس.....
۶۹	جدول ۳-۴- مشخصات لرزه‌ای لایه‌های گمانه‌ی بهداری دیهشک.....
۷۱	جدول ۴-۴- مشخصات لرزه‌ای لایه‌های گمانه‌ی سرآسیاب.....
۷۱	جدول ۵-۴- مشخصات لرزه‌ای لایه‌های گمانه‌ی پارکینگ شهرداری.....
۷۴	جدول ۶-۴- مشخصات لرزه‌ای لایه‌های گمانه‌ی فرمانداری.....
	جدول ۷-۴- مقادیر پیروید تشدید و ضریب بزرگنمایی آبرفت برآورد شده در
۷۵	طرح ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای.....
۹۱	جدول ۸-۴- معیارهای قابل اعتمادسازی منحنی‌های H/V.....
	جدول ۹-۴- نتایج حاصل از تحلیل داده‌های میکروترمور مربوط به طرح
۹۶	ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای.....
۱۰۰	جدول ۱۰-۴- نتایج حاصل پردازش داده‌های میکروترمور جدید.....
	جدول ۱۱-۴- مقادیر به دست آمده سرعت موج برشی در ایستگاه‌های برداشت
۱۱۵	داده‌ی میکروترمور.....
۱۱۵	جدول ۱۲-۴- طبقه‌بندی زمین بر اساس آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران.....

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

امروزه زندگی و اموال صدها میلیون مردم در سراسر جهان با خطر بزرگی ناشی از زلزله‌ها روبرو می‌باشند. بلیون‌ها دلار از تاسیسات عمومی، دائماً در معرض خطر صدمات ناشی از زلزله قرار دارند. سلامت تعداد زیادی از اقتصادهای محلی، ناحیه‌ای و حتی ملی نیز در معرض خطر زلزله‌ها می‌باشد. این مخاطرات در آمریکا، ژاپن و یا هر کشور دیگر یکسان نمی‌باشند. زلزله یک پدیده‌ی جهانی و یک مشکل جهانی می‌باشد (Kramer., 1996). بی تردید سرزمین ایران از فعال‌ترین مناطق لرزه‌خیز دنیا محسوب می‌شود. موقعیت زمین‌ساختی این پهنه به صورتی است که بطور مداوم تحت تاثیر تنش‌های وارده ناشی از باز شدگی بستر دریای سرخ و فشار وارده از سوی صفحه عربی می‌باشد. با نگاهی به نقشه‌ی زمین‌ساخت خاورمیانه (شکل ۱-۱) مشخص است که موقعیت ایران به صورت یک پهنه‌ی تحت فشار مابین صفحه‌ی توران در شمال و صفحه عربی در جنوب می‌باشد.



شکل ۱-۱- نقشه‌ی موقعیت ایران در تکتونیک خاورمیانه (فرزانگان، ۱۳۸۳)

با مراجعه به سوابق لرزه‌خیزی کشور، چه از روی نوشتارهای تاریخی و چه بررسی زمین‌لرزه‌های اخیر، علاوه بر تلفات بیش از ۱۲۰ هزار نفری در ۹۰ سال اخیر، به تاثیرات روانی-اجتماعی و خسارات مالی فراوان حاصل از تخریب شهرهایی مانند تبریز، بوئین زهرا، طبس، رودبار، منجیل، بم و ... خواهیم رسید. همچنین درمی‌یابیم که هیچ نقطه‌ی از این سرزمین مصون از زلزله نبوده است (ادیب و مهرنهاد،

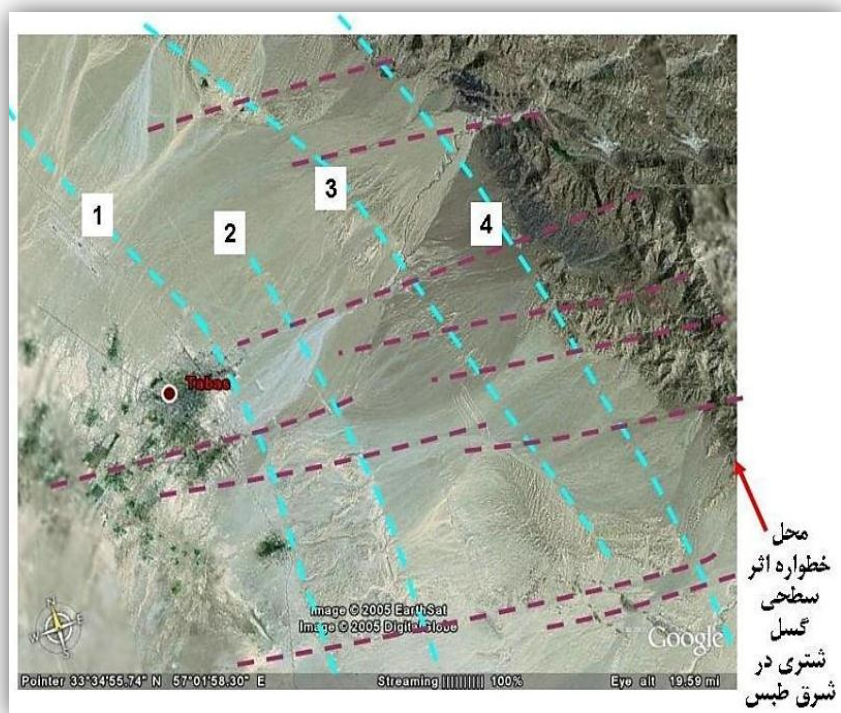
با مطالعه بر روی زلزله‌های گذشته مشخص شده که شرایط خاک در یک ساختگاه ممکن است اثر قابل توجهی روی لرزش زمین و متعاقب آن خرابی‌های وارده، داشته باشد. بخش عمده‌ای از خرابی‌های شدید ایجاد شده توسط زمین لرزه‌ها را می‌توان به وجود نهشته‌های رسوبی عهد حاضر نسبت داد. شرایط خاک و زمین شناسی محلی، روی جنبش زمین تاثیر گذاشته و موجب تغییر دامنه، محتوی طیفی و مدت زمان زلزله می‌گردد.

بنابراین نیاز به مطالعه‌ی جامع و گسترده درباره‌ی تاثیر شرایط خاک محل مناطق مختلف، بر روی مشخصات زلزله‌های احتمالی، به‌طور کامل روشن است.

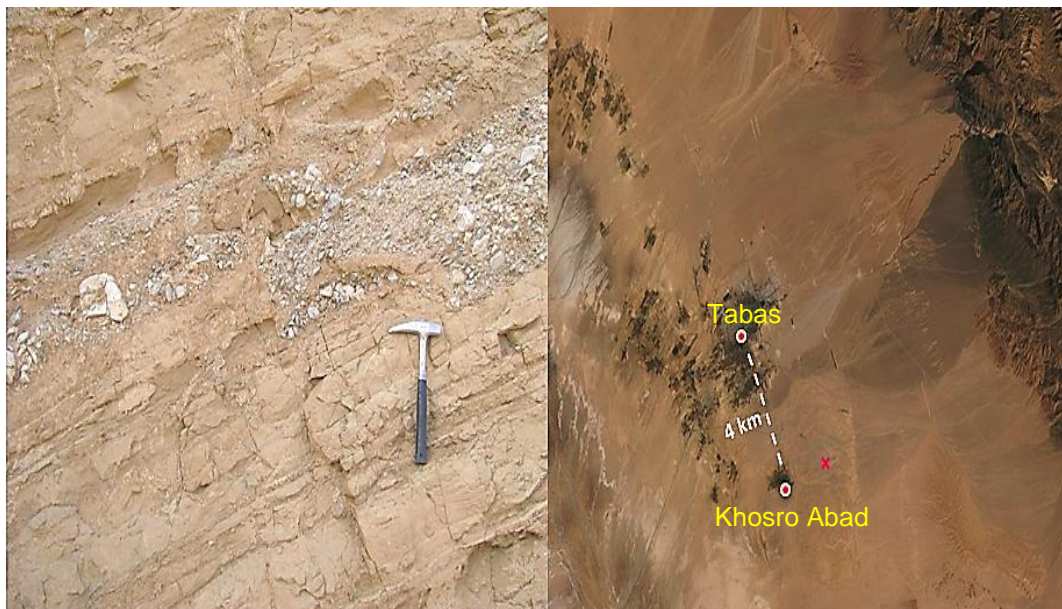
۱-۲- هدف و ضرورت مطالعه حاضر

هدف از این مطالعه، ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین‌لرزه‌ها در شهر طبس می‌باشد. شهر طبس بر روی دشتی پوشیده از آبرفت‌های ریزدانه و درشت دانه متشکل از سیلت، رس، شن و ماسه دوران کواترنر قرار گرفته است. طبق مطالعات اخیر وجود گسل‌های کواترنری و پی سنگی در اطراف آن محرز شده که دارای پتانسیل لرزه‌خیزی بالایی نیز می‌باشند (Available from <http://www.mehdizare.blogspot.com>, Accessed 17 September 2005). روند گسل‌های کواترنری را در شکل (۱-۲)، (۱-۳) و روند گسل‌های قدیمی و پی سنگی را در شکل (۴-۱) می‌توان مشاهده نمود.

علاوه بر وجود گسل‌های کواترنری و پی‌سنگی فعال، دلیل دیگری هم که خود فعال بودن گسل‌های مذکور را اثبات می‌کند؛ برای ضرورت انجام این مطالعه در شهر طبس وجود دارد و آن زلزله سال ۱۳۵۷ طبس با بزرگای ۷.۴ در مقیاس ریشتر است، که در اثر لرزش‌های حاصل از این زمین لرزه، شهر طبس به‌کلی ویران گشته و بیش از ۲۵۰۰۰ نفر جان خود را از دست دادند.



شکل ۱-۲) - شهر طبس و گسل‌های کواترنری: روند شماره ۲ در زلزله ۵۷/۰۶/۲۵ فعال گردید (زارع، ۱۳۸۴).



شکل ۱-۳) - جابجایی رسوبات کواترنری در اثر فعال شدن روند شماره ۲ در زلزله سال ۵۷ طبس - روستای خسروآباد در ۴ کیلومتری جنوب طبس (علامت ضربدر محل تصویر گرفته شده را نشان می دهد).



شکل ۱-۴- شهر طبس و موقعیت گسل‌های قدیمی و پی‌سنگی نسبت به آن (زارع، ۱۳۸۴)

۳-۱- روش انجام تحقیق

جهت ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین لرزه‌ها در شهر طبس، اقدامات زیر صورت گرفت.

۱. بررسی کتابخانه‌ای و مروری بر مطالعات انجام شده در منطقه و جهان.
۲. انجام برداشت از بافت سطحی خاک جهت رسم نقشه بافت سطحی خاک.
۳. رسم نقشه کاربری اراضی بر اساس طرح جامع توسعه شهری طبس.
۴. به‌دست آوردن اطلاعات چاه‌های فاضلاب حفر شده در سطح شهر طبس جهت رسم مقاطع خاک شناسی.
۵. اخذ اطلاعات ژئوتکنیکی و داده‌های میکروترمور و زمین‌لرزه از منابع معتبر.
۶. رسم نقشه‌های هم‌پریود و هم‌فرکانس و نقشه‌ی شاخص آسیب‌پذیری بر اساس آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران با استفاده از نرم‌افزار GIS و تطبیق آن با نقشه‌ی بافت خاک و مقاطع خاک‌شناسی.

۷. تحلیل داده‌های شتاب‌نگاری زلزله‌ی طبس با نرم افزار MATLAB و Geopsy.

۸. برداشت و تحلیل داده‌های میکروترمور بر اساس معیارهای سزای با نرم افزار Geopsy.

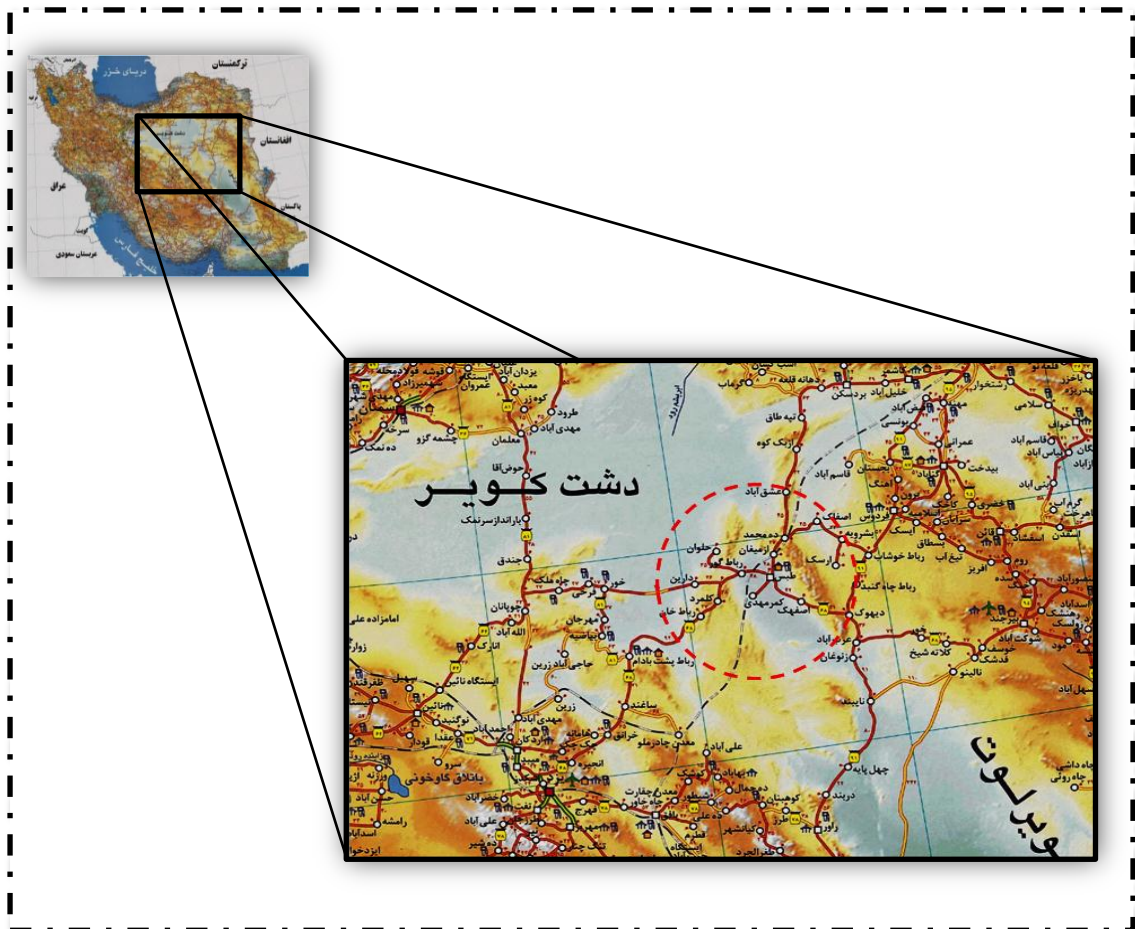
۹. جمع‌آوری اطلاعات لرزه‌خیزی منطقه‌ی مورد مطالعه.

۱-۴- موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

شهر طبس در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۵۴ دقیقه قرار دارد و متوسط ارتفاع آن از سطح دریا ۶۹۰ متر می‌باشد. شهرستان طبس از نظر تقسیمات کشوری، جزئی از استان خراسان جنوبی محسوب می‌شود. شهرستان طبس تقریباً در جنوب‌غربی استان خراسان و شمال‌شرقی استان یزد واقع است. از شمال به شهرستان بردسکن، از غرب به استان اصفهان، از جنوب به استان کرمان و شهرستان بافق و اردکان و از شرق به شهرستان‌های بیرجند و فردوس محدود بوده (شکل ۱-۵) و وسعت آن بالغ بر ۵۵۸۰۸ کیلومتر مربع می‌باشد (طرح توسعه و عمران(جامع) شهر و حوزه نفوذ شهر طبس، ۱۳۹۰).

۱-۵- زمین شناسی عمومی منطقه‌ی مورد مطالعه

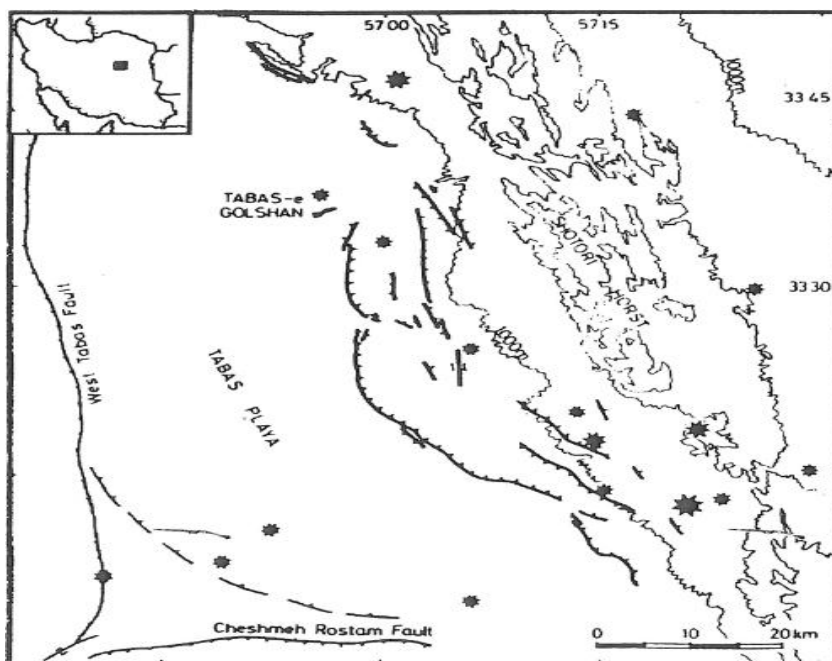
شهر و پهنه‌ی تبخیری طبس در انتهای شمالی گسل پویای نایبند و غرب کوهستان شتری جای گرفته‌اند که شاخه‌ای از رشته کوه‌های شرق ایران مرکزی است. از دیدگاه زمین‌ساختی، این گستره بخش شمال‌شرقی بلوک طبس می‌باشد که طی زمین لرزه‌ی ۱۶ سپتامبر ۱۹۷۸ طبس با ۸۵ کیلومتر گسلش معکوس و راندگی ناپیوسته در دشت و کوهپایه (گسل طبس) همراه بوده است (شکل ۱-۶) (Berberain, 1979). کوهستان شتری پس از کوه‌زایی و دگرگونی پرکامبرین، طی دو مرحله‌ی اصلی کششی و فرونشست پالئوزوئیک زیرین- تریاس میانی- ترشیری، به ترتیب، جایگاه رسوب‌گذاری حدود ۷۰۰۰ و ۵۰۰۰ متر رسوبات دریایی بوده است (Stocklin et al., 1965, Ruttner et al., 1968). این در حالی است که در غرب گسل طبس تنها ۹۵۰ متر رسوبات پالئوزوئیک بر جای



شکل (۱-۵)- نقشه راه‌های ایران- راه‌های دسترسی به منطقه‌ی مورد مطالعه (موسسه‌ی جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی، ۱۳۸۵)

گذاشته است.

این گستره، طی مرحله‌ی فشارشی ترشیری پسین برخاسته شده و بر جای گذاری لایه‌های سرخ آواری نئوژن به باختر کوهستان و پهنه‌ی تبخیری کنونی محدود شده است. از این رو، گسل طبس (گسل نایبند) یکی از گسل‌های پرکامبرین پسین در دو سوی باختر گستره‌ی شتری است که به نظر به شکل گسل‌های عادی و معکوس به ترتیب، طی مراحل مختلف کششی و فشارشی رفتار کرده است (Berberian, 1979). بر پایه گزارش‌های بربریان (Berberian, 1979)، کوتاه‌شدگی افقی پوسته بر پایه داده‌های زمین‌شناختی سطحی از چین‌خوردگی‌ها و راندگی‌ها طی مرحله‌ی کوهزایی پلیوسن-



شکل ۱-۶)- نقشه‌ی رومرکز لرزه‌ی اصلی زمین لرزه‌ی ۱۹۷۸ میلادی طبس گلشن ($M_s=7.4$) و پس‌لرزه‌های آن. گسلش سطحی همراه با زمین‌لرزه با خط‌های ضخیم نشان داده شده‌اند. گسل‌های معکوس کواترنری باختر طبس و چشمه رستم با خط‌های نازک مشخص شده‌اند. بزرگترین ستاره کانون لرزه‌ی اصلی است و بقیه ستاره‌ها پس‌لرزه‌های گزارش شده به وسیله مرکز اطلاعات زمین‌لرزه‌های ملی (National Earthquake Information Center-NEIS) هستند (ستاره‌های متوسط و کوچک به ترتیب بزرگی موج‌های پیکری بین ۵ تا ۵/۵ و ۴/۳ تا ۴/۹ را نشان می‌دهند). فاصله‌ی خط‌های تراز، بلندی ۵۰۰ متر می‌باشد (Berberain, 1979).

پلئیتوسن در حدود ۲۵ درصد برآورد شده است.

طی این حرکات کوهزایی سیمای زمین‌ریختی کنونی شکل گرفته است و تغییر ناگهانی در بلندی بین دشت طبس (۶۵۰ متر بالای سطح دریای آزاد) و نزدیک‌ترین قله‌ی کوهستان (۲۹۰۰ متر بلندی) در فاصله‌ی ۲۵ کیلومتری، یک سیمای پستی و بلندی آشکار است که تا حدود زیادی پیامد حرکات عمودی در راستای گسل طبس (گسل نایبند) و دیگر گسل‌های اصلی کناره‌ی باختری کوهستان شتری است (Berberian, 1979). پویایی کواترنری گستره به سوی جنوب در راستای گسل نایبند با جابجایی راست‌بر آبراهه‌ها، ایجاد پرتگاه گسلی در نهشته‌های کواترنری، وجود چشمه‌های آب سرد و گرم و بیرون‌زدگی گدازه‌های بازالتی کواترنری، آشکارا، نمود یافته است (نواب‌پور و همکاران، ۱۳۸۲).

۱-۵-۱- زمین‌شناسی نئوژن و کواترنری

در محدوده‌ی دشت طبس سنگ‌های رسوبی نئوژن به صورت تاقدیس‌ها رخنمون یافته‌اند. این سنگ‌های رسوبی شامل حدود ۵۰۰ متر لایه‌های رسی-سیلته‌ی در بخش‌های زیرین خود هستند که به سمت بالا و کوهپایه به تدریج با تناوب لایه‌های ماسه‌سنگی به لایه‌های کنگلومرایی با ستبرای مشابه تبدیل می‌گردند و به نظر ناپیوستگی نه چندان آشکاری بین دو بخش ذکر شده به چشم می‌خورد (Stocklin et al., 1965). ویژگی‌های نهشته‌های کواترنری که در دره‌های پیشانی کوهستان بر روی رخنمون سنگ‌های پالئوزوئیک و مزوزوئیک و در دشت در روی رسوبات نئوژن بر جای گذاشته شده‌اند به شرح زیر می‌باشد.

۱-۵-۱-۱- پادگانه‌های آبرفتی کهن درون کوهستان

درون دره‌های غرب کوهستان نهشته‌های گراولی به شکل پادگانه‌های آبرفتی بازمانده بر دامنه‌ها دیده می‌شوند. این پادگانه‌ها در برخی موارد به شکل پادگانه‌های رودخانه‌ای چرخه‌ای از گونه فرسایشی و بریده در سنگ بستر و پلکانی هستند به طوری که پادگانه‌های بلندتر کهن‌تر هستند (شکل ۱-۷). و در پاره‌ای موارد به نظر بازمانده‌های حوضه‌های بسته رسوبی درون کوهستان می‌باشند که بعدها به دلیل برخاستگی و فرسایش رودخانه‌ای دره‌های ژرفی در آن‌ها حفر گردیده است؛ به طوری که توالی رسوبی آن‌ها از پایین به بالا یک توالی زمانی عادی است.

۱-۵-۱-۲- مخروط‌افکنه‌های آبرفتی

با توجه به وضعیت زمین‌ریخت‌شناسی، فرسایش و رسوب‌گذاری در دشت، سه گونه مخروط‌افکنه‌ی آبرفتی کهن، سیلابی و پویا شناسایی شده‌اند که ویژگی آن‌ها در ادامه آورده شده است (نواب‌پور و همکاران، ۱۳۸۲):

الف)- مخروط‌افکنه‌های کهن



شکل (۷-۱) - پادگانه‌ی آبرفتی پلکانی بر دامنه‌ی کال سردر

این مخروط‌افکنه‌ها در کنار پیشانی غرب کوهستان قرار دارند و حاصل رسوب‌گذاری قدیمی جریان‌های برون‌شستی رودخانه‌ها از داخل کوهستان هستند (رودخانه‌های از میغان در ۴۰ کیلومتری شمال شرق طبس، دره‌بید در ۲۵ کیلومتری شمال شرق طبس، سردر در ۱۹ کیلومتری شرق طبس و کریت در ۱۷ کیلومتری جنوب شرق طبس). لایه‌های زیرین این آبرفت‌ها سیمانی و سخت است، در بخش کوهپایه با شیب نهشت ۴ درجه به سوی باختر بیشینه‌ی ستبرای ۵۰ متری دارند، نوک آن‌ها اندکی به داخل کوهستان نفوذ کرده است و به صورت جانبی به واریزه‌ها و آبرفت‌های ناشی از فرسایش پیشانی کوهستان تغییر رخساره می‌دهند. پدیده‌ی حفر کانال در طول رودخانه‌های تغذیه‌کننده‌ی آن‌ها پیدایش دره‌های ژرفی را به دنبال داشته است (شکل ۸-۱)؛ به طوری که افزایش گسلی پوشیده در منطقه پیشانی کوهستان، در برخی نقاط قابل مشاهده هستند.

ب) - مخروط‌افکنه‌های سیلابی

مخروط‌افکنه‌های سیلابی شامل نهشته‌های گراولی منفصلی هستند که در بستر پهن شده رودخانه‌ها



شکل ۱-۸- عمیق شدن کانال و نزدیک شدن دیواره‌های دره در اثر تلفیق عملکرد نیروهای فرسایشی و تکتونیک در امتداد رودخانه سردر در روستای خرو (Kharv) در ۲۵ کیلومتری شرق طبس.

در جایی که دره‌های رودخانه‌ای به سطح دشت راه می‌یابند بر جای گذاشته شده‌اند. این مخروط‌افکنه‌ها در آغوش مخروط‌افکنه‌های کهن و اندکی پست‌تر از زمین‌های پیرامون قرار گرفته‌اند؛ به گونه‌ای که در بخش شمالی دشت، نزدیک به پیشانی کوهستان و در بخش میانی دشت، دور از آن قرار دارند. تمامی پهنه‌ی مخروط‌افکنه‌های سیلابی تنها مدت کوتاهی در زمان اوج بارندگی‌های فصلی در حالت سیلابی پوشیده از آب می‌شود و در دیگر زمان‌ها آب‌های جاری فصلی از میان پله‌های کوتاه فرسایشی به شکل شاخه شاخه جریان می‌یابند.

ج- مخروط‌افکنه‌های پویا

در دشت طبس مخروط‌افکنه‌های گراولی جوان‌تری در پای بلندی‌های اصفهک (پیشانی جنوبی کوهستان) و باختر تاقدیس نئوژن کریت (بخش جنوبی دشت) دیده می‌شوند. رودخانه‌های تغذیه کننده‌ی این مخروط‌افکنه‌ها با رسوبی، خود را به شکل شبکه‌ی زهکش پنجه‌ای بر روی آن‌ها تخلیه می‌کنند. بر خلاف مخروط‌افکنه‌های پیشین، سطح مخروط‌افکنه‌های پویا نسبت به زمین‌های پیرامون

بلندتر است و نوک آن‌ها به سوی کوه بلندی می‌گیرد؛ به طوری که برای نمونه بیشینه اختلاف بلندی سطح مخروطافکنه اصفهک با زمین‌های پیرامون آن در دشت، فراتر از ۲۰۰ متر است. شیب نهشت لایه‌های این مخروطافکنه‌ها با شیب سطح آن‌ها یکسان است و به سوی نوک مخروطافکنه تا ۵ درجه افزایش می‌یابد.

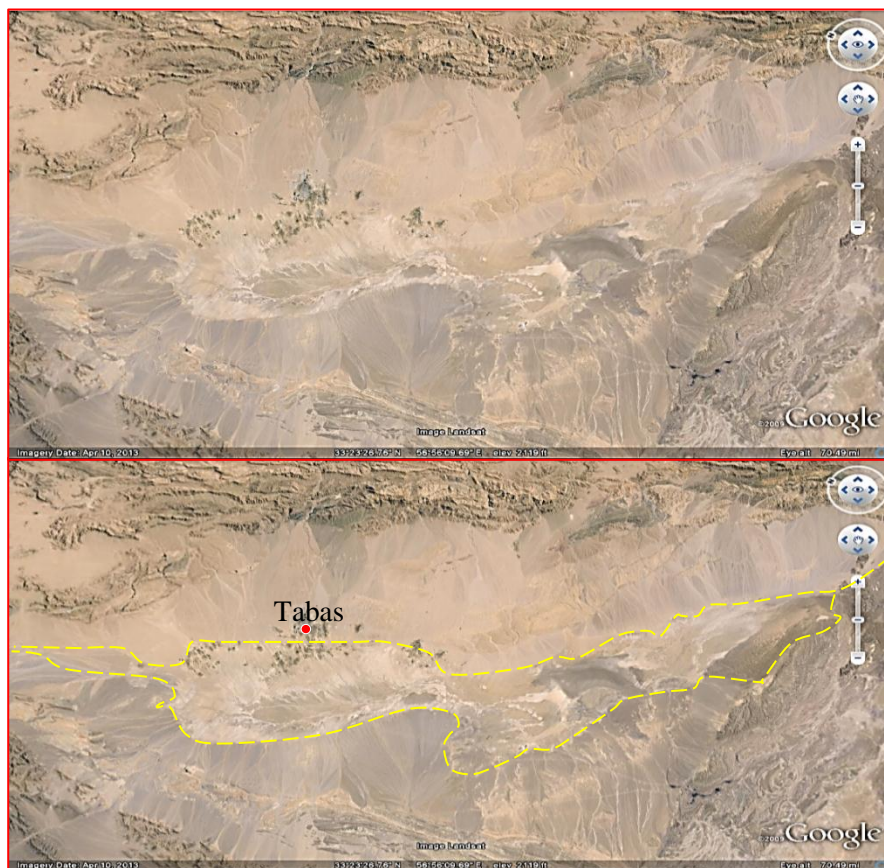
۱-۵-۱-۳- پهنه‌ی تبخیری طبس

پهنه‌ی تبخیری طبس موازی با رشته کوه شتری و در غرب دشت طبس با بیشینه‌ی پهنای ۱۵ کیلومتر و درازای یک صد کیلومتر قرار دارد و شامل نهشته‌های رسی و نمکی آماس کرده است. در تصویر ماهواره‌ای، این پهنه به وسیله خطواره‌ی آشکاری از نهشته‌های آبرفتی دشت جدا می‌گردد (شکل ۱-۹) و در گزارش بربریان (Berberian, 1979) به صورت یک فرونشست فشاری معرفی شده است.

۱-۶- پیشینه مطالعاتی منطقه‌ی مورد مطالعه

۱-۶-۱- لرزه‌زمین ساخت

جهت بررسی پیشینه‌ی لرزه‌زمین‌ساختی بلوک طبس به خلاصه‌ای از بررسی‌های بربریان (Berberian, 1979, 1982) می‌پردازیم. وی در جریان مطالعه بر روی زمین لرزه سال ۱۹۷۸ میلادی طبس این گونه بیان نمود که زمین‌لرزه ۲۵ شهریور ۱۳۵۷ طبس گلشن ($M_s=7.4$) در حالی در این گستره از شرق ایران مرکزی رخ داد که برای دست‌کم یازده سده فاقد پیشینه‌ی لرزه‌خیزی بود. زمین‌لرزه با گسلش راندگی سطحی ناپیوسته به درازای ۸۵ کیلومتر، در راستای یک گسل موجود ولی ناشناخته کواترنری پسین (گسل طبس) همراه بود و تمامی این گسیختگی‌ها کم و بیش با پرتگاه‌های آشکاری همراه بودند. کمینه‌ی جابجایی قائم و لغزش خلاف شیب گسل طبس به ترتیب حدود ۱۵۰ و ۳۰۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شده‌اند. سازوکار کانون ژرفی زمین‌لرزه‌ی اصلی که به



شکل ۱-۹- جدا بودن پهنه‌ی تبخیری طبس از نهشته‌های کواترنری به وسیله‌ی خطواره‌های آشکار (خطوط نقطه

چین)

خوبی با گسیختگی‌های سطحی هماهنگی دارد، نشان‌گر وجود گسلش راندگی در راستای شمال-شمال‌غربی با شیب به سوی شرق- شمال‌شرقی است. همگی پس‌لرزه‌ها کم و بیش به طور دقیقی الگوی گسل‌های زمین‌لرزه‌ای سطحی و سازوکار زمین‌لرزه اصلی را دنبال می‌کنند و در فرادیواره گسل پویا قرار می‌گیرند. پس‌لرزه‌ها که کانون ژرفی آن‌ها بیشتر در ژرفای کم‌تر از ۲۳ کیلومتر با تمرکز پویایی لرزه‌ای در ژرفای ۸ تا ۱۴ کیلومتر قرار می‌گیرد، آشکارا شبکه‌ای از راندگی‌های قاشقی فلسی پویا در پوشش رسوبی و پویایی دوباره گسل‌های معکوس گوناگون از پی‌سنگ را نشان می‌دهند. بدین ترتیب، دگر ریختگی ایجاد شده به وسیله‌ی این زمین‌لرزه نشان‌گر کوتاه‌شدگی و ضخیم‌شدگی پوسته

در این گستره و یا به سخن دیگر برخاستگی در راستای گسل زمین‌لرزه‌ای است (Berberian, 1979, 1982).

۱-۶-۲- ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین‌لرزه‌ها

در خصوص مهندسی ساختگاه شهر طبس تا قبل از سال ۱۳۸۸ تنها مطالعه صورت گرفته در این خصوص، متعلق به گمانه‌هایی بود که در قالب پروژه‌ی شبکه‌ی شتاب‌نگاری کشور توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، درون فرمانداری سابق طبس حفر و مطالعه شده بود و سایر گزارشات به صورت محدود مربوط به احداث ساختمانهای اداری می‌شد که در نقاط مختلف شهر انجام شده بود. ادیب و مهرنهاد (۱۳۸۸) طی پروژه‌ی ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای شهر طبس، که توسط پژوهشکده سوانح طبیعی سازمان مسکن و شهرسازی استان یزد و با نظارت دانشگاه یزد انجام شد، در واقع اولین گزارش مدون درباره ساختگاه شهر طبس را تهیه نمودند. در مطالعه حاضر با استفاده از داده‌های قبلی و داده‌های جدید ژئوتکنیکی و برداشت‌های جدید میکروترمور، مطالعات فوق کامل‌تر خواهد شد.

فصل دوم

بررسی خطر گسلش و لرزه‌خیزی در منطقه‌ی مورد مطالعه

۱-۲- بررسی خطر گسلش در منطقه

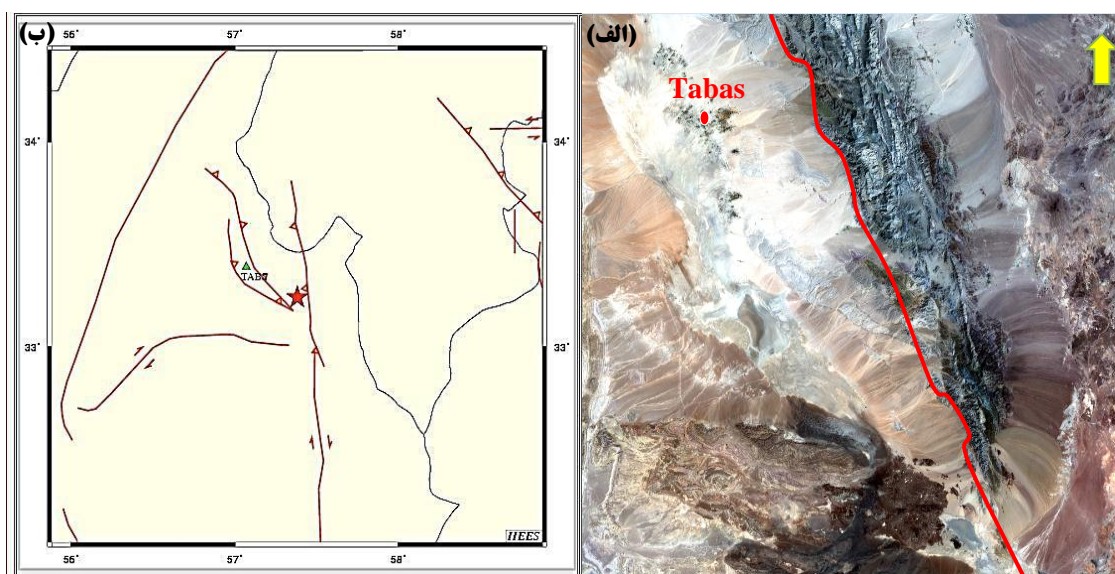
در این بخش سعی شده است که گسلش با آوردن شواهد صحرایی و عکس‌های ماهواره‌ای از گسل‌هایی که به طور خاص ساختگاه شهر طبس را تحت تاثیر قرار می‌دهند (با شعاع حداکثر ۲۰ کیلومتری) و در زمین‌لرزه‌ی طبس نقش اساسی داشته‌اند، مورد بررسی قرار گیرد. در واقع هدف این بخش، نشان دادن فعالیت دشتی است که شهر طبس بر روی آن واقع گردیده است. بنابراین در اینجا در مورد گسل نایبند، به عنوان یک گسل اصلی، که خط اثر آن در ۱۶ کیلومتری شرق طبس دیده می‌شود و زیر شاخه‌های پنهان آن تحت عنوان "گسل‌های کواترنری" در ادامه صحبت می‌شود.

۱-۱-۲- گسل نایبند

نام این گسل از روستای نایبند واقع در بخش مرکزی پهنه‌ی گسل گرفته شده است. این گسل حد شرقی بلوک طبس می‌باشد (شکل ۱-۲ الف) و آن را از بلوک لوت جدا می‌سازد و یک گسل قدیمی مربوط به پی سنگ است که اولین بار توسط اشتوکلین (Stocklin et al., 1965) معرفی شده است و در امتدادی شمالی-جنوبی، حداقل ۶۰۰ کیلومتر از بشرویه تا بم قابل پیگیری است (نبوی، ۱۳۵۵). سازوکار آن راست‌الغز راست‌گرد و با مؤلفه شیب لغز نرمال می‌باشد (مهاجر اشجعی و دیگران، ۱۹۷۵ و نبوی، ۱۳۵۵)، که این عملکرد گسل نایبند در قسمت جنوبی این گسل بیشتر دیده می‌شود (شکل ۱-۲ ب و ۱-۲ ج). بدون شک گسل نایبند در به‌وجود آمدن حوضه‌ی رسوبی کوه‌های شتری نقش اساسی داشته است. گسترش ولکانیسم جوان در شرق لکرکوه و شمال نایبند، مربوط به حرکات جوان این گسل است و از گستردگی قابل ملاحظه‌ای برخوردار هستند. همچنین تعدادی مخروط آتشفشانی نزدیک این گسل (به دلیل حرکات کششی) مشاهده می‌گردد. انواع ساختمان‌های دابلکس امتدادلغز و شیب لغز، در اطراف این گسل فراوان است. در چهارگوش لکرکوه جابجایی راست‌گرد آن را حدود ۱۰۰ کیلومتر تعیین کرده‌اند. این گسل در حال حاضر نیز فعال می‌باشد به طوری که رسوبات عهد حاضر را

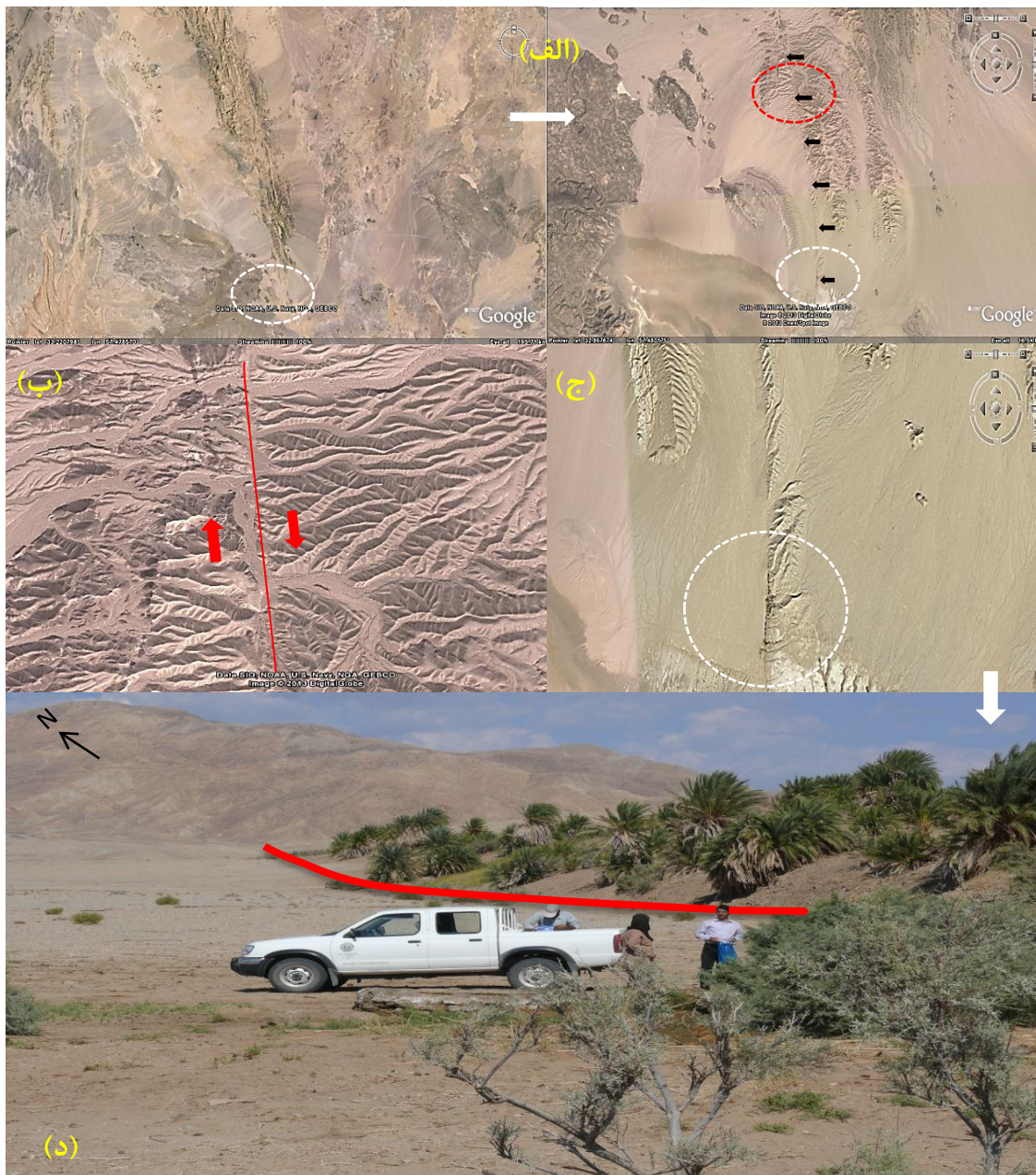
فصل دوم: بررسی خطر گسلش و لرزه‌خیزی در منطقه‌ی مورد مطالعه

قطع کرده و در خاور راور (جنوب نایبند) دو مخروط آتشفشانی کواترنری در امتداد آن دیده می‌شود. بربریان (Berberain, ۱۹۷۲) به دو کانون زلزله یکی واقع در قطعه شمالی گسل و دیگری در قطعه جنوبی آن در طی سال‌های (۱۹۷۶-۱۹۰۰) اشاره می‌کند. همچنین زلزله ویرانگر طبس و نواحی آن در سال ۱۳۵۷ در اثر حرکت شاخه‌های فرعی شمالی این گسل که به صورت راندگی عمل کرده (شکل ۲-۱، ۲-۳ و ۲-۴) و رسوبات کواترنری را قطع کرده‌اند، از دلایلی هستند که فعالیت سال‌های اخیر این گسل را نشان می‌دهند. به دلیل روند شمالی- جنوبی، این گسل از جمله گسل‌های کاتانگایی به شمار می‌آید. شواهد ریخت زمین‌ساختی موجود نشان می‌دهد که شمالی‌ترین بخش این گسل، سبب پایین افتادگی کویر بجستان و کویر بشرویه شده و بخش میانی آن، در شکل‌گیری کوه‌های شتری و فراخاست بعدی آن نقش اساسی داشته است (نبوی، ۱۳۵۵). جابجایی در نهشته‌های آبرفتی جوان این گسل و زمین لرزه ویرانگر تابستان ۱۳۵۷ طبس، نیز موید حرکت در طول یکی از شاخه‌های فرعی و ناشناخته‌ی گسل نایبند است.



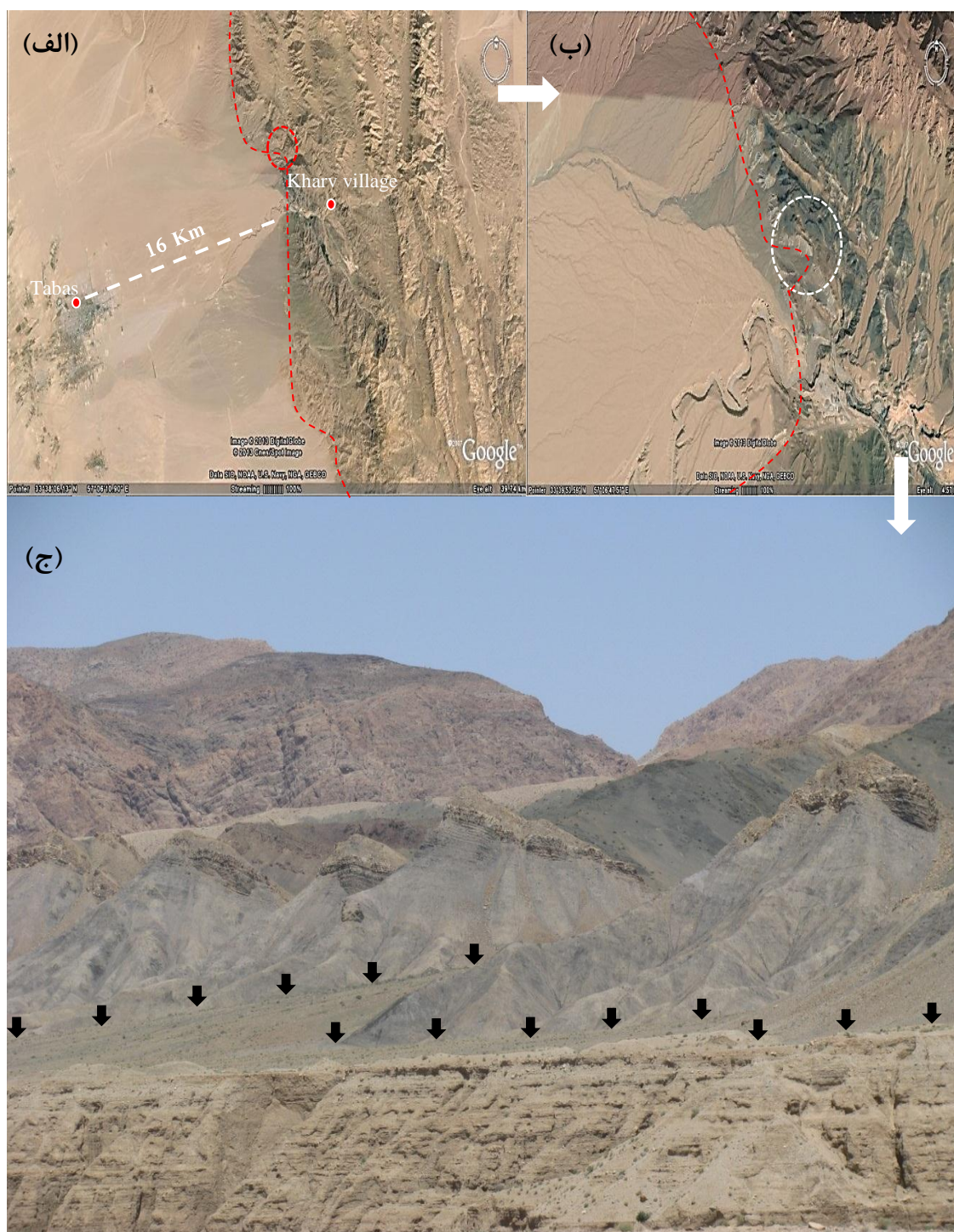
شکل ۲-۱- (الف)- محل عبور گسل نایبند روی تصویر ماهواره‌ای با رنگ بندی (RGB) کاذب برای واضح شدن ساختارهای تکتونیکی؛ (ب) عملکرد معکوس بخش شمالی و راستگرد بخش جنوبی گسل نایبند (Available from <http://www.iiees.ac.ir/iiees/eqsearch>)

فصل دوم: بررسی خطر گسلش و لرزه‌خیزی در منطقه‌ی مورد مطالعه



شکل ۲-۲- (الف) - عبور گسل نایبند از میان سازندهای سنگی و رسوبات در منطقه‌ی «آب سرد و گرم» در ۲۰ کیلومتری غرب روستای زونغان از توابع نایبندان طبس (در تصویر سمت راست پیکان‌های سیاه رنگ، مسیر گسل و منطقه‌های نقطه‌چین شده قرمز و سفید به ترتیب شکل «ب») و «ج») را نشان می‌دهد؛ (ب) - آبراهه‌های جابجا شده در مسیر گسل، عملکرد راست‌گرد بودن بخش جنوبی گسل نایبند را ثابت می‌کند؛ (ج) - وجود پوشش گیاهی در مسیر گسل روی تصویر Google earth به عنوان یک راه تشخیص مسیر گسل؛ (د) - پوشش گیاهی در امتداد گسل در عکس گرفته شده از منطقه.

فصل دوم: بررسی خطر گسلش و لرزه‌خیزی در منطقه‌ی مورد مطالعه



شکل ۲-۳- (الف)- نشان دادن خط اثر گسل نایبند (خط نقطه چین قرمز رنگ) و موقعیت و فاصله آن نسبت به شهر طبس روی عکس ماهواره‌ای از منطقه؛ (ب)- منطقه‌ی نقطه چین شده سفید، شکل (ج) را نشان می‌دهد؛ (ج)- نشان دادن عملکرد تراستی قسمت شمالی گسل نایبند در عکس گرفته شده از منطقه (وجود توپوگرافی نامنظم، ایجاد پرتگاه گسلی در اثر گسل معکوس را نشان می‌دهد- پیکان‌های سیاه رنگ خط اثر گسل نایبند را نشان می‌دهند).



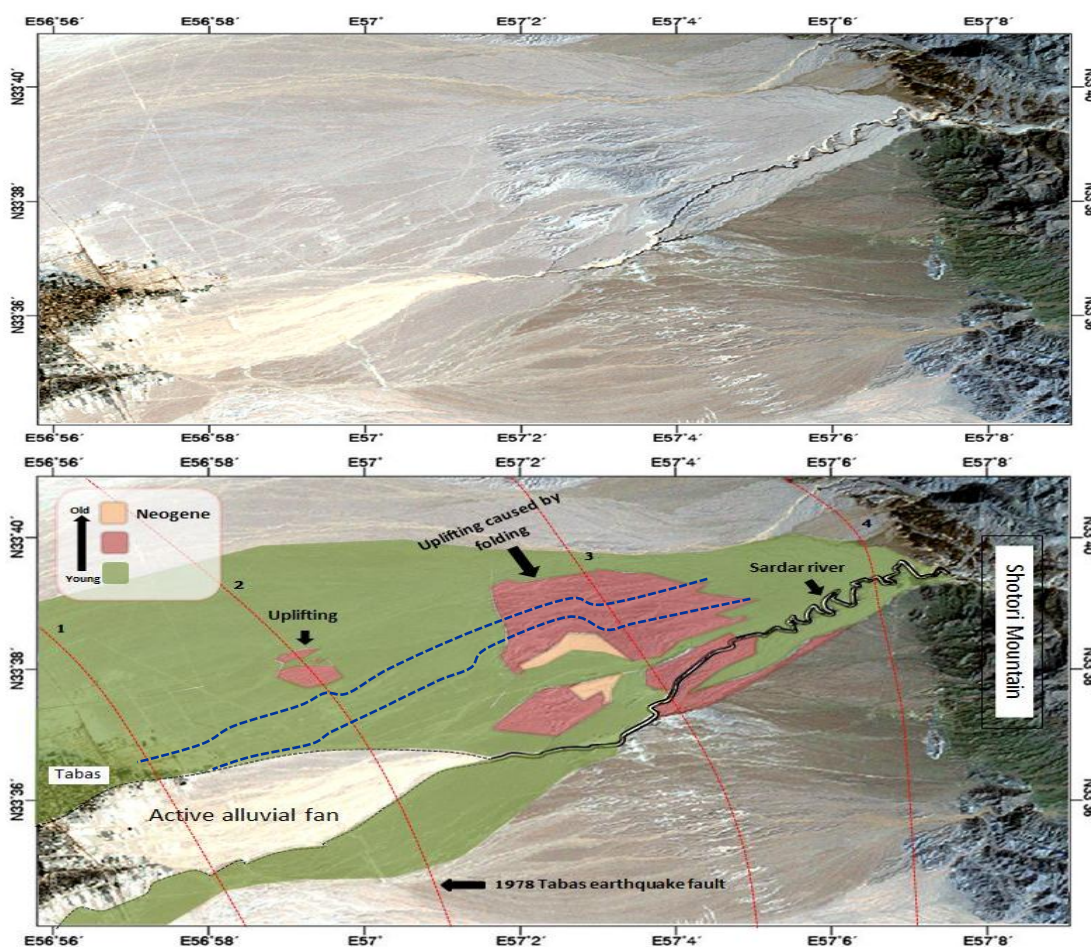
شکل ۲-۴) - گسل معکوس در شیل‌های زغالی سازند سردر در راستای گسل نایبند (روستای خرو در ۲۰ کیلومتری شرق طبس) - وجود گسل‌های معکوس فراوان در منطقه نشان از عملکرد فشارشی و تراستی گسل نایبند دارد.

۲-۱-۲- گسل‌های کوتاه‌تری

عاملی که بیش از وجود گسل‌های اصلی و قدیمی نظیر نایبند، شهرستان طبس را تهدید می‌کند، زیرشاخه‌های فعال مربوط به این گسل‌ها است؛ که در اینجا و فصل‌های آینده، به علت جابجا شدن رسوبات عهد حاضر (شکل ۲-۱ و ۳-۱) و وجود شواهد بارزی از فعالیت نه چندان دور، نظیر زمین لرزه ۲۵ شهریورماه سال ۱۳۵۷ ($M_s=7.4$) در راستای این زیرشاخه‌ها، از آن‌ها با عنوان گسل‌های کوتاه‌تری یاد خواهد شد. به دلیل فاصله‌ی بسیار کم این گسل‌ها به مناطق مسکونی و بالاآمدگی‌ها و جابجایی آبراهه‌ها و قطع و تغییر شکل هندسی مخروط‌افکنه‌ها در راستای آن‌ها (شکل ۲-۵)، به نظر می‌رسد که جهت مطالعه‌ی اثرات ساختگاهی که بیشتر در مناطق مسکونی مفهوم پیدا می‌کند،

فصل دوم: بررسی خطر گسلش و لرزه‌خیزی در منطقه‌ی مورد مطالعه

مطالعه‌ی این گسل‌ها دارای اهمیت بیشتری نسبت به گسل‌هایی نظیر گسل ناپیند که در بالا به آن اشاره گردید، می‌باشد. تاکنون چهار روند گسل کواترنری در طبس شناسایی گردیده است (زارع، ۱۳۸۴)؛ ولی قطعاً مطالعه‌ی بیشتری در این زمینه مورد نیاز می‌باشد.



شکل ۲-۵)- مسیر عبور گسل‌های کواترنری (خطوط نقطه چین قرمز شماره گذاری شده) و بالآمدگی‌ها و جابجایی آبراهه‌ها (خطوط نقطه چین آبی رنگ و جابجایی بارز در راستای روند شماره ۳) و قطع شدگی مخروط‌افکنه‌ها در راستای آن‌ها (روند شماره ۴، شانزده کیلومتر از شهر طبس فاصله دارد)- پردازش شده بر اساس کارهای والکر و همکاران (Walker et al., 2013)

۲-۲- لرزه‌خیزی منطقه‌ی مورد مطالعه

در این بخش به منظور بررسی تاریخچه‌ی لرزه‌خیزی در منطقه، زلزله‌های تاریخی و دستگامی مورد

بررسی قرار گرفته است. با توجه به تشابه ساختاری و گره خوردن سرنوشت بخش‌های مختلف ایران مرکزی به همدیگر، بررسی زمین‌لرزه‌های ایران مرکزی کمک شایانی به قضاوت در مورد لرزه‌خیزی منطقه مورد مطالعه می‌کند و اطلاعات خوبی را در اختیار می‌گذارد. به کمک این اطلاعات می‌توانیم به درک فرآیندهای زمین‌ساختی و قوانین حاکم بر آن، که در تعیین الگوی بلندمدت لرزه‌خیزی منطقه، دارای اهمیت فراوانی است، دست یافت.

۲-۲-۱- زمین‌لرزه‌های تاریخی

با توجه به اینکه اطلاعات و دانسته‌های ما از زمین‌لرزه‌های تاریخی به داده‌های پراکنده موجود در سفرنامه‌ها و کتاب‌های تاریخی محدود می‌شود، لذا این داده‌ها از لحاظ موقعیت رویداد زلزله، شدت و بزرگی آن دارای دقت پایینی است. از طرفی چون به دست آوردن داده‌های دقیق نیازمند راه‌های دسترسی مناسب و اوضاع و احوال تاریخی منطقه است، لذا این امکان در تمام نواحی یکسان نیست و به همین دلیل داده‌های مربوط به زمین‌لرزه‌های تاریخی دارای پوشش مناسبی نمی‌باشد و داده‌ها معمولاً پراکنده و دارای خطای زیادی می‌باشند و تنها سیمای کلی لرزه‌زمین‌ساختی منطقه را مشخص می‌نماید. و اما دلیل دقت پایین داده‌های زمین‌لرزه‌های تاریخی در مناطق بین پهنه‌ای نظیر منطقه مورد مطالعه، تصویری است که از مقاوم و آرام بودن این مناطق وجود دارد. این کمبود ظاهری زلزله‌خیزی، همیشه واقعی نبوده و مطالعات بر روی رکوردهای قدیمی نشان داده است که چنین مناطقی اغلب رویدادهای با بزرگی قابل توجه را تجربه نموده است (مهرنهاد و ادیب، ۱۳۸۸). اطلاعات موجود از مهمترین زمین‌لرزه‌های تاریخی، در جدول (۲-۱) ذکر گردیده است.

۲-۲-۲- زمین‌لرزه‌های دستگاهی

با شروع سده‌ی بیستم ثبت دستگاهی زمین‌لرزه‌ها به گونه‌ای اصولی آغاز گردید. این امر پس از چند دهه منجر به ایجاد شبکه‌های لرزه‌نگاری و گزارش نسبتاً منظم پارامترهای سرچشمه‌ی زمین‌لرزه‌ها

فصل دوم: بررسی خطر گسلش و لرزه‌خیزی در منطقه‌ی مورد مطالعه

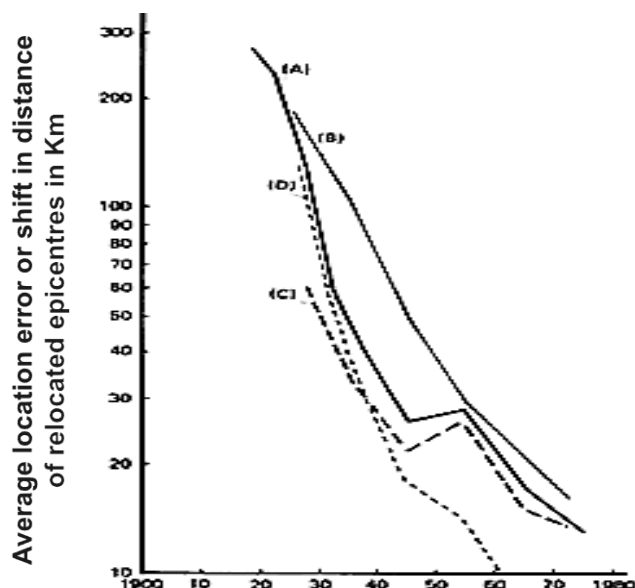
جدول ۱-۲- اطلاعات مربوط به زمین‌لرزه‌های تاریخی رخ داده در گستره و نزدیک به گستره‌ی مورد مطالعه (ادیب و

مهرنهاد، ۱۳۸۸)

محل وقوع	تاریخ وقوع	تعداد تلفات انسانی	مناطق آسیب دیده	آثار اولیه و ثانویه	نکات مهم و قابل تامل
خراسان	سال ۷۶۲ میلادی	زیاد- به لحاظ کمی نامشخص	منطقه قهستان (خواف، قاین و طبس)	جابجایی ارتفاعات و زمین لغزش	.....
بیهق	سال ۱۰۵۲ میلادی	زیاد- به لحاظ کمی نامشخص	منطقه بیهق و پیرامون مرکز آن (سبزوار کنونی)	.....	به دلیل وسعت تخریب سال زمین لرزه تا صد سال، به عنوان یک منای تاریخی بود
نیشابور	سال ۱۲۰۹ میلادی	.....	بخش غربی خراسان	وجود پس لرزه های فراوان به مدت ۲ ماه	از نکات قابل تامل، ساخته شدن شهر نیشابور بر همان جایگاه قبلی بود
گناباد	سال ۱۲۲۸ میلادی	زیاد- به لحاظ کمی نامشخص	گناباد	.....	.....
نیشابور	سال ۱۲۷۰ میلادی	.....	حومه پیشین شهر، شادباغ و شعاری از روستاها	به همه ساختمان های عمده آسیب رسید	سرانجام نیشابور در جایگاهی که از جایگاه پیشین خود قدری فاصله داشت، ساخته شد.
خواف	سال ۱۳۳۶ میلادی	.....	شهرهای جرد و زوزن و مناطق سنگان و دوغ آباد	شیوع بیماری وبا و مرگ یازده هزار نفر	بزرگترین زمین لرزه منطقه قهستان
مومن آباد	سال ۱۴۹۳ میلادی	زیاد- به لحاظ کمی نامشخص	مناطق شرقی بیرجند	.....	.....
کوهستان	سال ۱۸۷۵ میلادی	زیاد- به لحاظ کمی نامشخص	کوهستان	در ارتفاعات اطراف گسیختگی ها به خوبی قابل مشاهده است	سرگرم شدن ساکنان منطقه با حیواناتی که از کوهستان وارد شده بودند، مایه نجات شد.

شد. شکل (۲-۶) جابجایی میانگین در دوری زمین‌لرزه‌های کم‌ژرفا با بزرگای $M \geq 5.5$ از رومرکز مه‌لرزه‌های آن‌ها را نشان می‌دهد (منحنی A). در آغاز خطای تعیین محل زیاد بوده و به تدریج کاهش پیدا کرده است؛ به طوری که این میزان از ۳۰۰ کیلومتر در اواخر دهه‌ی ۱۹۱۰ به میزان تقریبی ۳۰ کیلومتر در اواسط دهه‌ی ۱۹۵۰ می‌رسد و حتی بعد از این دوره این خطا کاهش بیشتری پیدا کرد و به میزان کم‌تر از ۱۵ کیلومتر رسید (Ambraseys & Melville, 1982). فهرست رویدادهای سده‌ی بیستم به وقوع پیوسته (قبل و پس از حذف پس‌لرزه‌ها و پیش‌لرزه‌ها) در گستره‌ی شهر طبس در پیوست (۱) ارائه شده است و در جدول (۲-۲) به با اهمیت‌ترین زمین‌لرزه‌ها در بازه زمانی ۱۹۳۳ تا ۲۰۰۸ اشاره گردیده است. در ادامه به مهم‌ترین زمین‌لرزه دستگامی ثبت شده در جدول (۲-۲) که همان زلزله‌ی ۲۵ شهریور ماه سال ۱۳۵۷ (۱۶ سپتامبر ۱۹۷۸) طبس که می‌تواند به خوبی گویای وضعیت لرزه‌خیزی منطقه باشد، می‌پردازیم (مهرنهاد و ادیب، ۱۳۸۸).

فصل دوم: بررسی خطر گسلش و لرزه‌خیزی در منطقه‌ی مورد مطالعه



شکل ۲-۶) - توزیع خطای تعیین مکان زمین‌لرزه‌ها در طول سده‌ی بیستم؛ (A) خطای میانگین تعیین محل لرزه‌ها توسط ISS-ISC برای زمین‌لرزه‌های با عمق کم و $M \geq 5.5$ ؛ (B) خطای میانگین تعیین محل لرزه‌ها توسط ISS-ISC برای زمین‌لرزه‌های با عمق کم و $M < 5.5$ ؛ (C) خطای میانگین تعیین دگرباره‌ی محل لرزه‌های کم عمق و با بزرگای $M \geq 5.5$ توسط نوروزی (۱۹۷۱ و ۱۹۷۶)؛ (D) جابجایی میانگین رومرکزهایی دوباره تعیین شده توسط نوروزی نسبت به محل‌های اصلی تعیین شده توسط ISS-ISC (Ambraseys & Melville, 1982).

جدول ۲-۲) - زمان و مشخصات مهمترین زمین لرزه های رخ داده در گستره‌ی پیرامون شهر طبس در بازه‌ی زمانی ۱۹۳۳ تا ۲۰۰۸ (کاتالوگ IIEES)

Date	Time(Local)	Lat	Lon	Depth	Mag.	Region
1933/10/05	16:59:00	34.52	57.07		mb:6.2	North-East of Tabas
1939/06/03	03:31:49	34.61	56.47	33	Ms:4.8	North-West of Tabas
1939/06/10	12:06:48	33.9	56.97	33	Ms:5.2	North of Tabas
1964/02/21	04:33:56	34.51	58.06		mb:5	North-West of Ferdows
1968/09/01	10:57:31	34.04	58.2	8	Ms:6.4	Ferdows,
1968/09/01	11:53:18	34.2	58.2	51	mb:5.2	North of Ferdows,
1968/09/04	02:54:48	34.03	58.31	9	Mw:5.5	East of Ferdows,
1973/05/05	09:42:35	33.3	57.33	15	mb:4.5	South-East of Tabas
1973/05/11	17:22:29	33.38	57.42	15	mb:5.1	South-East of Tabas
1978/09/16	19:05:54	33.24	57.38	9	Mw:7.4	South-East of Tabas
1979/01/17	06:59:49	33.67	57.03	15	mb:5.1	East of Tabas
1979/02/13	14:06:15	33.3	57.39	15	Mw:5.5	South-East of Tabas
1979/09/05	12:56:50	33.97	57.04	3	mb:4.9	North-East of Tabas
1980/01/12	19:01:40	33.54	57.22	9	Mw:6	East of Tabas
1987/07/20	20:17:47	33.73	56.96	13	mb:5	North of Tabas
1990/03/25	03:31:11	33.68	57.04	20	Mw:5.2	East of Tabas
1990/10/15	22:36:52	33.71	56.86	15	Mw:5.1	North of Tabas
2005/06/19	09:16:04	33.13	58.2	15	ML:5.2	South of Ferdows
2008/01/19	01:11:24	33.37	57.49	15	ML:4.8	South-East of Tabas

فصل دوم: بررسی خطر گسلش و لرزه‌خیزی در منطقه‌ی مورد مطالعه

- زمین لرزه‌ی ۲۵ شهریور ماه ۱۳۵۷ طبس (۱۹۷۸/۰۹/۱۶)

حدود ساعت ۷ و ۳۶ دقیقه بعدازظهر ۲۵ شهریورماه ۱۳۵۷ (ساعت ۱۵ و ۳۵ دقیقه و ۵۶ ثانیه به وقت گرینویچ در روز ۱۶ سپتامبر ۱۹۷۸) جنوب استان خراسان و شمال شرق استان یزد به وسیله‌ی یکی از بزرگترین زلزله‌های قرن اخیر ایران به لرزه درآمد و شهر زیبا و تاریخی طبس با سابقه‌ی بیش از ۱۰۰۰ سال قدمت به کلی ویران و ۳۰ آبادی خراب و به ۱۰۰ آبادی دیگر خسارت وارد شد. خسارت‌های عمده‌ی این زلزله در شعاع ۳۰ کیلومتری طبس بود. تلفات آن علی‌رغم جو هیجان زده‌ی آن زمان، رقمی حدود ۲۰ هزار کشته را نشان می‌داد، ولی آمار رسمی در مهر ۵۷ از طرف مرکز آمار ایران ۶۳۶۳ نفر اعلام شد که ۳۶۶۲ نفر در طبس و ۲۷۰۱ نفر در آبادی‌های اطراف آن بود. مختصات جغرافیایی مرکز زلزله‌ی طبس و عمق آن به وسیله مراکز مختلف لرزه‌نگاری گزارش شده است که به بعضی از این موارد در جدول (۲-۳) اشاره گردیده است.

جدول (۲-۳) - مختصات و عمق کانونی گزارش شده توسط مراکز مختلف مربوط به زمین‌لرزه‌ی سال ۱۳۵۷ طبس

Date Y. M. D.	Time h. m. s.	Epicenter		Magnitude			Focal depth (Km)	Catalog	Cited by	
		Lat(N)	Long (E)	m _b	m _s	m _w			Last Name	Year
1978 09 16	15 35 56	33.40	57.12	6.4	7.4	7.4	34	SEL*	Mirzaei	2003
1978 09 16	15 35 56.6	33.386	57.434	*	7.4	*	33	NEIS*	Niazi & Kanamori	1981
1978 09 16	15 35 57	33.40	57.40	6.5	7.4	7.4	11	HRV*	Mirzaei	2003
1978 09 16	15 35 56	33.244	57.384	*	*	7.3	8.2	USGS*	www.usgs.gov	
1978 09 16	15 35 55.42	33.205	57.478	*	*	7.35	10	ISC-GEM*	www.isc.ac.uk	
1978 09 16	15 35 54	33.243	57.382	6.4	7.4	7.4	9	IIEES*	www.iiees.ac.ir	

* SEL: Earthquake parameters are selecte based on various documents.

* NEIS: National Earthquake Information Center.

* HRV: Harvard Centroid Moment Tensor solution.

* USGS: United State geological survey.

* ISC-GEM: International seismological center- Global Earthquake Models.

* IIEES: International institute of earthquake engineering and Seismology.

این مختصات عموماً جنوب‌شرقی منطقه‌ی خسارت دیده‌ی اصلی و حوالی دیهوک را نشان می‌دهند؛ که خسارت‌ها و شدت زلزله در آن‌ها به مراتب کمتر از طبس بوده است. در مورد عمق نرمال با توجه به بزرگی و شدت زلزله و وسعت منطقه‌ی خسارت دیده به نظر می‌رسد عمق‌های دیگر مراجع به واقعیت نزدیک‌تر است. مشخصات به دست آمده توسط مرجع ایران با استفاده از پایگاه‌های لرزه‌نگاری که ۲۳ عدد می‌باشند بدست آمده است. قبل از وقوع زلزله پیش‌لرزه‌ای گزارش نشده و منطقه آرام بوده است. پس‌لرزه‌های زلزله‌ی طبس عموماً با بزرگی پایین و در حدود ۵ ریشتر بوده است. روز اول وقوع حادثه در طبس ۲۳ پس‌لرزه و روز دوم ۷ پس‌لرزه و روز سوم ۳ پس‌لرزه و در دیهوک نیز ۷ پس‌لرزه ثبت شده است. شدت زلزله‌ی طبس در محدوده‌ی ۲۰ کیلومتری آن با مقیاس مرکالی حداکثر حدود X برآورد شده است؛ به طوری که در مجاورت گسلی که با زلزله‌ی طبس دیده شد و در نزدیک‌ترین آبادی به آن (روستای خسروآباد)، یک دیوار سالم به جای نماند. ساختمان غسل‌خانه که آجری با سقف تیرآهن و طاق ضربی است به کلی خراب شد. شدت زلزله با مشاهدات از منطقه چنین برآورد می‌شود:

- طبس، خسروآباد، کریت و فهالنج بین IX و X.

- دیهشک، دشت‌نران، امامزاده سلطان، جعفرآباد (متروکه)، مزرعه طلوعی، ابراهیم آباد و تقی آباد بین

VIII و IX.

- الله آباد، جنت‌آباد، چمن‌زار، ده نو فاطمه‌برات، بهشت آباد (متروکه) و اصفهک بین VII و VIII.

- دیهوک، حسین آباد، رکن آباد (متروکه)، هادی آباد، همت آباد (شرق طبس) و نصیرآباد بین VI و

VII.

فصل سوم

ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین‌لرزه‌ها با استفاده از

میکروترموورها

۳-۱- اثرات ساختگاهی زمین‌لرزه‌ها

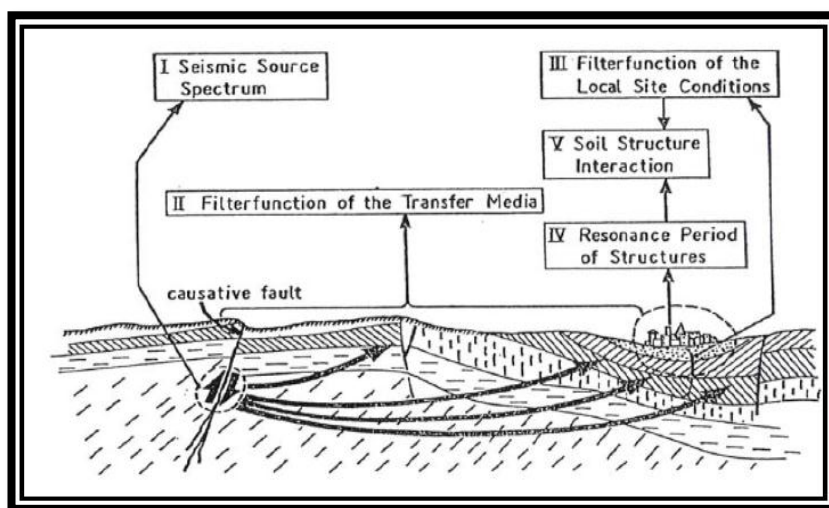
سوانح طبیعی مثل زلزله، همواره با خطرات و اثراتی همراه است که منجر به خسارات سنگینی در سرتاسر جهان شده است. هنگامی که زلزله‌ای رخ می‌دهد، امواج لرزه‌ای از منبع زلزله به اطراف منتشر شده و به سرعت در امتداد پوسته‌ی جامد زمین حرکت می‌کنند. زمانی که این امواج به سطح زمین می‌رسند، لرزشی ایجاد می‌کنند که ممکن است از ثانیه‌ها تا دقیقه‌ها به طول انجامد. شدت و دوام لرزش در یک محل خاص به بزرگی و موقعیت زلزله و همچنین خصوصیات محل، بستگی دارد. در محل‌هایی نزدیک به منبع زمین‌لرزه‌های شدید، لرزش زمین ممکن است خسارات سنگینی به بار آورد. لرزش زمین در واقع می‌تواند به عنوان یکی از مهمترین خطرات زلزله در نظر گرفته شود، زیرا تمامی خطرات دیگر زلزله به علت لرزش زمین می‌باشد.

گرچه امواج زلزله در بخش عمده‌ای از مسیرشان، از منبع زلزله تا سطح زمین، در بستر سنگی حرکت می‌کنند، لیکن قسمت پایانی مسیر آنها غالباً در داخل لایه‌های خاک بوده و خصوصیات خاک می‌تواند ماهیت ارتعاشات سطح زمین را بسیار تحت تاثیر قرار دهد. بنابراین هنگام زمین‌لرزه، خصوصیات حرکت ارتعاشی زمین، تابع عوامل مختلفی مانند بزرگی زمین‌لرزه، فاصله‌ی کانونی یا مرکزی نقطه‌ی موردنظر، خصوصیات زمین‌شناسی سنگ بستر، مکانیسم ایجاد زمین‌لرزه، پدیده‌ی تداخل امواجی که به امتداد گسل، شیب آن و سرعت گسیختگی ارتباط دارد و شرایط محلی ساختگاه نقطه‌ی مورد نظر بستگی دارد. عوامل ذکر شده در بالا را می‌توان به ۵ دسته‌ی زیر تقسیم نمود (Ranjan, 2005)، (شکل ۳-۱):

۱. عوامل مربوط به منبع زمین‌لرزه
۲. عوامل مربوط به مسیر حرکت امواج
۳. تأثیر عوامل ساختگاهی محل، بر حرکت لرزه‌ای

۴. اندرکنش خاک و سازه

۵. پریود تشدید سازه

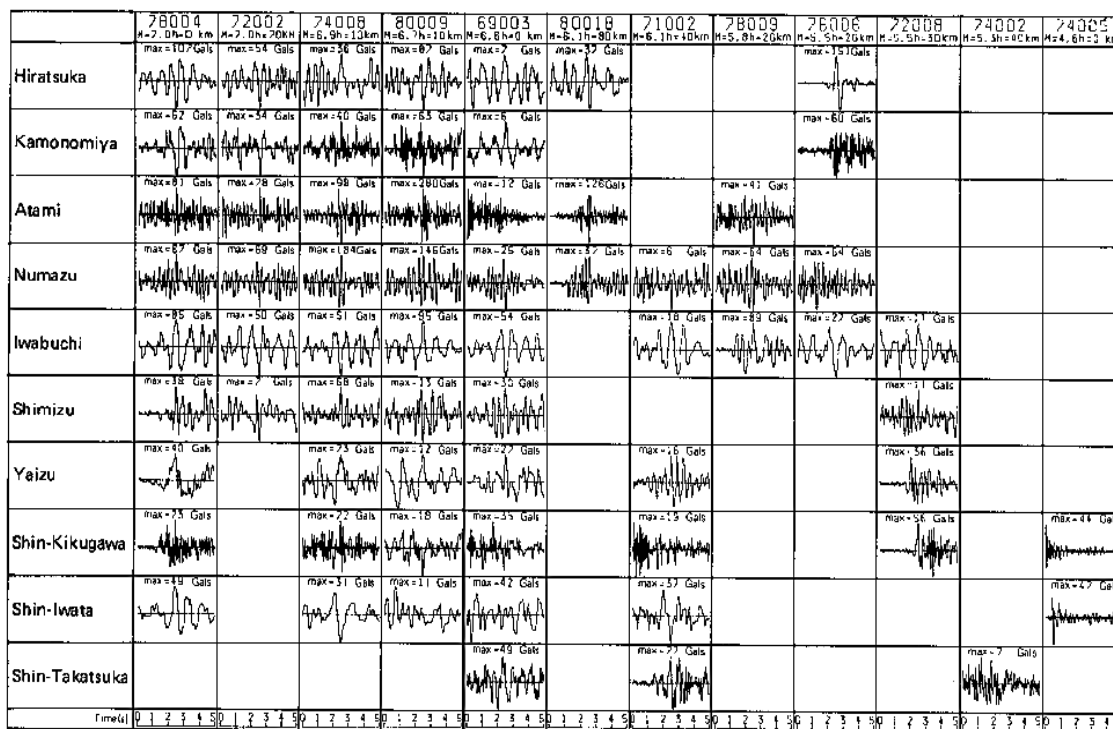


شکل ۳-۱- مسیر پیشروی امواج لرزه‌ای از محل گسلش تا سطح زمین (Ranjan, 2005)

همانطور که از شکل (۱-۳) بر می‌آید، از جمله عواملی که موج زلزله در مسیر حرکت خود با آن روبرو می‌شود، اثرات ساختگاهی (Site effects) می‌باشد. همچنین شکل (۲-۳) اختلاف بین رکوردهای زمین لرزه‌های مختلف و ساختگاه‌های مختلف اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد. از این تصویر دو نتیجه استنباط می‌شود. اول اینکه در ایستگاه‌های مختلف، حتی برای یک زمین لرزه، نگاشت‌های متفاوتی ثبت شده است. ثانیاً در زمین لرزه‌های مختلف، نگاشت‌های ثبت شده در یک ایستگاه تقریباً یکسان است. موارد مذکور را به تفاوت در ویژگی ساختگاه‌ها نسبت می‌دهند. در نتیجه در بین ویژگی‌های دینامیکی موثر روی یک زلزله، ویژگی‌های لایه‌ی سطحی، مهمترین اثر را خواهد داشت. (Nakamura, 2000).

اثرات ساختگاهی دارای دو جنبه‌ی اثر رسوبات سطحی و اثر توپوگرافی می‌باشد، که در ادامه به این جنبه‌ها پرداخته می‌شود؛ اما با توجه به اینکه منطقه‌ی مورد مطالعه دارای ساختگاه آبرفتی می‌باشد،

فصل سوم: ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین‌لرزه‌ها با استفاده از میکروترمورها



شکل ۳-۲) - تفاوت در شکل امواج لرزه‌ای به دلیل اختلاف بین رکوردهای زمین‌لرزه‌های مختلف و ساختگاه‌های مختلف اندازه‌گیری شده. در این شکل زمین‌لرزه‌های مشابه به صورت عمودی و ایستگاه‌های مشابه به صورت افقی مرتب شده‌اند (Nakamura, 2000).

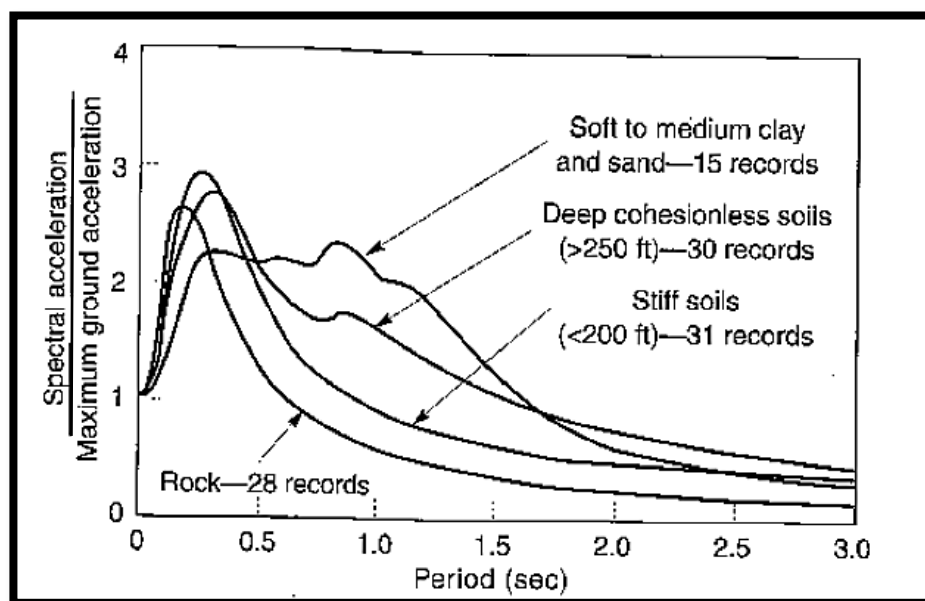
تمرکز مطالب بر اثر رسوبات سطحی، بیشتر خواهد بود.

۳-۱-۱- اثر رسوبات سطحی

سال‌هاست که اثر رسوبات سطحی و خاک، بر شدت لرزش‌های زمین و خرابی‌های زلزله آشکار شده است. سید و همکاران (Seed et al., 1976) طیف‌های پاسخ حرکات زمین را در ساختگاه‌های مستقر بر چهار نوع شرایط ساختگاهی مختلف که عبارتند از: ساختگاه‌های سنگی، ساختگاه‌های خاک سخت (با عمق کم‌تر از ۶۱ متر)، ساختگاه‌های عمیق خاک غیرچسبنده (بزرگ‌تر از ۷۶ متر عمق) و ساختگاه‌های مستقر بر توده رس نرم تا متوسط، محاسبه نموده‌اند. با نرمالیزه کردن طیف‌های محاسبه شده (از تقسیم شتاب‌های طیفی بر شتاب ماکزیمم زمین)، اثرات شرایط محلی خاک بر اشکال طیف‌های پاسخ (شکل ۳-۳) قابل مشاهده خواهد بود.

فصل سوم: ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین لرزه‌ها با استفاده از میکروترمورها

اثرات در پریودهای بالاتر از ۰/۵ ثانیه مشهود است، تشدید طیفی در ساختگاه‌های خاکی به مراتب بیشتر از سنگی می‌باشد. در پریودهای طولانی‌تر، تشدید طیفی با کاهش سختی پروفیل زیر سطحی افزایش می‌یابد. شکل (۳-۳) به‌وضوح نشان می‌دهد که نهشته‌های خاک نرم و عمیق، نسبت‌های بزرگتری از حرکت با پریود بزرگ (فرکانس پایین)، ایجاد می‌نمایند. این اثر به‌خصوص هنگامی که سازه‌های با پریود بزرگ، مانند پل‌ها و سازه‌های بلند بر روی چنین خاک‌هایی بنا می‌شوند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این نتایج همچنین حاکی از این است که بهره‌گیری از شکل طیف پاسخ برای تمام شرایط ساختگاهی مطلوب نیست، موضوعی که قویاً استانداردها و آیین‌نامه‌های ساختمانی را تحت تاثیر قرار داده است (Kramer, 1996).

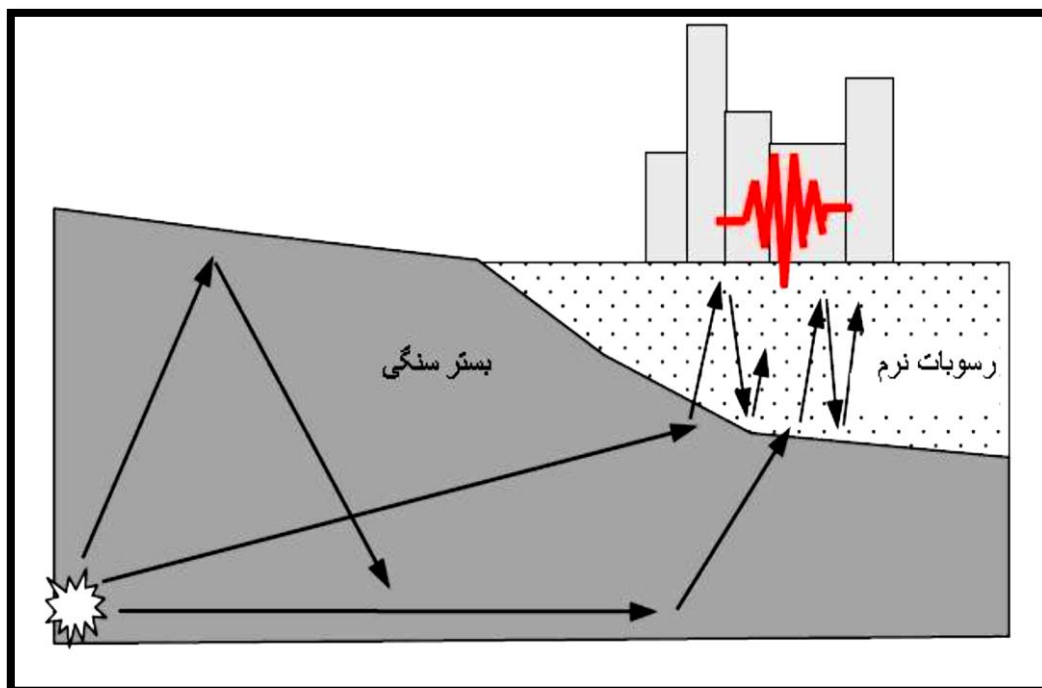


شکل ۳-۳- طیف‌های پاسخ متوسط نرمالیزه شده برای شرایط مختلف محلی ساختگاه (Seed et al., 1976)

از موارد مهم دیگر در حیطه‌ی اثر رسوبات سطحی (آبرفت)، پدیده‌ی ایجاد شده در هنگام ورود موج به این نوع نواحی است. در نواحی آبرفتی سرعت موج مشخصاً در لایه‌های سطحی آبرفت کمتر است.

فصل سوم: ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین لرزه‌ها با استفاده از میکروترمورها

امواج برشی در بخش سطحی تقریباً به صورت قائم به سطح زمین می‌رسند که پدیده‌ی انعکاس چندگانه مانند آنچه در تصویر (۳-۴) دیده می‌شود، روی می‌دهد (Tuladhar, 2002). رسوبات نرم به امواج پیش‌رونده به سمت بالا اجازه خواهند داد تا به سادگی از میان آن‌ها حرکت کنند. در حالیکه لایه‌های سخت زیر آن‌ها، به عنوان یک بازتابنده عمل کرده و امواج پیش‌رونده به سمت پائین را به بالا بازتاب می‌کنند. این نوع گیر افتادن امواج منجر به بروز پدیده تشدید می‌شود (Nakamura, 1997). در نتیجه زمین به شدت مرتعش می‌شود و ارتعاش‌های غالب در پریودهای مشخص روی می‌دهد. این پریودها، پریود غالب (Predominant Period) نامیده می‌شوند و نسبت به ساختار لایه‌های سطحی تعیین می‌شوند. دانسیته، ضخامت، سن و دیگر ویژگی‌های فیزیکی خاک به علاوه شدت زمین لرزه‌ها، فاکتورهای اولیه موثر روی ویژگی امواج لرزه‌ای هستند (Tezcan et al., 2002).



(۳-۴) - پدیده‌ی انعکاس چندگانه (Tuladhar, 2002)

در مورد نقش سن رسوبات و تاثیر آن بر افزایش پتانسیل تقویت آبرفت، بررسی‌های لاچت و همکاران نشان می‌دهد که تقویت ساختگاه با افزایش سن زمین شناسی کاهش می‌یابد. آن‌ها همچنین با بررسی ارتباط عمق پی سنگ (ضخامت خاک) به این نتیجه رسیدند که با افزایش عمق پی سنگ افزایش قابل توجهی در تقویت مشاهده می‌شود (Lachet et al., 1996).

در مورد اثر رسوبات سطحی و پیامدهای آن هنگام وقوع زلزله در نواحی مختلف دنیا، مثال‌های متعددی وجود دارد. مطالعات مکموردو (Mac Murdo, 1824) نشان می‌دهد که «در زلزله ۱۸۱۹، Cutch در هندوستان، ساختمان‌هایی که دارای پی سنگی بودند به اندازه ساختمان‌هایی که شالوده آن‌ها به انتهای لایه‌ی خاک نرسیده بود، تحت تاثیر قرار نگرفتند». همچنین وی در گزارش خود درباره‌ی زلزله‌ی نیاپولیتن (۱۸۵۷) و مالت (۱۸۶۲) به اثرات شرایط محلی زمین‌شناسی بر خرابی‌های زلزله اشاره کرده است. وود (Wood, 1908) و رید (Reid, 1910) اعلام کردند که شدت لرزش-های زمین در زلزله سانفرانسیسکو به شرایط محلی زمین‌شناسی و خاک ربط داشته است. جرج گونزالس و همکاران (Gonzalez et al., 2003) ارزیابی اثرات ساختگاهی را برای شهر Cariaco در کشور ونزوئلا انجام دادند. این ارزیابی در نتیجه‌ی زلزله مخرب سال ۱۹۹۷ در این شهر انجام گردید. آن‌ها در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که خرابی حاصل از این زلزله بیشتر به دلیل پدیده روانگرایی و حرکات جانبی امواج در رسوبات نرم سواحل خلیج Cariaco (به دلیل برخورد با محیط نامتراکم ایجاد شده توسط رسوبات و در نتیجه کاهش سرعت امواج) و همچنین پدیده‌ی لغزش در شیب‌های ناپایدار بوده است. بریلگن (Berilgen, 2007) ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین لرزه را بر روی مسجد Fatih در شهر استانبول در کشور ترکیه انجام داد. این ارزیابی بعد از زلزله مخرب ۱۷ آگوست سال ۱۹۹۹، Kocaeli انجام گردید. هدف این ارزیابی بررسی دقیق و با جزئیات خصوصیات خاک و تحلیل پاسخ ساختگاهی، به منظور درک خرابی‌های حاصل از زلزله‌های گذشته بوده که نقش اصلی را در خرابی زلزله‌های گذشته‌ای که این مسجد باستانی تجربه کرده، بازی کرده است.

در سال ۱۹۸۶ زلزله مخربی در منطقه کالاماتای یونان اتفاق افتاد که، بزرگی این زلزله در حدود ۶ درجه بوده و مرکز آن در حدود ۱۲ کیلومتری شمال شهر ۵۰ هزار نفری کالاماتا قرار داشت. با توجه به خرابی‌های شدیدی که در اکثر ساختمان‌ها و تأسیسات این شهر پدید آمد، شدت این زلزله در نقاطی از این شهر تا میزان ۸ در مقیاس مرکالی اصلاح‌شده، تخمین زده شده است. بر اساس مطالعات انجام شده، گسل فعال شده دقیقاً در زیر شهر کالاماتا واقع شده که صفحه‌ی آن دارای یک زاویه‌ی شیب در حدود ۴۰ درجه می‌باشد. خط اثر این گسل در سطح زمین در حدود ۴ کیلومتری شرقی شهر، قابل مشاهده می‌باشد. شدت خرابی‌ها و تأثیر زلزله در نواحی اطراف کانون زلزله توزیع جالبی را نشان می‌دهد. توزیع خرابی‌ها کاملاً غیریکنواخت می‌باشد. روستاهایی که در چند کیلومتری شمال و یا غرب مرکز زلزله واقع بودند، خسارات اندکی دیدند. در مقابل، در نواحی جنوبی و شرقی مرکز اصلی زلزله، مثل کالاماتا (فاصله ۱۲ کیلومتری)، خرابی‌ها شدید بوده است. در روستاهای ساحلی جنوبی نیز علی‌رغم فاصله بسیار اندک از مرکز زلزله خرابی‌ها از شدت متوسطی برخوردار بوده‌اند. در یک بررسی کلی می‌توان گفت صرف نظر از چند مورد خاص، شدت خرابی‌ها از شرق به غرب و از شمال به جنوب کاهش می‌یابد.

برای بررسی بیشتر در داخل شهر مطالعات ژئوتکنیکی و زمین‌شناسی گسترده‌ای صورت گرفته و آزمایشات مکانیکی زیادی انجام گردیده است. آزمایشات نشان داد که لایه‌های آبرفتی متشکل از شن، ماسه، سیلت و رس می‌شود. همچنین آزمایشات نشان داده است که میزان تراکم یا سرعت موج برشی لایه‌های آبرفتی از شمال به سمت جنوب کاسته می‌شود. نتایج محاسبات، نشان دهنده کاهش شتاب سطح زمین، از سمت شمال به سمت جنوب می‌باشد. مقادیر شتاب محاسبه شده، سازگاری مناسبی با توزیع خرابی‌های پدید آمده در اثر زلزله در امتداد شمال- جنوب دارد. پس مهمترین عامل در متفاوت بودن میزان خرابی‌ها از شمال به جنوب، تأثیر لایه‌های آبرفت است.

از جمله موارد مشهور دیگر این پدیده، می‌توان به زمین‌لرزه لوماپریتا در ناحیه خلیج سان فرانسیسکو کالیفرنیا اشاره نمود. در نوزدهم اکتبر ۱۹۸۹ زمین‌لرزه‌ای با بزرگی $M_s=7/1$ در نزدیکی کوه‌های لوماپریتا در ۱۰۰ کیلومتری جنوب سان فرانسیسکو و اوکلند در کالیفرنیا رخ داد. خلیج سان فرانسیسکو به طور وسیعی با نهشته‌های رسوبی از رس و رس‌لای‌دار تا رس ماسه‌دار و به همراه لایه‌هایی از خاک‌های ماسه‌ای و شنی پر شده است. نهشته‌های عمیق‌تر با پائین رفتن سطح دریا پیش‌تحکیم یافته‌اند، اما لایه بالایی پس از آخرین پسروری آب دریا رسوب کرده است. این مواد که به گل خلیج سان فرانسیسکو مشهور هستند، رس‌لای‌دار عادی تحکیم یافته‌اند. این لایه شدیداً تراکم‌پذیر بوده و مقاومت آن در سطح زمین پائین و در اعماق، متوسط می‌باشد. دو دستگاه لرزه‌نگار یکی در جزیره یربا بوئنا (Yerba Buena) و دیگری در جزیره تریشور (Treasure) در وسط خلیج سان فرانسیسکو نصب شده بودند. اولی یک جزیره‌ی سنگی و دیگری یک خاکریز مصنوعی به وسعت ۴۰۰ هکتار است. لرزه‌نگار جزیره‌ی یربا بوئنا روی سنگ و لرزه‌نگار جزیره‌ی تریشور روی گل خلیج سان فرانسیسکو قرار داده شده بود. اگر چه فواصل دو لرزه‌نگار از منبع زمین‌لرزه یکسان بود، اما حرکات سطح زمین که این دو اندازه‌گیری نمودند، کاملاً متفاوت بوده است (Kramer, 1996). کاملاً مشخص است که وجود خاک نرم در ساختگاه تریشور سبب تشدید قابل ملاحظه‌ای در حرکت بستر سنگی زیرین خود شده است.

بنا بر نظر سید و همکاران (Seed et al., 1990) خرابی و متعاقب آن تلفات جانی حاصل از زمین‌لرزه‌ی لوماپریتا، در نواحی که توسط رسوبات خاک نرم پوشیده شده بودند، متمرکز شده بود (Borcherdt & Glassmoyer, 1992). اعتقاد بر این بود که خرابی ساختمان‌های بنایی در سان فرانسیسکو برای ساختمان‌های روی خاک نرم (که دارای بالاترین پتانسیل تقویت بودند) بیشترین مقدار بود. مثال بارز دیگر در زمینه‌ی تأثیر رسوبات سطحی، زمین‌لرزه‌ی ۱۹ سپتامبر ۱۹۸۵ مکزیکوسیتی است.

چرا که مکزیکوسیتی نمونه‌ای از یک شهر مدرن بنا شده روی رسوبات نرم می‌باشد. اگر چه مرکز سطحی زمین لرزه در حدود ۳۵۰ کیلومتری شهر قرار داشت، ولی ساختگاه‌های دارای نهشته‌های نرم رسی، تقویت شدید جنبش زمین را که منجر به خرابی شدیدی گردید، را نشان می‌دهند (Tuladhar, 2002).

از جمله زمین لرزه‌های مربوط به اثر ساختگاه در ایران، می‌توان به شهر رشت در زمین لرزه رودبار و منجیل (۱۳۶۹) اشاره کرد. اکثر خرابی‌ها در ساختمان‌های ۴ تا ۸ طبقه‌ای صورت گرفته بود که به صورت مجزا و تکی ساخته و بر ساختمان دیگری اتکا نداشته‌اند. زمین شناسی محلی نقش عمده‌ای در تشدید یا تغییر خصوصیات و مشخصات ویژه امواج نوسانی زلزله دارد. این امر در شهر رشت نقش خود را ایفا نموده است. شهر رشت بر روی مخلوط مصالح ریزدانه و درشت دانه واقع شده و سنگ بستر در عمق قابل توجهی از سطح زمین قرار دارد. سطح آب زیر زمینی نسبتاً بالاست و ده رودخانه از میان شهر عبور می‌کند و خاک موجود در رشت متشکل از رسوبات قدیم و جدید دریاچه‌ای و مقداری آبرفت است. همه‌ی این عوامل در تغییر مشخصات ویژه امواج نوسانی زلزله و همساز شدن فرکانس تشدید آن با فرکانس تشدید ساختمان‌های رفیع شهر مؤثر است. به هر حال متمرکز بودن خرابی در بسیاری از ساختمان‌های ۴ طبقه به بالا و در مناطق خاصی از شهر می‌تواند به علل زیر باشد:

الف- نامناسب بودن مصالح مصرفی و عدم دقت کافی در طرح و اجرای سازه‌ها

ب- وجود ساختمان‌های تخریب شده بر روی لایه‌ای از خاک که فرکانس‌های تشدید لرزش زلزله را همساز با چنین ساختمان‌هایی نموده است.

علاوه بر مثال‌های فوق از دیگر نمونه‌های پدیده‌ی تأثیر زمین شناسی سطحی می‌توان به زمین لرزه‌های ارمنستان (۱۹۸۹)، کوبه ژاپن (۱۹۹۵)، ازمیت ترکیه (۱۹۹۱ و ۱۹۹۹)، نوریج (۱۹۹۴)، کلمبیا (۱۹۹۹) و فیلیپین (۱۹۹۰) اشاره نمود. تمامی این زمین لرزه‌ها نشان دادند که شرایط زمین شناسی

محلی و توپوگرافی می تواند تقویت عمده‌ای در جنبش نیرومند زمین لرزه را ایجاد کند (Field & Jacob, 1995, Dikmen & Mirzaoglu, 2005., Tevez-Costa et al., 2001, Navarro et al., 2001).

۳-۱-۲- اثر توپوگرافی

اغلب پس از وقوع زمین لرزه‌های مخرب در نقاطی که توپوگرافی سطحی زمین ناهموار و پر از تپه است، اینگونه گزارش شده است که ساختمان‌های واقع در بالای تپه‌ها نسبت به آن‌هایی که در پای تپه‌ها قرار دارند، دچار خسارت بیشتر و شدیدتری شده‌اند. مثال‌هایی از این‌گونه را می‌توان در مشاهدات لورت و همکاران (Levret et al., 1986) از زمین‌لرزه‌ی Lambesc فرانسه (۱۹۰۹)، برامباتی و همکاران (Brambati et al., 1980) از زمین‌لرزه Friuli ایتالیا (۱۹۷۶)، سیرو (Siro, 1982) از زمین‌لرزه Irpinia ایتالیا (۱۹۸۰) و سلبی (Celebi, 1987) از زمین‌لرزه‌ی شیلی (۱۹۸۵)، یافت. همچنین دلایل و مشاهدات دستگاهی فراوانی وجود دارد که توپوگرافی سطحی زمین می‌تواند به میزان زیادی دامنه و محتوی فرکانس حرکت زمین را تغییر دهد. در مقالات گلی و همکاران (Geli et al., 1988) و فین (Finn, 1991)، می‌توان مروری بر این مطالعات دستگاهی یافت. تاکنون بزرگترین اثر توپوگرافی ثبت شده در یک نقطه با شیب بسیار تند، در جنوب آلپ بوده است که در آن نسبت طیفی نوک تپه به پای آن، در یک محدوده‌ی فرکانسی محدود در حول ۵ هرتز، به بیش از چندین ده برابر رسیده است. بارد (Bard, 1984) به مرور کارهای انجام گرفته در این زمینه پرداخته و عنوان کرده است که مقادیر ضریب تقویت در نوک کوه‌ها و تپه‌ها بزرگتر بوده و در تپه‌ها کاهش می‌یابد و نتایج مشاهده شده با نتایج به دست آمده از تئوری، مطابقت خوبی دارند. در این حال مقادیر بزرگنمایی برای مولفه‌های افقی بزرگتر از مولفه‌ی قائم می‌باشد. وی همچنین عنوان کرد که حداکثر بزرگنمایی تقریباً به تیزی توپوگرافی بستگی داشته؛ یعنی هر چه شیب زمین تندتر گردد، مقادیر بزرگنمایی بزرگتر می‌گردد (قلندرزاده و معتمد، ۱۳۸۳). در تصویر

فصل سوم: ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین‌لرزه‌ها با استفاده از میکروترمورها

(۳-۵) نمونه ای از موارد مذکور در زمین‌لرزه بلاکوت پاکستان (۲۰۰۵) نشان داده شده است که خسارات فراوانی در روی تپه نسبت به مناطق پایین دست آن مشاهده می‌شود (Kristek et al., 1998., Shafique, 2008).



شکل ۳-۵- تخریب بیشتر ساختمان‌های واقع در بالای تپه نسبت به ساختمان‌های پای تپه در زمین لرزه ۸ اکتبر ۲۰۰۵ بلاکوت پاکستان به دلیل تاثیر توپوگرافی در تشدید امواج زلزله (Shafique, 2008).

۳-۲- میکروترمورها

یکی از اختراعات اخیر در تحقیقات روش‌های ژئوفیزیکی، استفاده از میکروترمورها در زمینه‌ی مهندسی زلزله است. این روش اطلاعات پایه‌ای مهمی را برای پاسخ زمین به حرکات لرزه‌ای، به خصوص در مراکز جمعیتی متراکم که با مشکلات رو به رشدی در به کارگیری تکنیک‌های مرسوم لرزه‌ای روبرو است، در اختیار می‌گذارد. بنابراین توسعه روش استفاده از میکروترمورها (Microtremor Survey Method) مشتاقانه در انتظار افرادی است که با مهندسی شهرسازی در ارتباط می‌باشند. روش استفاده از میکروترمورها تاریخچه‌ای طولانی ندارد و تاریخچه‌ی آن را فقط از

فصل سوم: ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین‌لرزه‌ها با استفاده از میکروترموورها

تجارب محدود و موارد تاریخی کم می‌توان ترسیم نمود. به عنوان مثال کاربرد آن‌ها در اکتشاف مخازن به ندرت مستند شده است. ولی با این حال روش میکروترموورها در حال به دست آوردن شهرت و مقبولیت در میان مهندسان عمران و شهرسازی و در مناطقی است که پتانسیل لرزه‌خیزی دارند و سازگاری بسیار خوبی برای این چنین کاربردهایی دارد. حداقل آن این است که این روش از نظر تئوری محدود به زمینه‌ای خاص نیست. بدین معنا که روش استفاده از میکروترموورها (MSM) یک روش پایه‌ای خاص مناطق شهری نیست و کاربردهایی مثل شناسایی ساختارهای زیرسطحی، اکتشاف مخازن نفت و گاز و دیگر مخازن دارد. دلربایی این روش به واسطه‌ی تفاوت آن در ایده‌ها و ابزارهای جدید آن نسبت به سایر روش‌های مرسوم ژئوفیزیکی است، که این تفاوت‌ها ممکن است پذیرش وسیع این روش را به عنوان یک تکنیک ژئوفیزیکی جدید، با مشکل روبرو سازد. به عبارتی ممکن است مدتی زمان ببرد که روش استفاده از میکروترموورها، به عنوان یک روش مقرون به صرفه مورد قبول قرار گیرد (Okada, 2003).

در واقع میکروترموورها، ارتعاشات با دامنه‌ی کوتاه، ضعیف و با پریود پائین می‌باشند، که ممکن است در سطح زمین ثبت شده باشند. آن‌ها یک دسته از «سیگنال‌های طبیعی» یا «پدیده‌های طبیعی» را تشکیل می‌دهند. سطح زمین حتی بدون وقوع رخداد لرزه‌ای، همواره در محدوده فرکانس‌های لرزه‌ای در حال جنبش است. این ارتعاشات ثابت سطح زمین، ریزارتعاش نامیده می‌شوند. اصطلاح ریزارتعاش، در زمینه‌ی مهندسی به طور متداول تری استعمال می‌شود (Okada, 2003).

دامنه‌ی این ریز ارتعاشات جز در موارد استثنائی، همواره خیلی کم است. آن‌ها، ارتعاشات زمین با جابجایی بین ۰/۱ تا ۱ میکرون و دامنه سرعت بین ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۱ سانتی متر، خیلی پائین تراز آستانه احساس انسان هستند و فقط توسط لرزه نگارهای با بزرگنمایی زیاد کشف می‌گردند (Dikmen & Mirzaoglu, 2005).

ریز ارتعاشات، توسط فعالیت‌های انسانی نظیر حرکت وسایل ماشینی در کارخانه‌ها، ماشین‌های موتور و قدم زدن مردم، یا توسط پدیده‌های طبیعی، چون جریان آب در رودخانه‌ها، باران، باد، تغییر فشار جوی و امواج اقیانوسی ایجاد می‌شود. این ارتعاشات تماماً یک پدیده طبیعی نیستند چرا که فعالیت‌های انسانی بخشی از منابع بوجود آورنده آن‌ها را تشکیل می‌دهند. بنابراین اکنون دیگر ریز ارتعاشات به عنوان نوفه مزاحم مطرح نیستند بلکه تا حدی یک «سیگنال» مفید می‌باشند. از این لحاظ گاهی از آن‌ها به عنوان «سیگنال کنترل نشده» نام برده می‌شود (Okada, 2003).

بنابر نظر ناکامورا (Nakamura, 1989) لایه‌های سطحی به طور عادی توسط نیروهای طبیعی (امواج دریا، باد وغیره) و نیروهای غیر طبیعی (نیروگاه، خودرو، قطار وغیره) در معرض ارتعاش قرار می‌گیرند. امواج دریا دارای ارتعاش نسبتاً بلندتر پریود (۲ تا ۳ ثانیه یا بیشتر) هستند که ریزلرزه نامیده می‌شوند. اما طوفان‌ها و نیروهای غیر طبیعی ارتعاشی با پریود کوتاه، موسوم به ریز ارتعاش ایجاد می‌کنند (Ibs-von Seht and wohlenberg, 1999). در حقیقت یکی از ابداعات اخیر در روش‌های پی‌جوئی ژئوفیزیکی بکارگیری ریزارتعاش در زمینه مهندسی است. هدف اصلی آن ارزیابی ساختار زیرسطحی است که بستری را برای تحلیل پاسخ زمین بویژه در نواحی پر جمعیت که مشکلات عدیده‌ای در استفاده از روش‌های متداول لرزه‌ای وجود دارد فراهم می‌کند (Okada, 2003).

روش ریز ارتعاش در اصل یک روش ژئوفیزیکی منفعل است؛ چرا که «گوش دادن» به «صدای» طبیعت ما را قادر می‌سازد تا ساختار زیر سطحی زیر یک آرایه ژئوفون را بررسی نمائیم. از آنجا که روشی منفعل است، سیستم جمع‌آوری داده‌ها از روش ریز ارتعاش نسبتاً ساده بوده و می‌تواند در مناطقی که دستیابی به اطلاعات توسط یک روش لرزه‌ای متداول به علت محدودیت دشوار است، مورد استفاده قرار گیرد. همزمان و همراه با توسعه شهری، سطح فزاینده نوفه فرهنگی، استفاده از بسیاری از روش‌های ژئوفیزیکی رایج را که به طور عادی جهت شناخت ساختار زیرسطحی استفاده

فصل سوم: ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین لرزه‌ها با استفاده از میکروترموورها

می‌شوند با مشکل مواجه می‌سازد (Okada, 2003).

۳-۲-۱- منشاء میکروترموورها

گوتنبرگ (لیستی از انواع مختلف میکروترموورها بر حسب فرکانس منتشر نمود. آستن (Asten, 1978) نیز با مطالعات خود صحت آن‌ها را تایید کرد. تحلیل وابستگی فرکانس منابع نوفه (به مجموع تمامی ارتعاشات با چشمه‌ی نامشخص، که در بالای فرکانس یک هرتز به آن میکروترموور و در پایین آن ریزلرزه می‌گویند)، در جدول (۳-۱) نشان داده شده است. بررسی طبیعت منشاءها، معیارهای زیر را پیش روی می‌گذارد:

- منشاء ویژه اقیانوسی یا طبیعی: این معیار اجازه خواهد داد تا بین ریزلرزه و ریزارتعاش بر حسب منابع طبیعی یا انسانی تمایز قایل شویم. بر این اساس نتیجه‌ای که حاصل می‌شود این‌گونه است که منابع با فرکانس کم‌تر از یک هرتز مانند منابع اقیانوسی و شرایط جوی بزرگ مقیاس، طبیعی هستند. همچنین منابعی با فرکانس میانه بین ۱ تا ۵ هرتز می‌توانند طبیعی (مثل شرایط جوی محلی) و یا انسانی (نواحی شهری) باشند و منابع با فرکانس بالای ۱ هرتز اساساً انسانی هستند.

جدول ۳-۱- وابستگی فرکانسی منابع نوفه

	Gutenberg (1958)	Asten (1978-1984)
Waves striking the coast	0.05-0.1 Hz	0.5-1.2 Hz
Moonsoon / large scale meteorological perturbations	0.1-0.25 Hz	0.16-0.5 Hz
Cyclones over the ocean	0.3-1 Hz	0.5-3 Hz
Local meteorological conditions	1.4-5 Hz	
Volcanic tremor	2-10 Hz	
Urban	1-100 Hz	1.4-30hz

بررسی‌های گسترده‌ای که توسط فراننتی (Frantti, 1963) انجام گرفته، میکروترموورهای در حدود یک هرتز، تغییری را در رفتار نوفه نشان می‌دهد. او سرعت نوفه‌ی لرزه‌ای را در ۴۸ ساختگاه، در ایالات متحده و کشورهای دیگر بررسی نمود. این اندازه‌گیری‌های نوفه در محل‌های با شرایط و ویژگی

های متفاوت زمین‌شناسی (سنگ یا رسوب) و در موقعیت‌های جغرافیایی مختلف (نزدیک اقیانوس، کوه یا شهر) و در زمان‌های متفاوت (ساعت‌ها یا فصول مختلف) انجام شدند. جهت پردازش، یک رکورد با بازه‌ی دو دقیقه‌ای که فارغ از هر گونه آشفتگی‌های نزدیک مشخص بود، انتخاب گردید. مولفه‌های قائم سرعت‌های ذره‌ی نوفه در مقابل فرکانس رسم گردیدند. افزایش متناسب نوفه‌ی لرزه‌ای تا بالای یک هرتز و سطح هموار، برای تمامی ساختگاه‌ها مشابه بود. این اندازه‌گیری‌ها ارتباطی را بین نوع منشاء (طبیعی یا انسانی) و رفتار در محدوده‌ی فرکانسی را مشخص نمودند. بنا بر کارهای گوتنبرگ و آستن حد بین ریزلرزه‌ها با فرکانس پایین (منشاء طبیعی)، و ریزارتعاشات با فرکانس‌های بالاتر (منشاء انسانی) یک هرتز است.

طی بررسی‌های انجام شده می‌توان دو منشاء مجزا برای نوفه در نظر گرفت: منشاء طبیعی و منشاء انسانی و بر این اساس مرزی بین ریزارتعاشات و ریزلرزه‌ها قائل شد. این مرز، فرکانس ۱ هرتز است. مرز یک هرتز یک مقیاس واحد نیست؛ بلکه بسته به زمین‌شناسی منطقه، حد بین ریزارتعاشات و ریزلرزه‌ها می‌تواند به فرکانس‌های بالاتر و پایین‌تر انتقال یابد (SESAME, 2004b). در یک مقیاس محلی طبیعت ریزارتعاشات با استفاده از آرایه‌های ایستگاه‌ها توسط آکی (Aki, 1957) برای داده‌های بلند پریود و برای داده‌های کوتاه پریود توسط هوریک (Horike, 1985) بررسی شد. این مطالعات نشان دادند که ریزارتعاشات کوتاه پریود، شامل امواج ریلی به طور محلی تحریک شده، ناشی از اختلالات ترافیکی نزدیک تجهیزات اندازه‌گیری است. از مدت‌ها قبل دانشمندان ترکیب میدان موج نوفه را به منظور تعریف طبیعت آن بررسی کرده‌اند. با وجود بررسی‌های زیادی که در این زمینه انجام گرفته، هنوز نظر قطعی در مورد طبیعت نوفه وجود ندارد و نظریات گوناگونی پیرامون آن می‌توان مشاهده نمود.

۳-۲-۲- روش‌های ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین‌لرزه‌ها بر اساس میکروترموورها

از ابتدای شناسایی داده‌های میکروترمورها، روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری آن مطرح شده است که در طول زمان تکامل یافته‌اند. مهم‌ترین این روش‌ها شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- روش ساختگاه مرجع

۲- روش دامنه‌های طیفی

۳- روش نسبت طیفی مولفه‌ی افقی به قائم (روش ناکامورا)

۴- روش فرکانس - عدد موج (F-K)

۵- روش خود همبستگی مکانی (SPAC)

بنابراین روش‌های مختلفی برای تخمین مشخصات ساختگاه معرفی و به کار گرفته شده است که برای مطالعات پاسخ ساختگاه به کار گرفته می‌شوند. در میان روش‌های مختلف، استفاده از اندازه‌گیری‌های میکروترمورها به خاطر ارزانی، سهولیت عملیات، سرعت عمل و به ویژه عدم تخریب، مقبولیت فراوانی به خصوص در مناطق با لرزه‌خیزی متوسط و پایین، یافته است. جهت استفاده از داده‌های میکروترمورها برای ارزیابی اثرات ساختگاهی، دو روش ساختگاه مرجع (H_s/H_r) و روش نسبت طیفی مولفه‌ی افقی به قائم (H/V) یا روش بدون استفاده از نقطه‌ی مرجع، بیشتر مورد استفاده دانش‌پژوهان می‌باشد. در اینجا سعی بر این است که با توضیح و مقایسه‌ی دو روش مذکور، بر اساس مطالعاتی که تاکنون انجام گرفته است، به بهترین روش برای ارزیابی اثرات ساختگاهی در این مطالعه، برسیم.

۳-۲-۱- مقایسه‌ی روش H_s/H_r با روش H/V

در روش H_s/H_r عقیده بر این است که اثر مسیر و اثر منبع برای نقاط نزدیک به هم یکسان می‌باشد و اگر نقطه‌ی مرجع عاری از هر گونه اثر ساختگاه باشد، می‌توان آن را به عنوان حرکت ورودی به لایه‌ی خاک در نظر گرفت و آنگاه نسبت طیفی، بیانگر اثر ساختگاه می‌باشد.

فصل سوم: ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین لرزه‌ها با استفاده از میکروترمورها

به عبارتی دیگر با تقسیم طیف مولفه‌ی افقی میکروترمو ر ثبت شده مربوط به رسوبات (Horizontal Sediment)، به طیف افقی حرکت ثبت شده بر روی مرجع سنگی (H_{Rock})، می‌توان به تابع انتقالی خاک دست یافت (قلندرزاده و معتمد، ۱۳۸۳). این روش اولین بار توسط برچرادت (Borchardt, 1970) معرفی گردید و هنوز هم به میزان وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از این روش، برای آنالیز حرکات قوی و ضعیف زمین بسیار معمول است. استفاده از این روش برای میکروترمورها اولین بار توسط کاگامی و همکاران (Kagami, 1986) به کار برده شد.

یکی از مشکلات روش H_s/H_r یافتن یک نقطه‌ی مرجع مناسب است. در بعضی مناطق که بر روی دشت‌های وسیع قرار گرفته‌اند؛ یافتن یک نقطه‌ی بیرون‌زدگی سنگ بستر، مشکل می‌باشد. در نتیجه، روش‌های دیگری برای تخمین مشخصات ساختگاه (فرکانس غالب و ضریب تقویت)، تدوین گردیده‌اند که در آن‌ها نیازی به وجود نقطه‌ی مرجع نمی‌باشد. روش استفاده از نسبت‌های طیفی مولفه‌ی افقی به قائم میکروترمورها (H/V)، اولین بار توسط نوگوشی و ایگاراشی (Nogoshi & Igarashi, 1970)، به کار گرفته شد و سپس توسط ناکامورا (Nakamura, 1989)، استفاده از آن جهت تعیین اثر ساختگاه، عمومیت بیشتری یافت.

در واقع ناکامورا (Nakamura, 1989) با تقسیم‌بندی ارتعاشات به مولفه‌ی افقی و عمودی، بیان داشت که ارتعاشات افقی توسط انعکاس چندگانه امواج S و ارتعاشات عمودی توسط انعکاس چندگانه امواج P تقویت می‌شوند. وی بیان داشت، از آنجایی که سرعت انتشار موج P به طور کلی بیش از ۱۰۰۰ متر بر ثانیه می‌باشد؛ لذا ممکن نیست ارتعاشاتی با فرکانس تقریبی ۱۰ هرتز یا کمتر، به واسطه‌ی چندین انعکاس در بین لایه‌های سطحی با ضخامت حداکثری چند ده متر، خیلی تقویت شوند.

از طرفی دیگر اثر موج ریلی به طور قابل توجهی در ارتعاشات عمودی آشکار می‌شوند. بر این اساس، این اثر می‌تواند از تقسیم طیف عمودی لایه‌های سطحی به طیف عمودی لایه‌های زیرین (Base)

فصل سوم: ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین لرزه‌ها با استفاده از میکروترمورها

تعیین شود. یعنی اگر مقدار این نسبت "یک" شود، اثر موج ریلی "صفر" و افزایش این نسبت به معنای بحرانی شدن اثر موج ریلی خواهد بود.

ناکامورا (Nakamura, 1989) در ادامه بیان می‌دارد که روش جدیدی برای تخمین تابع تبدیل لایه‌های سطحی به دست آورده که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$ST = SH_S / SH_B \quad \text{رابطه‌ی (۱-۳)}$$

که SH_S و SH_B به ترتیب طیف ارتعاش افقی مربوط به لایه‌های سطحی و لایه‌های زیرین (Base) می‌باشد.

هنگامی که نویز مصنوعی که اکثراً به صورت موج ریلی و در سطح زمین منتشر می‌شود، این نویز ممکن است بر روی SH_S تاثیر بگذارد. به عبارتی SH_S به سادگی توسط امواج سطحی متأثر می‌شود. اثر موج ریلی بایستی در طیف قائم ارتعاش روی سطح SV_S موجود باشد، اما در طیف ارتعاش عمودی در پی‌سنگ موجود نیست. با فرض اینکه ارتعاش قائم توسط لایه‌های سطحی تقویت نمی‌شود مقدار ES که در ذیل تعریف شده باید اثر موج ریلی روی ارتعاش قائم را نشان دهد:

$$ES = EV_S / EV_B \quad \text{رابطه‌ی (۲-۳)}$$

اگر موج ریلی وجود نداشته باشد مقدار ES برابر یک خواهد شد و با افزایش اثر موج ریلی مقدار بزرگتر از یک را خواهد گرفت. با فرض اینکه اثر موج ریلی برای مولفه‌های افقی و قائم یکی است، نسبت ST/ES ممکن است تابع تبدیل قابل اعتمادتری را بعد از حذف اثر موج ریلی پیشنهاد کند:

$$STT = ST / ES \quad \text{رابطه‌ی (۳-۳)}$$

که این رابطه می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

$$STT = R_S / R_B \quad \text{رابطه‌ی (۴-۳)}$$

در حالتی که R_S و R_B به صورت زیر بیان می‌شوند:

$$R_S = SH_S / SV_S \quad \text{رابطه‌ی (۳-۵)}$$

$$R_B = SH_B / SV_B \quad \text{رابطه‌ی (۳-۶)}$$

یا به عبارتی R_S و R_B حاصل تقسیم طیف افقی ارتعاش به طیف قائم آن و به ترتیب مربوط به ارتعاشات سطحی و لایه زیرین، هستند. از آنجایی که برای ایستگاه‌های واقع در روی لایه‌ی سخت زیرین (سنگ بستر)، در محدوده‌ی وسیعی از فرکانس، نسبت طیفی نزدیک یک است و از طرفی با توجه به اینکه پیشرفت ارتعاشات در تمامی جهات روی سنگ بستر یکسان و یکنواخت می‌باشد؛ لذا $R_B=1$ می‌باشد و رابطه‌ی (۳-۴) به صورت زیر بیان می‌شود:

$$STT = R_S \quad \text{رابطه‌ی (۳-۷)}$$

این بدان معنی است که تابع تبدیل لایه‌های سطحی ممکن است فقط از ارتعاش روی سطح برآورد شوند. به عبارت دیگر ارتعاش قائم روی سطح ویژگی‌های ارتعاش افقی در لایه زیرین را، در خود دارد و از این رو آخرین جایگذاری انجام می‌شود. به نظر می‌رسد این عمل تأثیر موج ریلی را بی‌ارزش کند. اما R_S در محدوده فرکانسی که موج ریلی غالب است، یک می‌شود و از این رو در تابع تبدیل محاسبه شده، قابل ملاحظه نیست. بنابراین بزرگی تقویت ناشی از لایه‌های سطحی را می‌توان از نسبت مقادیر حداکثر افقی به عمودی روی سطح بدست آورد.

نظریه‌ی ناکامورا را به صورت موردی می‌توان اینگونه بیان داشت که:

- ریزارتعاشات از چندین موج تشکیل شده‌اند، اما اساساً امواج ریلی در یک لایه‌ی سطحی نرم

روی لایه سخت پیشروی می‌کنند.

- اثر امواج ریلی روی حرکت نوفه در طیف قائم در سطح موجود است اما در قاعده وجود ندارد.

- مولفه قائم حرکت ریزارتعاشات توسط لایه نرم خاک تقویت نمی‌شود.

- اثر امواج ریلی روی حرکت ریزارتعاشات برای مولفه‌های افقی و قائم یکی است.

فصل سوم: ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین‌لرزه‌ها با استفاده از میکروترمورها

- در محدوده گسترده‌ای از فرکانس (از ۰/۲ تا ۲۰ هرتز) نسبت طیف مولفه‌های افقی و قائم حرکت در کف لایه و لایه زیرین حدود یکی است (Nakamura, 1989 & 2000, Lermo & Chavez-Garcia, 1994, Bour et al., 1998, Tuladhar, 2002, Tuladhar et al., 2004).

ناکامورا منشاء ریزارتعاشات را موج SH می‌پندارد و امواج ریلی را نوفه ریزارتعاشات می‌داند که در خلال انجام محاسبات اثرات آن حذف می‌شود. باتوجه به این شرایط نسبت طیفی افقی به عمودی نوفه زمینه ثبت شده در سطح یک لایه نرم اجازه می‌دهد که اثر امواج ریلی حذف شوند و فقط اثرات حاصل از ساختار زمین‌شناسی ساختگاه را حفظ می‌کنند. در عمل بزرگترین چالش در بکارگیری روش نوفه محیطی، جدا کردن اثرات منشاء (و احتمالاً مسیر) از اثرات ساختگاهی است. این مشکل با فرض:

- بکر بودن طیف‌های منشاء در محدوده فرکانس موردنظر

- با تقسیم طیف نوفه ساختگاه رسوبی به طیف اندازه‌گیری شده در ساختگاه سنگی

- تقسیم طیف مولفه افقی به مولفه قائم حرکت در همان ساختگاه

مرتفع می‌شود که روش ناکامورا باعث حذف اثر منشاء شده و آنچه باقی می‌گذارد تقویت حاصل از ساختگاه است (Field et al., 1990, Lermo & Chavez-Garcia, 1993b, Field & Jacob, 1995, Wooley & Street, 2002, Tsubai et al., 2001).

به‌کار بردن این روش در تعداد زیادی از پروژه‌های تحقیقاتی که اخیراً انجام پذیرفته، ثابت کرده است این روش در تخمین پیروود غالب خاک، بسیار موثر بوده و همچنین در تعیین ضریب تقویت خاک، نیز می‌تواند به کار برده شود. لرمو و چاوز-گارسیا (Lermo & Chavez-Garcia, 1994) کاربرد اندازه‌گیری‌های میکروترموور جهت تعیین مشخصات ساختگاه را با استفاده از دو روش H_s/H_r و H/V بررسی کردند. در نهایت نیز برای بررسی نتایج حاصله از میکروترمورها، آن‌ها را با نتایج به

دست آمده از آنالیز طیفی داده‌های حرکات قوی و ضعیف زمین مقایسه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که بهترین روش آنالیز میکروترمورها روش H/V است و نتایج به دست آمده با استفاده از آن (فرکانس غالب و ضریب تقویت ساختگاه) هم‌خوانی خوبی بانتهای به دست آمده از حرکات قوی و ضعیف زمین دارد. یکی دیگر از موارد مطرح شده در زمینه‌ی روش‌های ارزیابی اثرات ساختگاهی، بحث اثر توپوگرافی است. با توجه به اینکه در روش H_s/H_r فرض بر این است که اثرات ساختگاهی در نقطه‌ی مرجع نسبت به نقطه‌ی روی رسوب به اندازه‌ی کافی، کوچک است و می‌توان حرکت زمین در آن را همان حرکت ورودی به لایه‌ی رسوب در زیر آن در نظر گرفت، در نتیجه متاثر شدن نقطه‌ی مرجع از اثر توپوگرافی، یکی دیگر از محدودیت‌های مهم در این روش است. چاوز-گارسیا و همکاران (Chavez-Garcia et al., 1996) به بررسی اثر ساختگاه ناشی از توپوگرافی با استفاده از روش H/V پرداختند و از روش H_s/H_r استفاده نکردند. آن‌ها این دلیل را بیان کرده‌اند که ایستگاه مرجع خود نیز بر روی تپه قرار داشتند و متاثر از اثر توپوگرافی می‌باشد. در روش H_s/H_r نقطه‌ی مرجع نقش مهمی را ایفا می‌کند و پیدا کردن یک نقطه‌ی مرجع مناسب که تحت اثر ساختگاه نبوده باشد، یکی از چالش‌های اصلی در این روش می‌باشد. حتی اگر آن نقطه بر روی بستر سنگی هم واقع شده باشد. این محققین مطالعه‌ی خود را با استفاده از داده‌های حرکت ضعیف زمین و میکروترمورها که بر روی تپه‌ای واقع در ناحیه‌ی Epire در شمال یونان ثبت شده است، انجام داده‌اند. نتایج حاصله نشان داده است که تفاوت بین دو مولفه‌ی افقی حرکات ثبت شده آشکار بوده و حتی در منحنی‌های نسبت طیفی دو مولفه‌ی افقی نیز این تفاوت‌ها قابل مشاهده بوده‌اند. سانچز-سزما و کامپیلو (Sanchez-Sesma & Campillo, 1991) در نتایج کارهای عددی خود طی پیشنهادی برای جلوگیری از متاثر شدن نقطه‌ی مرجع به وسیله‌ی توپوگرافی منطقه بیان می‌کنند که لازمست که نقطه‌ی مرجع بستر سنگی، بر روی یک سطح صاف و هموار قرار داشته باشد و حداقل به اندازه‌ی دو برابر بعد افقی منطقه‌ی توپوگرافی از آن فاصله داشته باشد. در عمل برآوردن نیاز فوق کار خیلی سختی است، به این

دلیل که یا سطح صاف در نزدیکی بستر سنگی، به وسیله رسوبات پوشیده شده است و یا اینکه متاثر از اثر توپوگرافی می‌باشد.

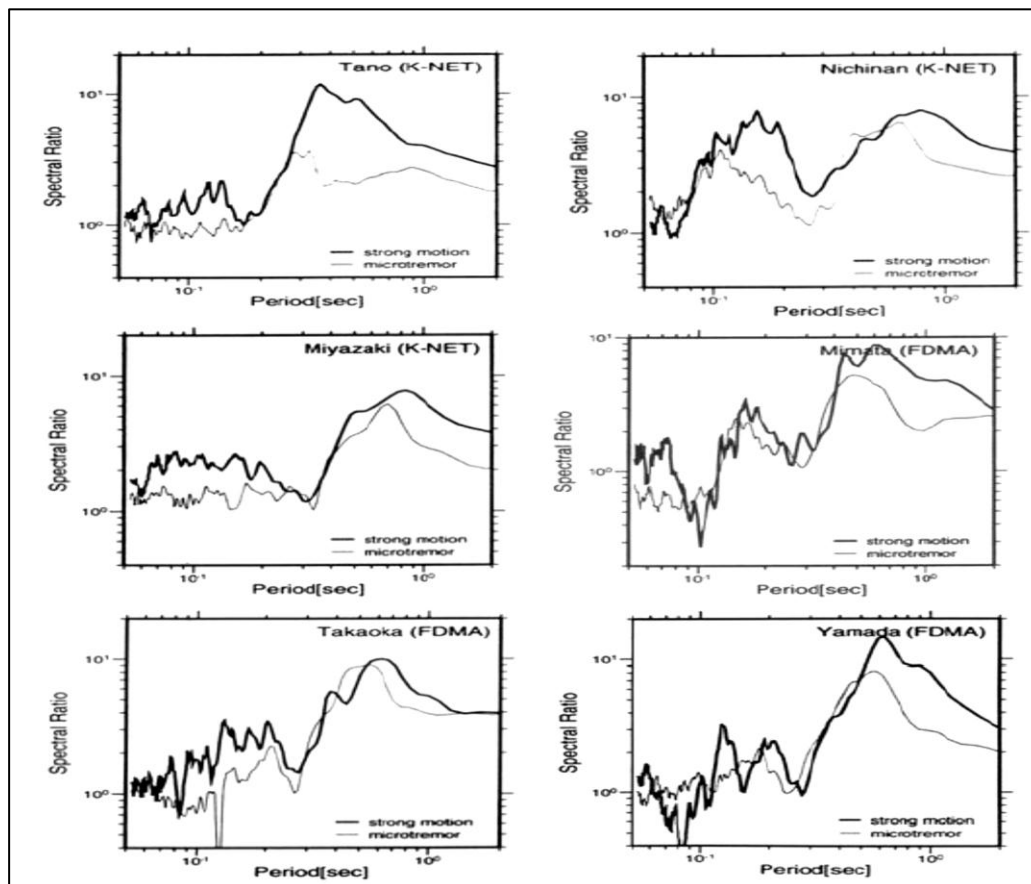
۳-۲-۳- مقایسه‌ی نسبت H/V حاصل از میکروترموورها و رکوردهای زلزله.

تعدادی از محققین مطالعاتی بر روی پایداری نسبت ایجاد شده توسط رکوردهای ثبت شده جنبش نیرومند زمین (زلزله) انجام دادند (Okuma et al., 2000., Yamazaki and Ansary, 1997., Rodrigues et al., 2000). مطالعات انجام شده توسط آن‌ها نشان داد؛ استفاده از رکوردهای زلزله منجر به نسبت طیفی H/V مطمئن و پایدار می‌شود و بنابراین می‌تواند برای تخمین خصوصیات پاسخ ساختگاه مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این مطالعات، تحقیقاتی مبتنی بر مقایسه، بین نسبت طیفی حاصل از میکروترموورها و نسبت حاصل از رکوردهای زلزله انجام شده است. اما، بیشتر رکوردهای مورد استفاده در این مطالعات، در طول زلزله‌های کوچک ثبت شده بود. مطالعات نشان داد که در زلزله‌های کوچک، نسبت طیفی H/V میکروترموورها و نسبت رکوردهای جنبش نیرومند زمین، قابل مقایسه است. شکل (۳-۶) مقایسه‌ی نسبت طیفی میکروترموورها و نسبت حاصل از رکوردهای زلزله که توسط اوکاما و همکاران (Okuma et al., 2000) تهیه شده است را نشان می‌دهد. رکوردهای جنبش نیرومند زمین مورد مطالعه، اکثراً رکوردهای ثبت شده مربوط به زلزله‌های کوچک است. به نظر می‌رسد که نسبت‌های طیفی از هر دو نوع رکورد قابل ارزیابی است، ولی نسبت طیفی ارزیابی شده توسط رکوردهای زلزله، نسبتاً بلند پررودتر به نظر می‌رسد. این تفاوت در پررود در رکوردهای جنبش نیرومند زمین در زلزله‌های با بزرگی زیادتر، بیشتر می‌تواند مشخص شود (Tuladhar, 2002).

۳-۲-۴- اصول برداشت میکروترموورها

در راهنماهای ارائه شده توسط گروه سزامی (Sesame, 2004a)، جهت انجام رکوردگیری بهتر، رهنمودهایی ذکر شده است که در ادامه به این موارد می‌پردازیم:

فصل سوم: ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین لرزه‌ها با استفاده از میکروترمورها



شکل ۳-۶- مقایسه‌ی نسبت‌های طیفی H/V حاصل از رکوردهای زلزله و میکروترمور (Okuma et al., 2000)

الف- مدت رکوردگیری: بسته به فرکانس غالب، مدت‌های رکوردگیری متفاوتی توصیه شده است که در جدول (۲-۳) به آن اشاره گردیده است:

جدول ۲-۳- مدت زمان‌های پیشنهادی جهت رکوردگیری (Sesame, 2004a)

Minimum expected f_0 [Hz]	Recommended minimum recording duration [min]
0.2	30'
0.5	20'
1	10'
2	5'
5	3'
10	2'

فصل سوم: ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین لرزه‌ها با استفاده از میکروترمورها

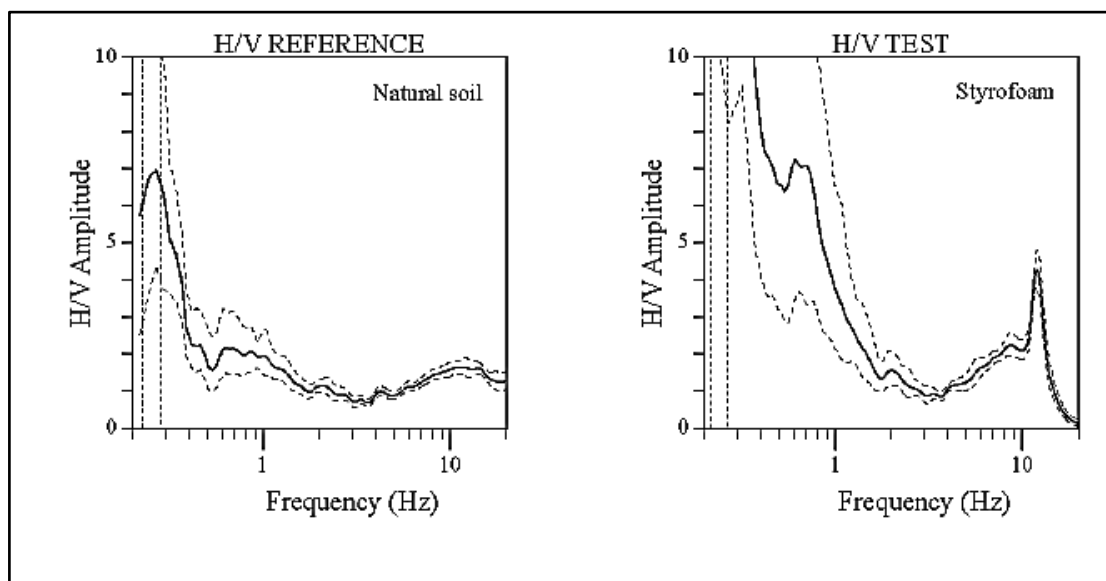
ب- فواصل اندازه‌گیری: بسته به هدف مورد نظر فواصل متفاوتی در نظر گرفته شده است که در زیر به آن اشاره گردیده است:

- ریزپهنه‌بندی: در این حالت فواصل اندازه‌گیری در ابتدا زیاد (≥ 500) و در صورت وجود تغییرات جانبی زیاد در نتایج حاصله، تراکم نقاط افزایش و فواصل تقلیل می‌یابد (> 250).

- ساختگاه منفرد: در این حالت باید حداقل از سه نقطه، جهت اندازه‌گیری فرکانس غالب استفاده کرد و از به دست آوردن فرکانس غالب، از روی یک نقطه اجتناب نمود.

ج- محل اتصال سنسور:

- تا جایی که امکان دارد سنسور باید مستقیم بر روی سطح زمین طبیعی، قرار گیرد (شکل ۳-۷).



شکل ۳-۷- مقایسه‌ی بین منحنی H/V به دست آمده در شرایط قرارگیری سنسور بر روی خاک طبیعی و صفحه فومی- تصاویر تاثیر شدید صفحه فوم را بر نتایج نشان می‌دهد (Sesame, 2004a).

- باید از قرار دادن سنسور بر روی سطوح نرم (گل، زمین‌های لجنی، چمن‌های بلند و غیره) و خاک‌های اشباع از آب بعد از بارندگی، اجتناب نمود. به عنوان مثال در هنگام وزش باد قرار گرفتن

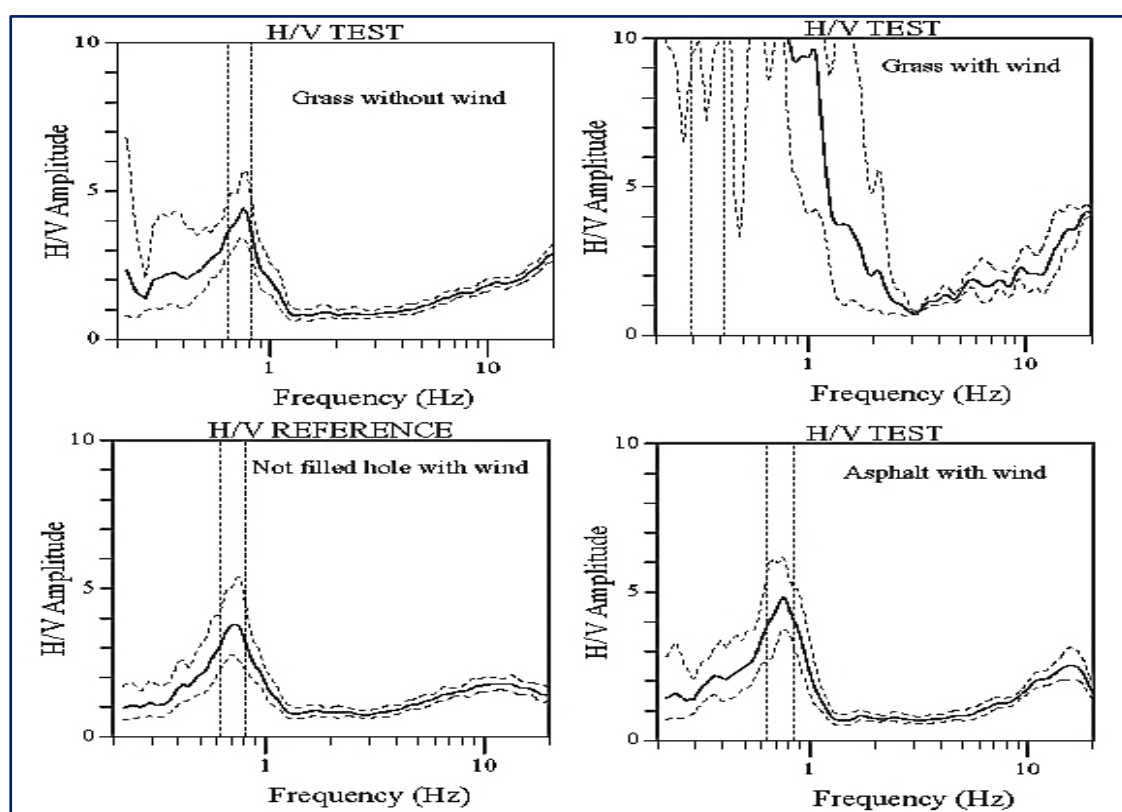
فصل سوم: ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین لرزه‌ها با استفاده از میکروترموورها

سنسور بر روی چمن‌های بلند، تاثیرات شدید و قابل توجهی بر نتایج می‌گذارد (۳-۸).

د- سطوح اتصال مصنوعی برای سنسور:

- از صفحات ساخته شده از مواد نرم، نظیر اسفنج‌های لاستیکی، مقوا و غیره جهت انتخاب محل

اتصال سنسور خودداری گردد (شکل ۳-۷).



شکل ۳-۸) - مقایسه‌ی بین منحنی H/V به دست آمده در شرایط قرارگیری سنسور بر روی چمن با و بدون حضور باد (شکل بالا) و مقایسه قرارگیری سنسور درون حفره با آسفالت (شکل پایین) و دوباره با چمن با حضور باد. این مقایسه تاثیر چمن بر تشدید اثر باد را نشان می‌دهد، در حالی که آسفالت و حفره اثر قابل توجهی ندارند (البته اگر دور از هر گونه ساختمانی باشد) - (Sesame, 2004a).

- در شیب‌های تند که امکان تراز سنسور به طور صحیح نیست، سنسور باید بر روی یک توده یا تپه‌ی ماسه‌ای و یا در روی یک ظرف پر از شن و ماسه نصب گردد.

فصل سوم: ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین‌لرزه‌ها با استفاده از میکروترموورها

- در صورت بارش برف و یخ زدگی، به علت ذوب شدن موضعی (به عنوان مثال ذوب شدن سطح زیر سنسور) و به جهت جلوگیری از کج شدن سنسور، باید از یک سطح فلزی یا چوبی یا یک ظرف پر از شن و ماسه استفاده کرد.

ه- سازه‌های اطراف:

- در موارد وزش باد با سرعت تقریباً بیش از ۵ متر بر ثانیه، باید از رکوردگیری در کنار ساختمان‌ها، درختان و غیره اجتناب شود. انجام رکوردگیری در این شرایط ممکن است منجر به تاثیرات زیادی بر روی نتایج H/V بگذارد که این تاثیر را با ایجاد فرکانس‌های پایین در منحنی‌ها، نشان می‌دهد.

- از انجام رکوردگیری در بالای ساختمان‌هایی نظیر پارکینگ ماشین، لوله‌ها، درپوش‌های فاضلاب و غیره خودداری گردد.

و- شرایط جوی:

- باد: سنسور باید از در معرض قرار گرفتن بادهای با سرعت بیش از ۵ متر بر ثانیه حفاظت شود. این کار فقط در حالتی که هیچ سازه‌ای در اطراف وجود نداشته باشد می‌تواند کمک کند. علاوه بر اینکه که خود پارامتر باد در شرایط وزش شدید می‌تواند تاثیر زیادی بر روی نتایج با ظهور دامنه‌های غیر طبیعی در فرکانس‌های پایین، داشته باشد، در شرایط وزش‌های با شدت پایین‌تر هم، نوع زمینی که سنسور بر روی آن قرار گرفته، می‌تواند بر تشدید کردن اثر باد موثر باشد (شکل ۳-۸).

- باران: از انجام رکوردگیری در شرایط بارندگی شدید باید اجتناب گردد. باران‌های جزئی تاثیر قابل توجهی ندارد.

- دما: سنسور باید در شرایط دمایی مطابق با تنظیمات کارخانه باشد.

- اختلالات جوی: اندازه‌گیری‌ها، در شرایط اختلالات جوی با فشار پایین انجام گردد.

ز- عوامل مختل کننده:

- عوامل مختل کننده مانا یا ممتد (Monochromatic Sources): از برداشت در نزدیکی ماشین

آلات ساخت و ساز، ماشین آلات صنعتی، پمپ‌ها، ژنراتورها و غیره اجتناب گردد.

- عوامل مختل کننده غیرمانا یا گذرا (Transients): در هنگام وقوع این عوامل نظیر قدم زدن و عبور ماشین‌ها باید مدت زمان اندازه‌گیری را افزایش داد، تا بعد از حذف پنجره‌های زمانی مربوط به این عوامل، پنجره‌های کافی جهت آنالیز وجود داشته باشد.

۳-۲-۵- فرضیات در نظر گرفته شده برای تفسیر طیف های H/V ترسیم شده

در منحنی‌های H/V حاصل از تفسیر داده‌های میکروترموور، چندین شکل ایجاد می شود که با دانستن علت ایجاد آن‌ها می‌توان بر صحت نتایج خود افزود. گروه تحقیقاتی سزامی (Sesame, 2004a) شکل‌های شایعی را در منحنی‌های H/V تشخیص داده‌اند که به طور کلی به قرار زیر هستند:

الف) - اوج‌های واضح و منشاء صنعتی

اغلب در نواحی شهری اتفاق می‌افتد که منحنی‌های H/V اوج‌های محلی کم عرضی را نشان می‌دهند. در اکثر موارد چنین اوج‌ها یک منشاء انسانی مربوط به انواعی از ماشین‌های صنعتی دارند. این اختلالات توسط دو ویژگی کلی شناخته می‌شوند:

- آن‌ها ممکن است در یک گستره‌ی قابل توجه وجود داشته باشند (به عبارت دیگر آن‌ها می‌توانند تا فواصل بیش از چندین کیلومتر از منشاء اندازه‌گیری شوند).

- از آنجا که منشاء کم و بیش ثابت است (حداقل در طول ساعت‌های کاری)، طیف خام (نرم نشده) باید اوج‌های واضحی را نشان دهد.

در این مورد توصیه‌های زیر پیشنهاد گردیده است:

- به طیف‌های خام هر پنجره، ویژه مشاهده شود. اگر تمامی آن‌ها یک اوج واضح (اغلب هر سه مولفه با یکدیگر) نشان دهند، در این فرکانس ویژه، احتمال ۹۵ درصد وجود دارد که این «ارتعاش محیطی‌ای»

است که توسط منشا انسانی متأثر شده است و نباید در تفسیر در نظر گرفته شود.

- بررسی دیگر شامل پردازش دوباره با نرم‌کنندگی کمتر است. در مورد منشاء صنعتی، منحنی‌ها با کم‌تر شدن نرم‌شدگی واضح‌تر می‌شود و این در حالی است که این کار بر روی اوج به دست آمده در اثر ساختگاه اثری ندارد. در واقع در اینجا ما باید پهنای باند تابع نرم‌کننده را کم‌تر کنیم.
- اگر اندازه‌گیری‌های دیگر در همان ناحیه انجام شده باشند، تعیین شود که آیا یک پیک در همان فرکانس‌ها با وضوح قابل‌قیاس وجود دارد. دامنه‌ی اوج مربوطه، حتی برای یک پارامتر نرم‌کننده‌ی ثابت ممکن است از یک ساختگاه به ساختگاه دیگر به طور قابل‌توجهی متفاوت باشد.

ب) - اوج‌های مشخص

اوج مشخص (Clear peak) زمانی است که منحنی یک اوج منفرد مشخص را نشان دهد. یعنی اینکه در باند فرکانسی دیگری، دامنه‌ی H/V دیگری که دارای همان خصوصیات باشد، وجود ندارد. که در این مورد دو حالت وجود دارد:

۱. اگر منشاء صنعتی وجود داشته باشد یا به عبارت دیگر طیف‌های خام اوج‌های واضحی را روی هر سه مولفه نشان دهد و با کاهش نرم‌کردن اوج‌ها واضح‌تر شوند، در این صورت فرکانس غالب به دست آمده معتبر می‌باشد.

۲. اگر $f_0 > f_{\text{sensor}}$ و منشاء صنعتی وجود نداشته باشد، در این حالت f_0 مورد قبول و بهترین حالت را دارا می‌باشد.

ج) - اوج‌های نامشخص پایین فرکانس

علت ایجاد اوج‌های نامشخص، در فرکانس‌های پایین یکی از احتمالات زیر می‌تواند باشد:

- یک ساختگاه پایین فرکانس، با تمایز امپدانس متوسط (تقریباً کم‌تر از ۴) در عمق.
- وزش باد در هنگام برداشت به ویژه در کنار درختان و ساختمان‌های بلند که اثر باد را تشدید می‌کنند.

- انتخاب پارامترهای نامناسب نرم‌کننده در هنگام پردازش داده‌های میکروترمورها البته تمایز این احتمالات از یکدیگر کار مشکلی است. ولی آزمون‌هایی در این خصوص وجود دارد که به ما در تشخیص اینکه کدام یک از اوج‌های داده شده ناشی از ساختگاه می‌باشد، کمک می‌کند که شامل موارد زیر است:

۱. زمین شناسی ساختگاه بررسی شود. در این صورت اگر ساختگاه مدنظر ما یک ساختگاه سنگی باشد، در این صورت اوج مبهمی که در فرکانس پایین ایجاد شده، نماینده اوج ساختگاه نیست.
۲. اگر بر روی ساختگاه خاکی باشد، ایجاد اوج در فرکانس‌های پایین ممکن است یا در اثر وجود لایه-های خیلی نرم سطحی یا رسوبات سخت ولی با ضخامت زیاد باشد. در این حالت با توجه به اینکه رسوبات نرم به خاطر اختلاف مقاومت (امپدانس) بالا، منجر به ایجاد اوج کاملاً واضحی در فرکانس-های پایین می‌شوند، بنابراین به احتمال زیاد این اوج‌های مبهم در فرکانس پایین در هنگام برداشت بر روی ساختگاه خاکی، ناشی از رسوبات سخت و ضخیم می‌باشد.
۳. با انتخاب پهنای باند مناسب و پارامتر نرم‌کنندگی کم‌تر، اگر وضوح و ثبات اوج پایین فرکانس بهبود یابد، به احتمال زیاد اوج ایجاد شده نشان‌دهنده‌ی اثر ساختگاه است.

د- اوج‌های گسترده و چندین اوج

در مواردی این چنینی که منحنی H/V یک اوج پهن یا چندین اوج را نشان می‌دهد، اولین کار بررسی با تغییر دادن پارامترهای نرم‌کننده است. در مورد اوج پهن باید پهنای باند نرم‌کننده باید کاهش یابد و در مورد چندین اوج افزایش یابد. در مورد چندین اوجی بودن منحنی بررسی مهم دیگری که می‌توان انجام داد، بررسی منشاء احتمالی هر موج است. البته با توجه به تبدیل شدن منحنی چنداوجی به منحنی‌های مسطح در اثر پارامترهای نرم‌کنندگی، در مورد این نوع اوج، استفاده از پارامترهای نرم‌کننده زیاد توصیه نمی‌شود و بهتر است که برداشت تکرار گردد.

ه) - موارد دو اوجی

بررسی‌های عددی و نظری، چنین وضعیتی را برای دو تمایز امپدانسی (مقاومت) بزرگ (برای هر کدام حداقل ۴)، در دو مقیاس متفاوت، یکی برای ساختار ضخیم و دیگری برای یک ساختار کم‌عمق نشان می‌دهند. در فرکانس، f_0 و f_1 ($f_0 > f_1$) ممکن است به عنوان ویژگی‌های هر مقیاس تفسیر شوند و f_0 فرکانس بنیادی در نظر گرفته می‌شود. در هنگام ایجاد منحنی H/V با دو اوج، آزمون-های زیر جهت بررسی، توصیه می‌شود:

۱. زمین‌شناسی ساختگاه و احتمال وجود نهشته‌های نرم و کم‌عمق، رسوبات نسبتاً سخت و ضخیم و پی‌سنگ زیرین خیلی سخت در عمق.

۲. داده‌ها با دیگر پارامترهای نرم‌کردن دوباره پردازش شوند. اگر اوج‌ها، در نرم‌کردن کم‌تر یا بیشتر ثابت بمانند، می‌توان احتمال اینکه یکی از این اوج‌ها (معمولاً در فرکانس بالاتر) منشاء صنعتی داشته باشد را، بررسی نمود. با مشاهده‌ی طیف‌های ترسیم شده در بعضی نقاط، دو اوج واضح نشان داده می‌شود، و همان‌طور که ذکر شد، اوج دوم، منطبق با فرکانس بالاتر، که نرم‌افزار به عنوان نقطه‌ی اوج در نظر گرفته، یقیناً متأثر از زمین‌شناسی منطقه نیست و صحیح نمی‌باشد. در این حالت به طور تجربی اوج اول به عنوان فرکانس اصلی در نظر گرفته می‌شود.

۳-۳- مثالهایی از ارزیابی اثرات ساختگاهی با میکروترموورها در ایران و جهان

جدی‌ترین استفاده از این داده‌ها متعلق به ناکامورا بود. وی مطالعات خود را پیرامون میکروترموورها از سال ۱۹۸۶ آغاز کرد و در سال ۱۹۸۹ نظریه معروف خود، درباره‌ی به‌کارگیری ریزارتعاشات جهت برآورد اثر ساختگاه را ارائه نمود. او با ارائه نظرات خود شامل اولاً، طیف‌های منشاء ثبت شده بکر هستند و ثانیاً این که با تقسیم طیف مولفه‌ی افقی به مولفه قائم میکروترموورها در همان ساختگاه، توانست در عمل بزرگترین چالش در به‌کارگیری روش میکروترموورها، یعنی جداکردن اثرات منشاء

منشاء از اثرات ساختگاهی را مرتفع سازد (Nakamura, 1989). در سال‌های اخیر در نقاط مختلف جهان و ایران نیز از میکروترموورها برای ارزیابی اثرات ساختگاهی نیز استفاده شده است، که در ادامه به نمونه‌هایی از این مطالعات اشاره می‌شود. یونچا و لوزون (Al Yuncha & Luzon, 2000) از روش نسبت طیفی مولفه‌ی افقی به عمودی میکروترموورها در حوضه‌های رسوبی (Sedimentary basin) استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که روش نسبت طیفی مولفه‌ی افقی به عمودی میکروترموورها (HVSr) در جاهایی که اختلاف امپدانس (مقاومت) کمی بین حوضه‌ی رسوبی و سنگ بستر وجود دارد، می‌تواند فرکانس غالب محلی خوبی را فراهم آورد. گالیپولی (Gallipoli, 2004a) طی ارزیابی اثرات خاک و سازه بر روی خرابی‌های حاصل از زمین‌لرزه، از مشاهدات روش نسبت‌های طیفی مولفه‌ی افقی به عمودی میکروترموورها (HVSr) استفاده کرد و به این نتیجه رسید که این روش تخمین خوبی را از فرکانس طبیعی ساختمان‌ها به دست می‌دهد و بدین وسیله دریافت که پاسخ زمین به شدت، تحت تاثیر سازه‌های مجاور خود است. وی در این تحقیق، برجی به نام «برج آب» در شهر Macerats در ایتالیا را در نظر گرفت و مشاهده نمود که اثر سازه در فاصله‌ی دو برابر ارتفاع آن، بر روی زمین باقی مانده است. و در نهایت بیان نمود که این یافته‌ها در تعیین پریودهای سازه در مطالعات ریزپهنه‌بندی بسیار مهم است. جرج گونزالس و همکاران (Gonzalez et al., 2003) طی ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین‌لرزه شهر Cariaco (۱۹۹۷) در ونزوئلا از داده‌های میکروترموور و آنالیز آن‌ها به روش ناکامورا، برای تعیین خصوصیات رسوبات کواترنری که به طور کامل منطقه را پوشانده بود، استفاده کردند و پریود غالب و فرکانس تشدید را در منطقه محاسبه نمودند. ارجین و همکاران (Ergin et al., 2004) برای محاسبه ضریب تقویت ساختگاه در زلزله ازمیت (۱۹۹۹، $M_w=7.4$) ترکیه از داده‌های میکروترموور و آنالیز آن‌ها به روش نسبت طیفی مولفه افقی به عمودی استفاده کردند و سپس آن را با نسبت طیفی استاندارد مقایسه نمودند. آن‌ها در این مقایسه به تطابق خوبی در این زمینه دست یافتند و به این نتیجه رسیدند که در هر دو روش

اندازه‌گیری‌های میکروترموتر تخمین‌های خوبی از تقویت را برای فرکانس‌های بالاتر از ۱ هرتز در هر سایت به دست می‌دهد، اما در شناسایی ضریب تقویت ساختگاه در فرکانس‌های پایین تر از یک هرتز دچار خطا می‌شود. لوسیا لوزانو و همکاران (Lucia-lozano, 2008) ارزیابی اثرات ساختگاهی را برای بخش‌های مرکزی مکزیکوسیتی انجام دادند و برای این ارزیابی از داده‌های میکروترموتر و آنالیز آن با تکنیک های H/V و SSR کمک گرفتند و تاثیر منابع مختلف، مثل عمق، فاصله، نوع و آزیموت را بر اثرات ساختگاهی، در آکاپولکو و دره مکزیکو انجام دادند. موندپی (Mundepi, 2010) طی ارزیابی اثرات ساختگاهی شهر دهلی نو در هندوستان، از آنالیز داده‌های میکروترموتر به روش ناکامورا (H/V) استفاده کرد و از این طریق مشخصات خاک را تعیین کرد و در نهایت فرکانس رزونانس (تشدید) را به دست آورد. گوسار (Gosar, 2010) مطالعه‌ی اثرات ساختگاهی و پاسخ بین خاک و سازه را در شهر Kobarid در شمال غربی کشور اسلونی، انجام داد. این کار به دلیل مورد تخریب قرار گرفتن این شهر، در سلسه زمین‌لرزه‌های در بازه‌ی سال‌های ۱۹۷۷ تا ۱۹۷۸ و زمین‌لرزه-ی اخیر آن در سال ۲۰۰۴ در کوهستان Km بود که باعث تخریب شهر با شدت VII شد. وی برای این کار از روش نسبت طیفی مولفه‌ی افقی به عمودی میکروترمورها (HVSR) جهت تعیین فرکانس غالب و ضریب تقویت استفاده کرد. وی به دلیل نداشتن اطلاعات لازم از خصوصیات ژئوتکنیکی رسوبات نرم حوضه‌ی Kobarid از داده‌های میکروترموتر استفاده کرد و به این نتیجه رسید که در نبود اطلاعات ژئوتکنیکی کافی، میکروترمورها ابزار خوبی برای تعیین خصوصیات ساختگاه و تعیین پارامترهای آن، یعنی فرکانس غالب و ضریب تقویت می‌باشند. کوکار و آگگون (Kockar & Akgun, 2012) برای مطالعه‌ی پاسخ ساختگاه و تعیین خصوصیات آن، در شهر آنکارا پایتخت کشور ترکیه، از اندازه‌گیری نویزهای کوتاه پریود (میکروترموتر) استفاده کردند. آن‌ها برای این کار در ۳۵۲ نقطه داده‌های میکروترموتر در درون مخروط‌افکنه‌های به سن پلیوسن- پلیوستوسن و رسوبات کواترنری انجام دادند. روش نسبت طیفی مولفه‌ی افقی به عمودی برای تخمین فرکانس غالب و

فصل سوم: ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین‌لرزه‌ها با استفاده از میکروترمورها

ضریب تقویت مورد استفاده قرار گرفت. در این مطالعه اندازه‌گیری‌های میکروترمورها برای ارزیابی با اطلاعات لرزه‌خیزی، دینامیکی، زمین‌شناسی و اطلاعات ژئوتکنیکی مربوط به چاه‌های اکتشافی انطباق داده شد. آن‌ها بیان نمودند که نتایج H/V تطابق نسبتاً خوبی را بین نقشه‌ی تغییرات پرپود با اطلاعات مذکور نشان می‌دهد و می‌تواند فراهم کننده‌ی یک تخمین قابل اعتماد از پاسخ ساختگاه باشد. به دنبال آن در ایران پژوهش‌های زیادی در این زمینه انجام شده است که به آن می‌پردازیم. کمک‌پناه و همکاران (۲۰۰۲) در پژوهشی با عنوان «طبقه‌بندی اثرات ساختگاهی در مرکز و شرق ایران»، از آنالیز داده‌های میکروترمورها به روش نسبت طیفی مولفه‌ی افقی به عمودی (HVSr) بهره بردند. آن‌ها در تحقیق خود به تطابق خوب، بین روش‌های تئوری و آنچه که در روش HVSr در مورد فرکانس غالب در هر سایت به دست می‌آید پی بردند. به‌علاوه دریافتند که سازگاری خوبی بین فرکانس حاصل از روش HVSr (F_{HVSr}) و فرکانس حاصل از حرکت نیرومند زمین (F_{seis}) وجود دارد و بیان نمودند که این نتایج معتبر بودن تکنیک HVSr را برای تخمین فرکانس غالب ساختگاه و طبقه‌بندی آن، ثابت می‌کند. جعفری و همکاران (۲۰۰۵) طی ارزیابی اثرات ساختگاهی زلزله‌ی شهر بم (۱۳۸۲) برای محاسبه ضریب تقویت ساختگاه، علاوه بر مطالعات زمین‌شناسی، از داده‌های ژئوفیزیکی، میکروترمورها و اندازه‌گیری پس‌لرزه‌ها بهره بردند. لشگری‌پور و همکاران (۱۳۸۵) طی تحقیقی بر روی زلزله بم (۱۳۸۲) فرکانس غالب حاصل از پروفیل‌های لرزه‌ای را با فرکانس غالب حاصل از نسبت طیفی مولفه افقی به عمودی میکروترمورها، مقایسه نمودند و به نتایج قابل قبولی دست یافتند و بیان نمودند که در صورت عدم وجود اطلاعات دقیق ژئوتکنیکی در یک منطقه، این روش، روشی مناسب برای تخمین فرکانس غالب می‌باشد. غفوری و همکاران (۱۳۸۶) برای ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین‌لرزه، از داده‌های میکروترمورها استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که روش اندازه‌گیری و تحلیل داده‌های میکروترمورها یک روش کم هزینه و کارآمد، جهت ارزیابی خطر لرزه‌ای است. آن‌ها بیان نمودند که این روش جهت تعیین اثرات ساختگاه در نواحی دارای فعالیت لرزه‌ای کم

و متوسط با سطح پایین جنبش‌های ثبت شده زمین و به‌خصوص در مناطق شهری که سطح نوفه بالاست، مفید می‌باشد. حافظی مقدس و قائم‌مقامیان (۱۳۸۸) طی ارزیابی ضخامت آبرفت در شهر مشهد که از الزامات اثرات ساختگاهی است، از روش‌های نسبت طیفی میکروترموورها و تئوری خطی معادل کمک گرفتند و به این نتیجه رسیدند، پیوند تشدید برآورد شده از هر دو روش، تنها در برخی نقاط که حفاری ژئوتکنیکی تا سنگ کف زمین‌شناسی ادامه یافته، هم‌خوانی مناسبی دارد و در سایر نقاط اختلاف نسبتاً زیادی را نشان می‌دهد.

۳-۴- جمع‌بندی نتایج مطالعات انجام گرفته

مطالعات انجام گرفته در ایران و نقاط مختلف جهان نشان داد که زمین‌شناسی محلی ساختگاه می‌تواند اثر بسیار زیادی بر روی تقویت امواج زلزله و در نتیجه تشدید خرابی‌ها داشته باشد؛ که به این اثر، اثر ساختگاه (Site effect) می‌گویند که دارای دو جنبه‌ی اثر رسوبات سطحی و اثر توپوگرافی است. به طوری که گزارش زمین‌لرزه‌های مهم نشان داد که رسوبات نرم سطحی باعث گیرافتادن امواج و اغتشاش در محیط و نهایتاً باعث بروز پدیده تشدید (Resonance) می‌شوند و درمورد اثر توپوگرافی اغلب پس از وقوع زمین‌لرزه‌های مخرب در نقاطی که توپوگرافی سطحی زمین ناهموار و پر از تپه است، اینگونه گزارش شده است که ساختمان‌های واقع در بالای تپه‌ها نسبت به آن‌هایی که در پای تپه‌ها قرار دارند، دچار خسارت بیشتر و شدیدتری شده‌اند و مطالعات تجربی و عددی نشان داده است که مقادیر ضریب تقویت در نوک کوه‌ها و تپه‌ها بزرگتر بوده و در ته دره‌ها کاهش می‌یابد و نتایج مشاهده شده با نتایج به دست آمده از تئوری، مطابقت خوبی دارند. بر اساس مطالعات انجام شده، روش‌های مختلفی برای ارزیابی اثرات ساختگاهی در بین دانش‌پژوهان مورد استفاده قرار گرفته؛ ولی در میان آن‌ها استفاده از روش اندازه‌گیری‌های میکروترموور به دلیل ارزانی تجهیزات و همچنین سهولت عملیات، سرعت عمل و عدم تخریب، محبوبیت فراوانی یافته است. در ادامه‌ی مروری بر

ادبیات این موضوع، مشخص گردید که روش‌های ارزیابی اثرات ساختگاهی بر اساس میکروترمورها به دو دسته‌ی کلی روش ساختگاه مرجع (H_s/H_r) و روش نسبت طیفی مولفه‌ی افقی به عمودی (H/V) تقسیم بندی می‌شود. در روش ساختگاه مرجع، نیاز به این بود که اندازه‌گیری‌ها به طور همزمان در روی یک مرجع سنگی که نباید فاصله‌ی زیادی به دلیل جلوگیری اثر مسیر، از ساختگاه مدنظر داشته باشد و خود متاثر از اثر توپوگرافی نباشد و روی رسوبات انجام گیرد. بنابراین در این روش پیشنهاد گردید که لازمست که نقطه‌ی مرجع بستر سنگی، بر روی یک سطح صاف و هموار قرار داشته باشد و حداقل به اندازه‌ی دو برابر بعد افقی منطقه‌ی توپوگرافی از آن فاصله داشته باشد. و بعد مشخص شد که در عمل برآوردن نیاز فوق کار خیلی سختی است، به این دلیل که یا سطح صاف در نزدیکی بستر سنگی، به وسیله رسوبات پوشیده شده است و یا اینکه متاثر از اثر توپوگرافی می‌باشد. بنابراین محققان به این نتیجه رسیدند که نیاز به روشی است که به ساختگاه مرجع نیاز نداشته باشد و بنابراین ابتدا نوگوشی و ایگاراشی (Nogoshi & Igarashi, 1970)، روش نسبت طیفی مولفه افقی به قائم (H/V) را پیشنهاد دادند و با استفاده‌ی ناکامورا (Nakamura, 1989) از این روش برای تعیین اثرات ساختگاهی، عمومیت بیشتری یافت. در ادامه محققان زیادی از این روش برای تعیین خصوصیات ساختگاه استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که روش نسبت طیفی مولفه‌ی افقی به قائم میکروترمورها، در مناطقی با لرزه‌خیزی متوسط و پایین، به دلیل تشابه زیاد طیف پاسخ حاصل از میکروترمورها با رکوردهای جنبش نیرومند زمین و در شرایطی که اطلاعات ژئوتکنیکی و لرزه‌خیزی کافی از منطقه وجود ندارد، روش کارآمدی برای تعیین پارامترهای ساختگاه (فرکانس غالب و ضریب تقویت) می‌باشد. در تحقیق حاضر برای ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین‌لرزه‌ها در شهر طبس، از روش نسبت طیفی مولفه‌ی افقی به قائم میکروترمورها (H/V) که به روش ناکامورا معروف است، استفاده گردید.

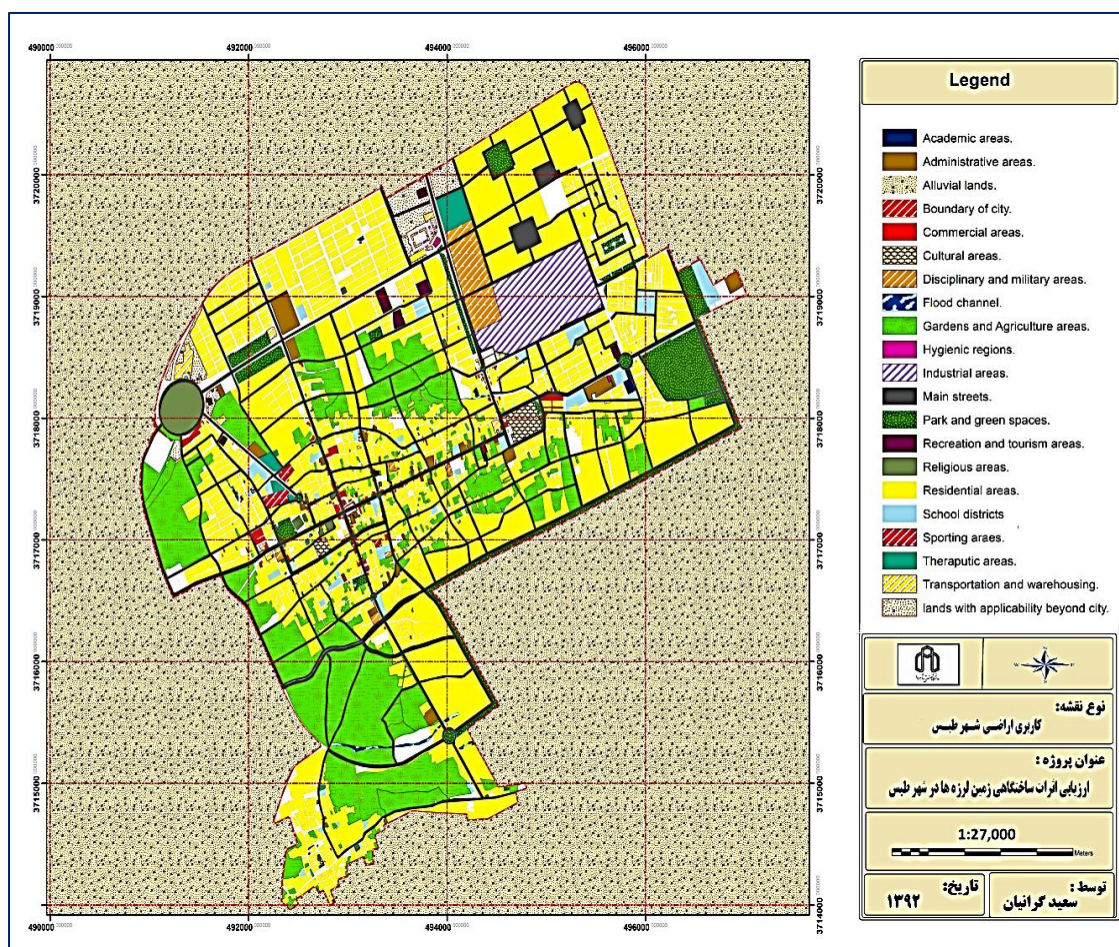
فصل چهارم

تحلیل اثر ساختگاه و طبقه بندی لرزه‌ای آبرفت در

گستره‌ی شهر طبس

۴-۱- معرفی محدوده‌ی مورد مطالعه

بر اساس طرح پژوهشی توسعه و عمران جامع شهر طبس (۱۳۹۰)، محدوده‌ی مورد مطالعه مساحتی بالغ بر ۱۷۸۹۸۸۹ متر مربع می‌باشد. در این طرح، در مجموع در محدوده‌ی مذکور ۱۸۰۵۲ قطعه برداشت گردید که از این تعداد ۹۴۰۳ قطعه به مساحت ۱۳۵۲۴۲۵ متر مربع مربوط به مناطق مسکونی می‌باشد و ۷۵.۵۶ درصد از مساحت محدوده‌ی مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است (پیوست- ۲). بر اساس اطلاعات مذکور، در این مطالعه نقشه‌ی کاربری اراضی شهر طبس مطابق شکل (۴-۱) ترسیم گردید.



شکل (۴-۱)- نقشه‌ی کاربری اراضی محدوده‌ی شهر طبس

۴-۲- داده‌های موجود از منطقه

با توجه به اینکه تنها مطالعه‌ی مدون در خصوص ژئوتکنیک لرزه‌ای شهر طبس، که موضوع اثرات ساختگاهی زیرمجموعه‌ای از این رشته می‌باشد، مربوط به طرح پژوهشی ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای شهر طبس (ادیب و مهرنهاد، ۱۳۸۸) می‌باشد، لذا سعی گردید که از داده‌های ژئوتکنیکی و لرزه‌ای موجود در این طرح، جهت رسالت اصلی این مطالعه که همان تکمیل مطالعات گذشته است، استفاده گردد.

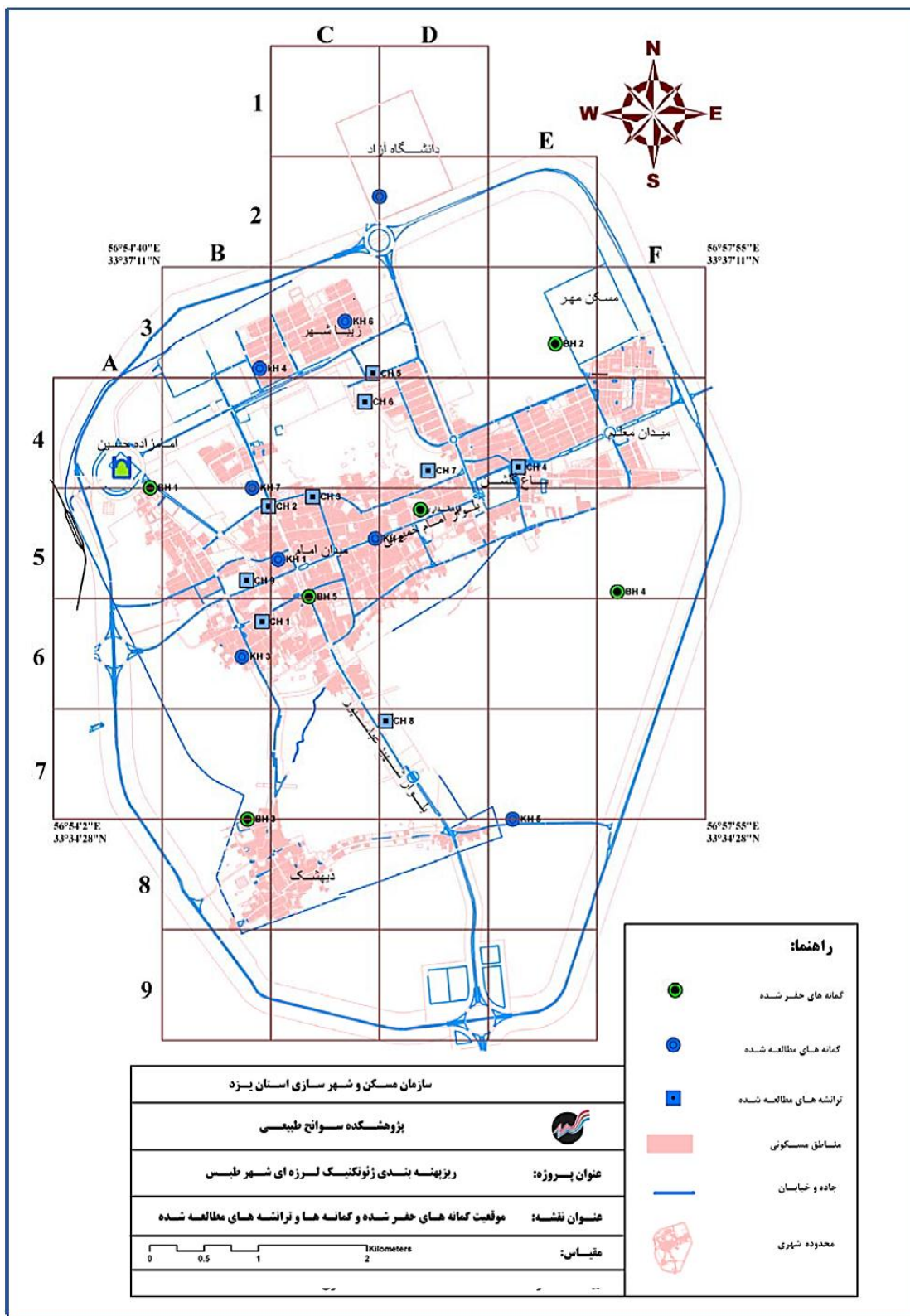
۴-۲-۱- داده‌های مربوط به گمانه‌های اکتشافی

در این طرح مطالعات درون گمانه‌ای، در ۵ چاه در محدوده‌ی شهری طبس و گمانه‌ی موجود در ساختمان فرمانداری (شکل ۴-۲)، صورت گرفت که شامل انجام آزمایش نفوذ استاندارد و تعیین سرعت موج برشی در هر لایه است که در ادامه داده‌ها و شکل لاگ حفاری مربوط به هر گمانه، به تفکیک می‌آید.

۴-۲-۱-۱- گمانه‌ی BH1

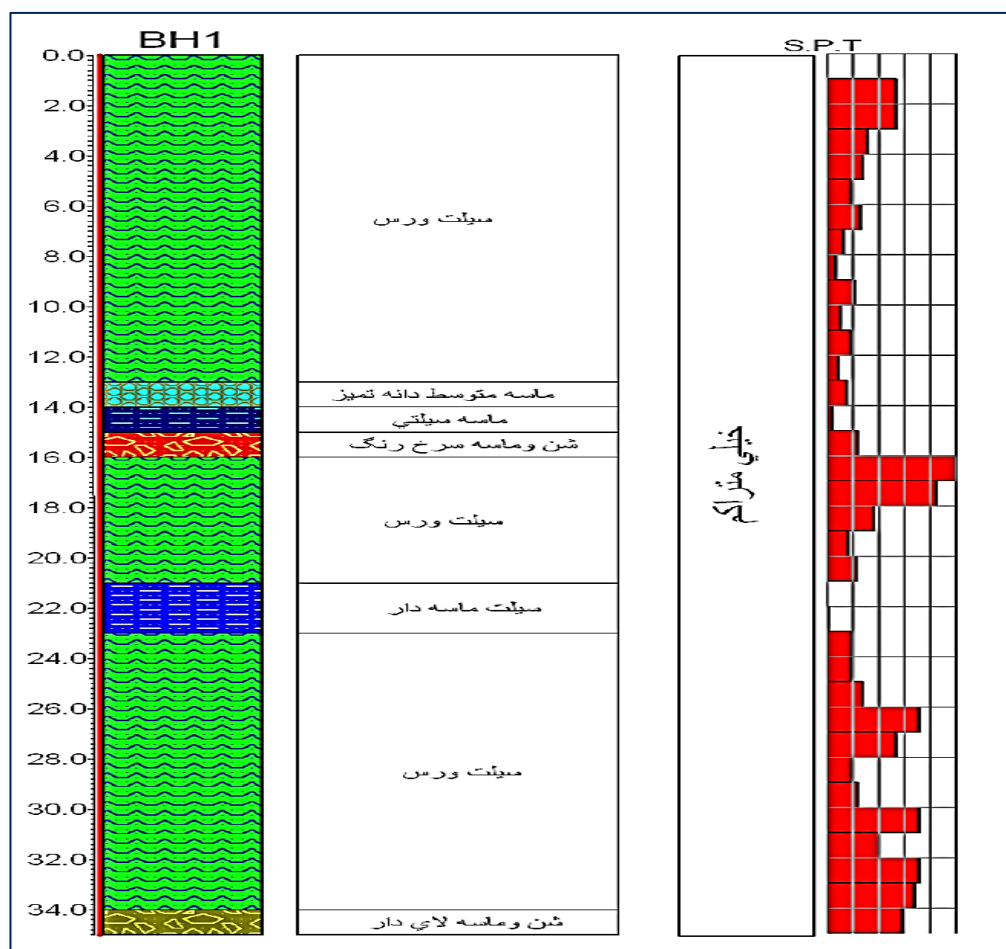
این گمانه در باغ جهاد کشاورزی واقع در بلوار امام رضا، جنب انبار جهاد کشاورزی در طول جغرافیایی $37^{\circ}54'56''$ و عرض جغرافیایی $33^{\circ}36'6''$ حفر شده است. محل حفر گمانه ۶۶۵ متر از سطح دریا ارتفاع دارد و حفاری تا عمق ۳۵ متری انجام شد (شکل ۴-۳). در مجموع درون این گمانه تعداد ۳۵ آزمون نفوذ مخروط S.P.T صورت پذیرفت و ۴۰ نمونه خاک از اعماق مختلف تهیه گردید. نتایج آزمایش نفوذ استاندارد، شرایط خاک خیلی متراکم را نشان داد. خشکی خاک و چسبندگی بودن آن در افزایش عدد S.P.T نقش بسزایی داشته است. بر اساس نتایج آزمون ژئوفیزیکی امواج نزولی و تفسیر صورت گرفته بر آن این گمانه از ده لایه‌ی لرزه‌ای به شرح جدول (۴-۱) تشکیل یافته است.

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس



شکل ۴-۲- موقعیت گمانه‌های حفر شده در گستره‌ی شهر طبس (ادیب و مهرنهاد، ۱۳۸۸)

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس



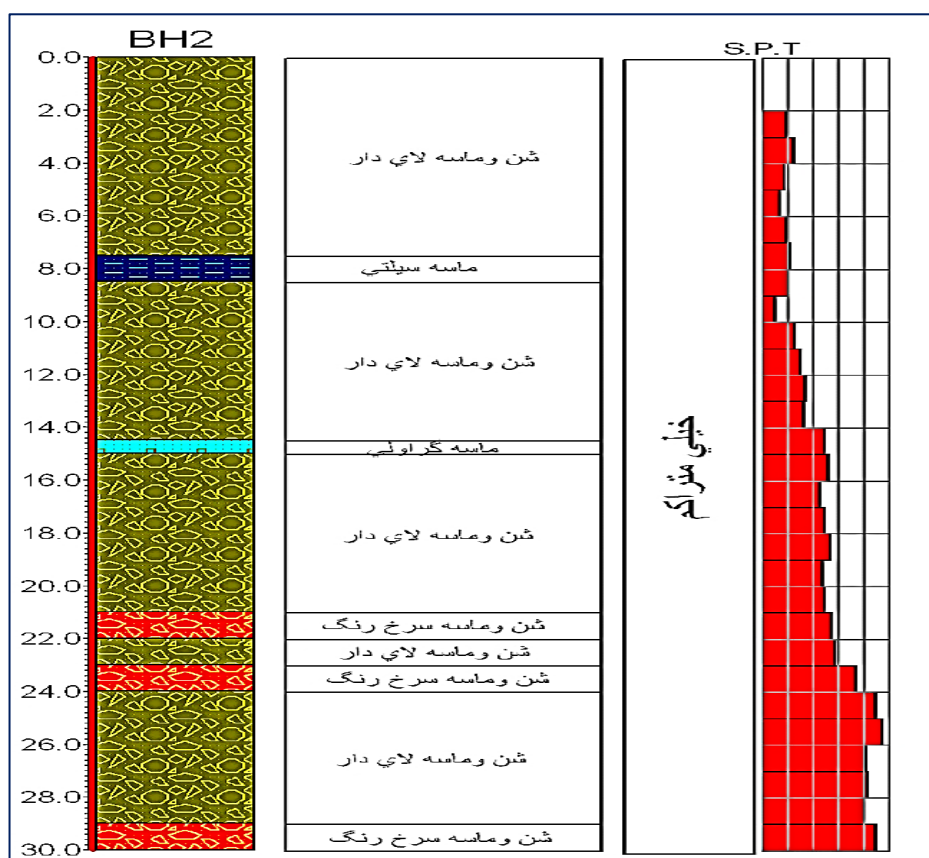
شکل ۳-۴- لاگ حفاری مربوط به گمانه‌ی باغ جهاد کشاورزی (ادیب و مهرنهاد، ۱۳۸۸)

۴-۱- مشخصات لرزه‌ای لایه‌های به دست آمده در گمانه جهاد کشاورزی (ادیب و مهرنهاد، ۱۳۸۸)

Layer	Thickness (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)
1	0 - 2	233	529
2	2 - 3	285.6	640
3	3 - 5	330	738
4	5 - 8	378.3	849
5	8 - 11	411.5	925
6	11 - 16	453	1007
7	16 - 18	486.3	1067
8	18 - 27	511.3	1114
9	27 - 29	536.63	1157
10	29 - 35	553.5	1184

۲-۱-۲-۴- گمانه‌ی BH2

این گمانه در پشت شرکت زغال‌سنگ طبس، جنب اراضی مسکن مهر، در طول جغرافیایی $56^{\circ}57'11''$ و عرض جغرافیایی $33^{\circ}36'48''$ که ۷۰۵ متر از سطح دریا ارتفاع دارد، حفر شده است. طی عملیات حفاری به ازای هر متر، آزمون نفوذ مخروط و تعیین چگالی خاک به همراه نمونه‌گیری صورت پذیرفت. غالب جنس این گمانه شن و ماسه جورنشده می‌باشد و تا ۳۰ متر حفر گردیده است (شکل ۴-۴). عدد S.P.T نیز با افزایش عمق، افزوده می‌شود و به صورت کلی شرایط خاک با تراکم خیلی زیاد را مشخص می‌کند. بر اساس نتایج آزمون ژئوفیزیکی امواج نزولی و تفسیر صورت گرفته بر آن، این گمانه از هشت لایه مطابق با جدول (۲-۴) تشکیل یافته است.



شکل ۴-۴- لاگ حفاری مربوط به گمانه‌ی شرکت زغال‌سنگ طبس (ادیب ومهرنهاد، ۱۳۸۸)

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

جدول ۴-۲) - مشخصات لرزه‌ای لایه‌های به دست آمده در گمانه شرکت زغال‌سنگ طبس (ادیب ومهرنهاد، ۱۳۸۸)

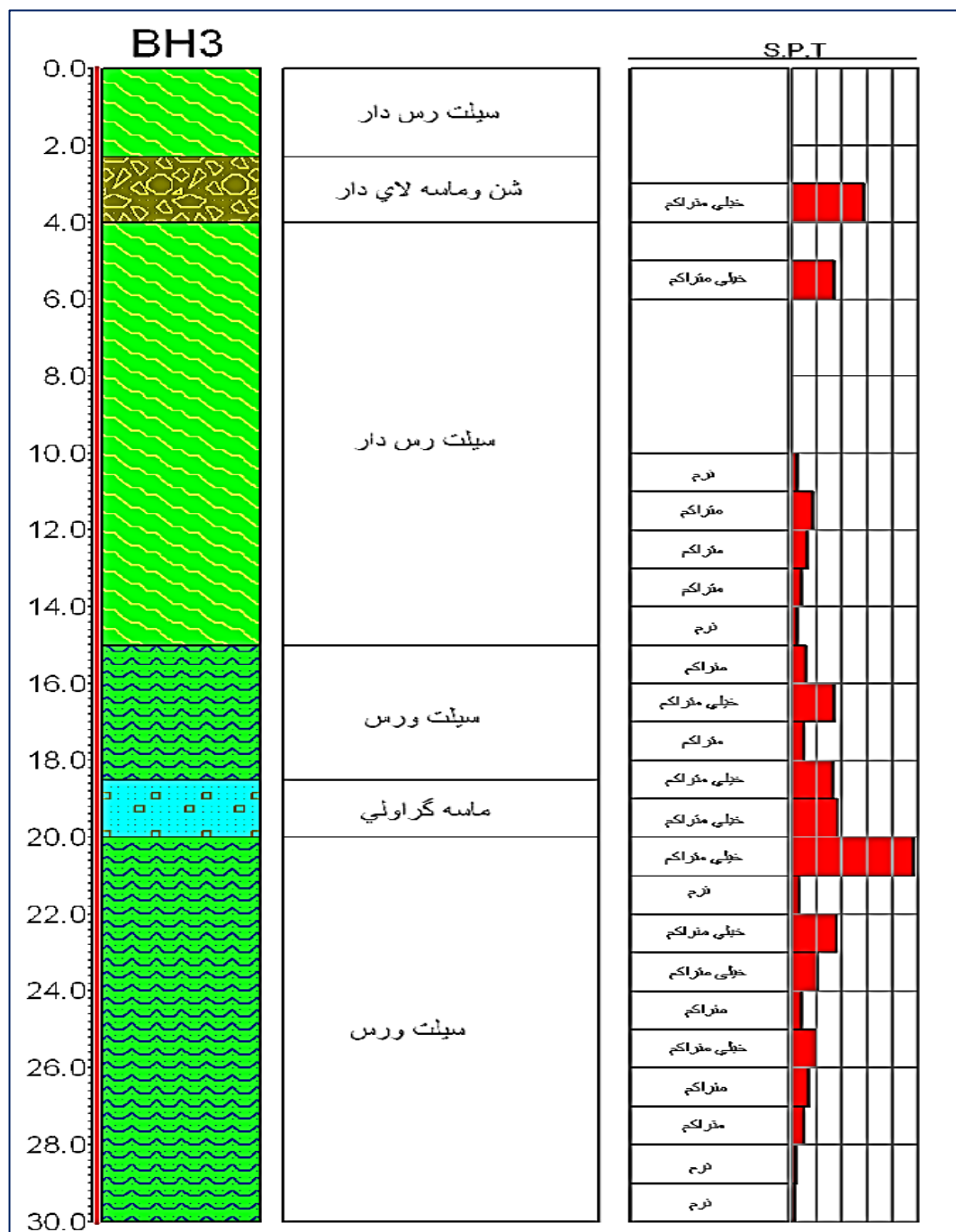
Layer	Thickness (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)
1	0 - 2	209	462
2	2 - 4	293	650
3	4 - 5	354.5	787
4	5 - 7	401	880
5	7 - 8	431.3	947
6	8 - 15	485.3	1054
7	15 - 24	569.13	1201
8	24 - 30	610.2	1269

۴-۲-۱-۳- گمانه‌ی BH3

این گمانه در بهرداری دیهشک پایین و در مختصات طول جغرافیایی $56^{\circ}55'19''$ و عرض جغرافیایی $33^{\circ}34'28''$ و در ارتفاع ۶۶۲ متر از سطح دریا قرار دارد و تا عمق ۳۰ متر حفر گردیده است (شکل ۴-۵). از عمق ۴ تا ۱۸/۵ متر جنس خاک عموماً سیلته‌ی است. از عمق ۴ تا ۱۵ متر یک لایه‌ی ضخیم سیلته‌ی نرم وجود دارد. نتایج آزمون S.P.T نیز تراکم پایین آن را مشخص می‌کند، به گونه‌ای که تراکم خاک را در حد متوسط معرفی می‌کنند. پس از آن، جنس خاک با حضور مقداری رس که باعث افزایش چسبندگی می‌شود، سبب افزایش تعداد ضربات نفوذ مخروط S.P.T شده است. مابین اعماق ۱۸/۵ تا ۲۰ متر یک لایه‌ی ماسه‌ای درشت‌دانه به همراه کمی ذرات شنی وجود دارد که با رنگ سرخ مجزا می‌شود. در عمق ۲۰ و ۲۲ متر آزمون نفوذ استاندارد، خاک با شرایط تراکمی بالا را نشان می‌دهد. اما در اعماق پایین‌تر شرایط تراکمی متوسط را نشان می‌دهد. در اعماق ۲۸ متر به پایین رطوبت خاک افزایش قابل توجهی یافته است که این به دلیل نزدیکی به سطح آب زیرزمینی (۳۲ تا ۳۳ متر در اطلاعات به دست آمده در چاه‌های پیژومتری) می‌باشد. به این دلیل کم‌ترین تعداد ضربات برای نفوذ مخروط در اعماق ۲۸ تا ۳۰ متری مشاهده می‌شود.

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

بر اساس نتایج آزمون ژئوفیزیکی امواج نزولی و تفسیر صورت گرفته بر آن، این گمانه از نه لایه‌ی لرزه‌ای به شرح جدول (۳-۴) تشکیل یافته است.



شکل ۴-۵- لاگ حفاری مربوط به گمانه‌ی بهداری دیهشک (ادیب و مهرنهاد، ۱۳۸۸)

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

۳-۴- مشخصات لرزه‌ای لایه‌های به دست آمده در گمانه بهداری دیهشک (ادیب و مهرنهاد، ۱۳۸۸)

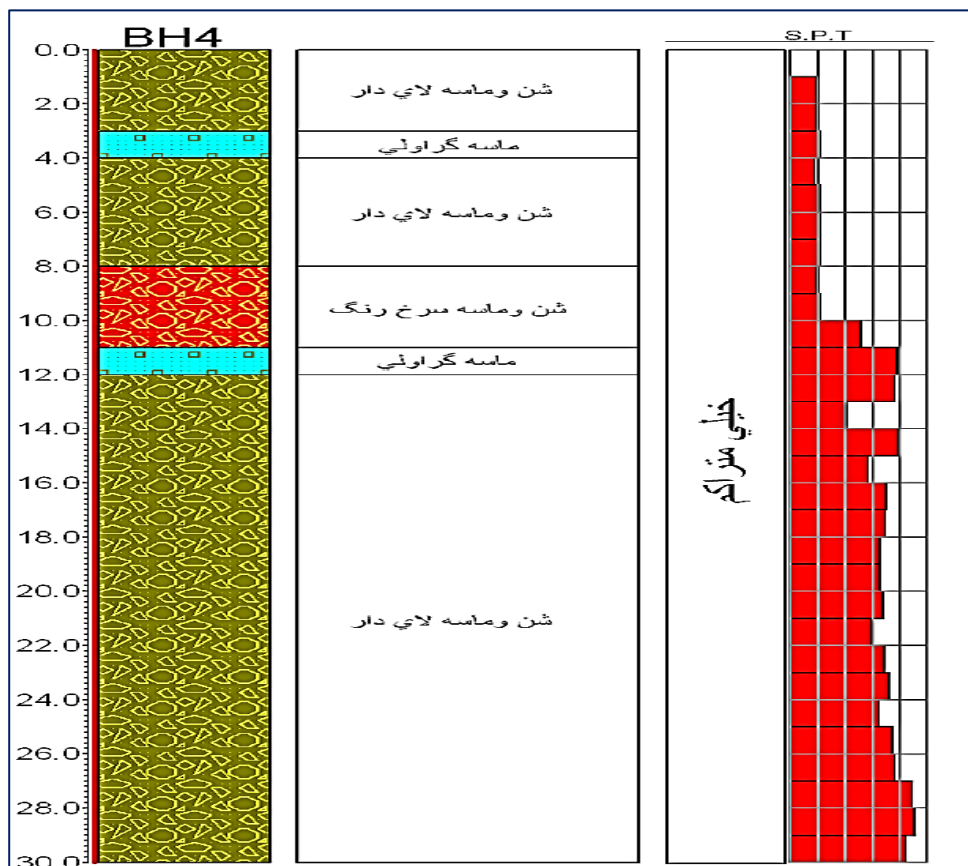
Layer	Thickness (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)
1	0 - 4	217	483
2	4 - 5	296.7	650
3	5 - 7	314.4	705
4	7 - 8	318.55	728
5	8 - 12	431.3	776
6	12 - 14	337	833
7	14 - 20	361.5	887
8	20 - 22	388	930
9	22 - 30	410.5	949

۴-۲-۱-۴- گمانه‌ی BH4

این گمانه در شرق محله سرآسیاب و در خارج از محدوده‌ی مناطق مسکونی در مختصات طول جغرافیایی $۵۶^{\circ}۵۷'۲۳''$ و عرض جغرافیایی $۳۳^{\circ}۳۵'۳۵''$ در ارتفاع ۷۰۰ متری از سطح دریا حفر شده است. این گمانه ۳۰ متر عمق دارد و لیتولوژی غالب آن را شن و ماسه جورنشده آبرفتی تشکیل می‌دهد (شکل ۴-۶). آزمون نفوذ استاندارد در طول کل گمانه شرایط تراکمی خیلی زیاد را نشان می‌دهد. براساس نتایج آزمون ژئوفیزیکی امواج نزولی و تفسیر صورت گرفته بر آن، این گمانه از هفت لایه لرزه‌ای، مطابق با جدول (۴-۴) تشکیل شده است.

۴-۴- مشخصات لرزه‌ای لایه‌های به دست آمده در گمانه سرآسیاب (ادیب و مهرنهاد، ۱۳۸۸)

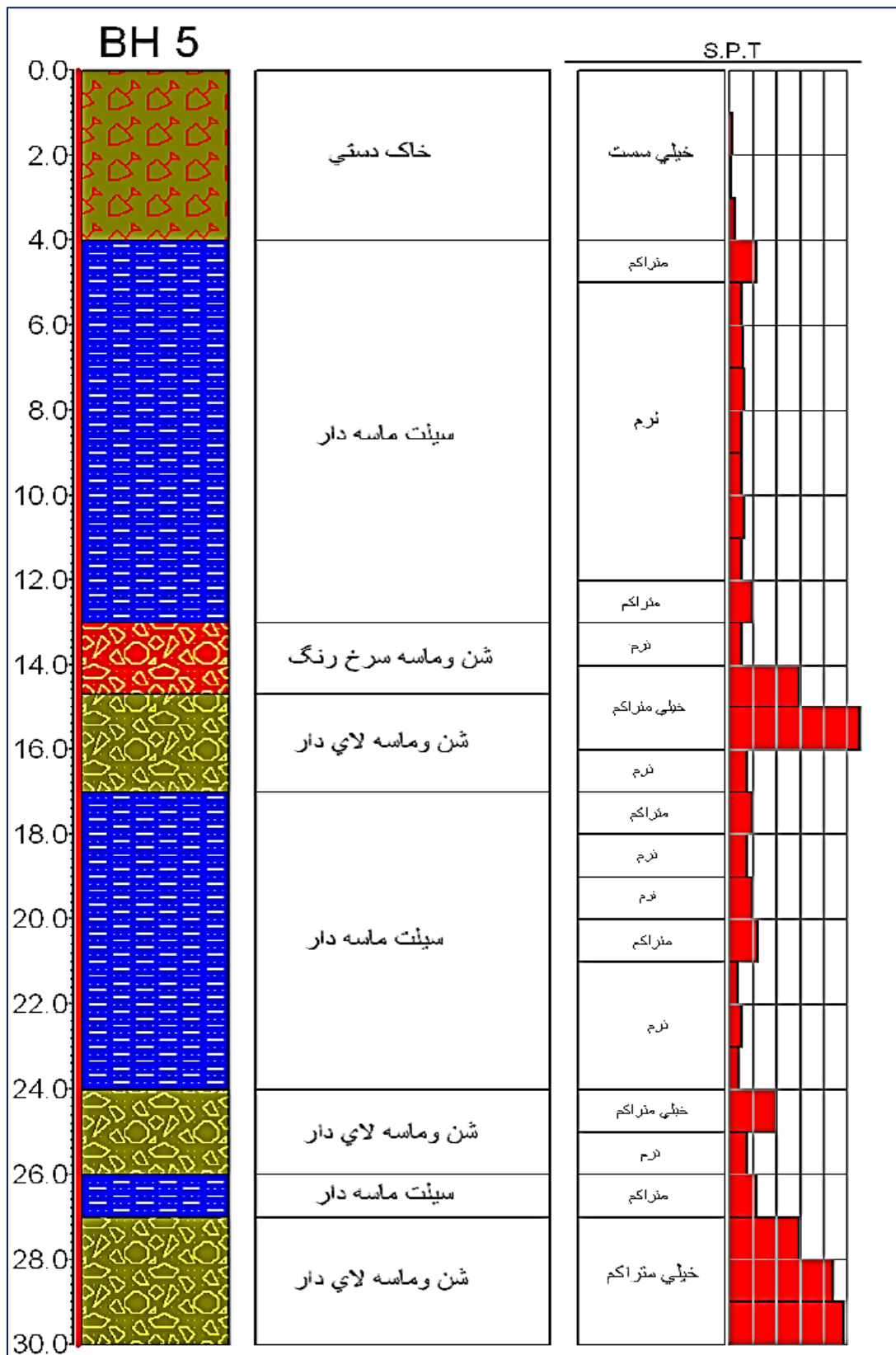
Layer	Thickness (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)
1	0 - 3	416.4	868
2	3 - 6	524	1088.75
3	6 - 10	604.54	1240
4	10 - 11	641.6	1307
5	11 - 12	642.75	1313.5
6	12 - 20	674.42	1371
7	20 - 30	730	1461



شکل ۴-۶- لاگ حفاری مربوط به گمانه‌ی سرآسیاب (ادیب و مهرنهاد، ۱۳۸۸)

۴-۲-۱-۵- گمانه‌ی BH5

این گمانه در انتهای پارکینگ شهرداری، درون کوچه‌ی قمریه واقع شده است. این گمانه در طول جغرافیایی $56^{\circ}57'23''$ و عرض جغرافیایی $56^{\circ}57'23''$ و در ارتفاع ۶۷۱ متری از سطح دریا، به عمق ۳۰ متر حفر گردیده است. چهار متر ابتدایی این گمانه متشکل از خاک‌های دستی بود که به نظر بر اثر پیر شدن یک سردآب (زیرزمین) قدیمی طی زلزله سال ۱۳۵۷ ایجاد شده است. آزمون نفوذ استاندارد مقادیر متغیری را در هر عمق مطابق شکل (۴-۷) نشان داد. براساس نتایج آزمون ژئوفیزیکی امواج نزولی و تفسیر صورت گرفته، مشخصات لرزه‌ای مربوط به هر لایه از این گمانه، به شرح جدول (۴-۵) می‌باشد.



شکل ۴-۷- لاگ حفاری مربوط به گمانه‌ی پارکینگ شهرداری (ادیب و مهرنهاد، ۱۳۸۸)

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

جدول ۴-۵-)- مشخصات لرزه‌ای لایه‌های به دست آمده در گمانه پارکینگ شهرداری (ادیب و مهرنهاد، ۱۳۸۸)

Layer	Thickness (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)
1	0 - 4	186	440
2	4 - 7	261	613
3	7 - 12	322	746
4	12 - 20	389	881
5	20 - 30	447	991

۴-۲-۱-۶- گمانه‌ی ساختمان فرمانداری

این گمانه درون فرمانداری طبس واقع می‌باشد و شرح آن در گزارش ژئوتکنیکی شبکه شتاب‌نگاری کشور که توسط مرکز تحقیقات مسکن و شهرسازی تهیه شده، آمده است. بر اساس این گزارش گمانه فرمانداری ۳۰ متر عمق دارد و از ۴ لایه‌ی اصلی لرزه‌ای تشکیل گشته است؛ که مشخصات ژئوفیزیکی آنها در جدول (۴-۶) آمده است.

۴-۶-)- مشخصات لرزه‌ای لایه‌های به دست آمده در گمانه فرمانداری

Layer	Thickness (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)
1	0 - 8	290	450
2	8 - 16	375	625
3	16 - 20	560	1120
4	20 - 30	800	-----

۴-۲-۲- داده‌های میکروترمور

در طرح ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای شهر طبس (ادیب و مهرنهاد، ۱۳۸۸)، در ۶۲ نقطه برداشت میکروترمور صورت گرفت و ۵۵ نقطه از آن در نتیجه‌گیری مورد استفاده قرار گرفت. پس از پردازش و تحلیل این تعداد داده، پارامترهای مربوط به اثر ساختگاهی به دست آمد که نتایج آن در جدول

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

(۷-۴) آمده است.

جدول (۷-۴) - پریود تشدید (T) و ضریب بزرگنمایی (H/V) و شاخص آسیب‌پذیری (Danger) آبرفت برآورد شده در کلیه نقاط برداشتی در شهر طبس (ادیب و مهرنهاد، ۱۳۸۸)

Station	X	Y	F(Hz)	H/V	T	Danger
A3	56.93300	33.62556	0.55	1.23	1.818182	2.750727
A4	56.91736	33.58515	1.4	1.3	0.714286	1.207143
A5	56.92071	33.5758	1	1.5	1	2.25
A6	56.92479	33.5669	0.7	4	1.428571	22.85714
AZ12	56.93282	33.62562	6.4	1.72	0.15625	0.46225
AZ13	56.93313	33.62574	1.7	14.8	0.588235	128.8471
AZ21	56.93317	33.6259	1.1	1.7	0.909091	2.627273
AZ22	56.93262	33.62566	10.3	1	0.097087	0.097087
AZ31	56.93327	33.62619	0.7	1.8	1.428571	4.628571
B2	56.92115	33.6044	0.7	3.3	1.428571	15.55714
B3	56.92538	33.59571	0.65	1.7	1.538462	4.446154
B4	56.92808	33.5871	0.6	2.48	1.666667	10.25067
B5	56.93142	33.57894	1.2	1.8	0.833333	2.7
BIM	56.91813	33.59865	11	1.4	0.090909	0.178182
C2	56.93063	33.60777	0.74	3.2	1.351351	13.83784
C3	56.93507	33.59958	0.6	1.9	1.666667	6.016667
C4	56.9383	33.59114	1.1	1	0.909091	0.909091
CD12	56.93418	33.61342	0.7	2.5	1.428571	8.928571
CD23	56.93499	33.60527	8.7	2.35	0.114943	0.63477
D1	56.93732	33.61886	0.7	5.5	1.428571	43.21429
D3	56.94521	33.60261	12	1.2	0.083333	0.12
DI10	56.92075	33.57956	0.68	2.8	1.470588	11.52941
DI11	56.9208	33.57615	0.7	4.2	1.428571	25.2
DI12	56.92052	33.57589	0.7	1.34	1.428571	2.565143
DI13	56.9209	33.57586	0.9	1.2	1.111111	1.6
DI21	56.9208	33.57615	0.7	2.7	1.428571	10.41429
DI22	56.92035	33.57581	1	1	1	1
DI23	56.92108	33.57574	0.7	3	1.428571	12.85714
DI30	56.92076	33.57596	0.7	1.3	1.428571	2.414286
DI31	56.92088	33.57658	0.6	3.5	1.666667	20.41667
DI32	56.92005	33.57571	1.2	1.4	0.833333	1.633333
DI33	56.92138	33.57558	0.7	1.2	1.428571	2.057143

ادامه‌ی جدول ۴-۷

DI91	56.94341	33.57423	0.6	1.3	1.666667	2.816667
DI92	56.95143	33.57536	10	1	0.1	0.1
DI193	56.958	33.584	10	1	0.1	0.1
DIPA	56.91899	33.56642	0.8	1.4	1.25	2.45
E3	56.95527	33.60554	10	1	0.1	0.1
E4	56.962	33.606	10	1	0.1	0.1
EM10	56.90829	33.60635	0.7	2.5	1.428571	8.928571
EM11	56.90852	33.6064	0.6	4.2	1.666667	29.4
EM13	56.90816	33.60617	13	1.2	0.076923	0.110769
EM20	56.90829	33.60635	0.6	3.2	1.666667	17.06667
EM21	56.9087	33.60643	0.7	3	1.428571	12.85714
EM23	56.90803	33.60603	14	1.3	0.071429	0.120714
EM30	56.90829	33.60635	0.6	3	1.666667	15
EM33	56.90901	33.60649	0.9	13	1.111111	187.7778
RAH	56.88974	33.61696	9	2.54	0.111111	0.716844
ZI10	56.92136	33.61123	0.6	1.9	1.666667	6.016667
ZI12	56.92117	33.61115	0.7	3	1.428571	12.85714
ZI20	56.92136	33.61123	0.6	3	1.666667	15
ZI22	56.92093	33.61111	0.7	3.5	1.428571	17.5
ZI30	56.92136	33.61123	0.6	2.2	1.666667	8.066667
ZI31	56.9215	33.61179	0.7	1.3	1.428571	2.414286
ZI32	56.92093	33.61111	0.7	2.7	1.428571	10.41429

۴-۳- خصوصیات ژئوتکنیکی محدوده‌ی مطالعاتی

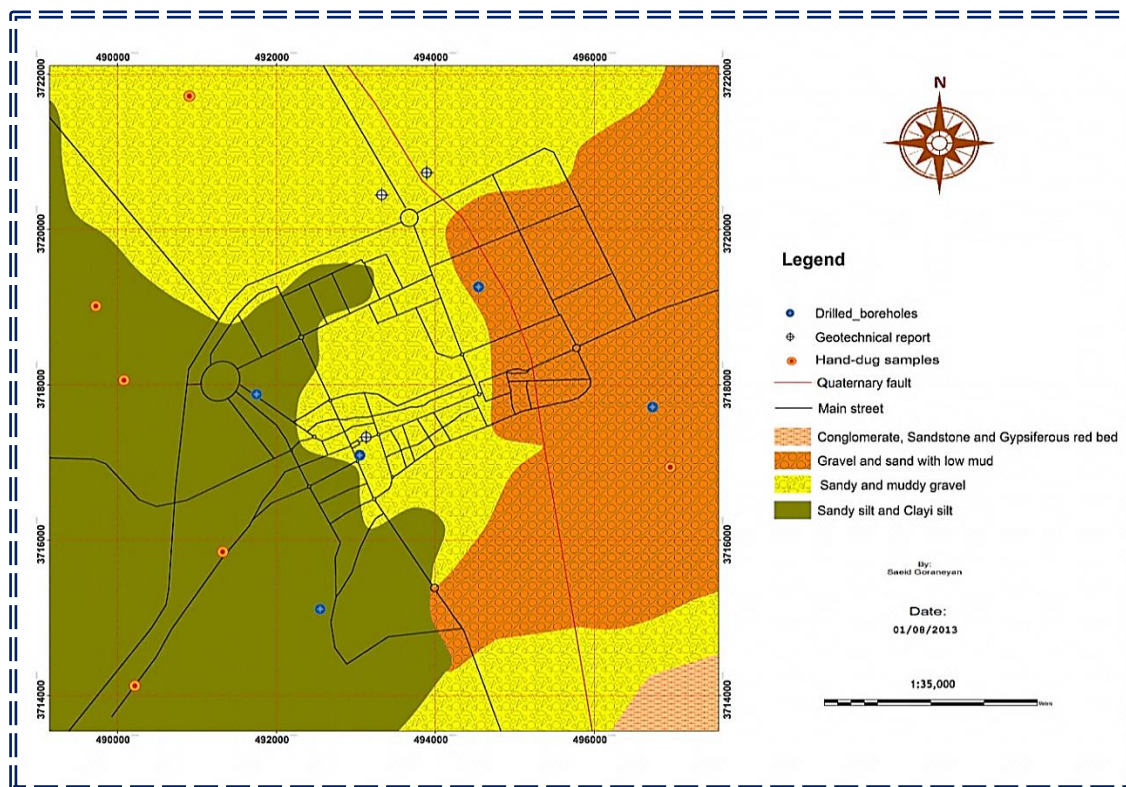
جهت بررسی خصوصیات ژئوتکنیکی شهر طبس، از اطلاعات مربوط به ۳ گزارش ژئوتکنیکی از پروژه‌های انجام شده در شهر طبس، گمانه‌های اکتشافی نامبرده در بالا مربوط به طرح ریزپهنه‌بندی، و همچنین اطلاعات به دست آمده در این مطالعه، مربوط به حدود ۵۰۰ چاه فاضلاب حفر شده به عمق ۲۰ متر در گستره‌ی شهر طبس و در حدود ۱۱ نمونه برداشت از بافت سطحی خاک که آزمایش

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

های دانه‌بندی و تعیین درصد سیلت و رس و شن و ماسه در آن انجام شده بود (پیوست - ۳)، استفاده گردید. با استفاده از این اطلاعات نقشه‌ی بافت خاک و مقاطع عرضی خاک‌شناسی ترسیم گردید. در نقشه‌ی بافت خاک محدوده‌ی در نظر گرفته شده، محدوده‌ای فراتر از گستره‌ی شهری طبس در نظر گرفته شد و مساحت آن ۷۳۶۶۲۴۶ مترمربع است. از این مساحت ۳۹۴۵۰۵۴ متر مربع یا به عبارتی ۵۳.۵۵ درصد آن مربوط به رسوبات ریز دانه (سیلت، رس) و ماسه و گراول با لای فراوان می‌باشد که این درصد مربوط به قسمت‌های غربی، جنوبی و شمال غربی است و رسوبات درشت دانه با لای کم مربوط به قسمت‌های شرقی و شمال شرقی است (شکل ۴-۸).

در مورد مقاطع خاک‌شناسی، همان‌طور که در شکل (۴-۹) دیده می‌شود، چهار مسیر که هم از لحاظ رسوب و هم از لحاظ مقادیر پرپود دارای بیشترین تغییرات می‌باشد، انتخاب گردید. در این مقاطع شش نوع رسوب سیلت و رس با تراکم پایین، متوسط و زیاد، شن و ماسه با تراکم پایین، متوسط و زیاد در نظر گرفته شد. در مورد تراکم، بر اساس دید کلی به دست آمده از نتایج آزمایش تعیین وزن مخصوص خاک در اعماق مختلف گمانه‌های طرح ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای شهر طبس (تنها اطلاعات مدون از میزان تراکم در گستره‌ی شهر طبس)، که تراکم را به صورت کیفی، در رده‌های خیلی متراکم، متراکم، نرم و خیلی سست ارائه نموده و لذا تغییرات میزان تراکم از مرکز به سمت جنوب، روند کاهشی و به سمت شرق روند افزایشی، ولی به سمت غرب و شمال دارای تغییرات اندک است و نیز بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده در حین حفر چاه‌های فاضلاب که به عنوان مثال برای یک لایه، اگر آن لایه با ابزار دستی (کلنگ) به راحتی حفر می‌شد، تراکم پایین، اگر با ابزار دستی به سختی حفر می‌شد، تراکم متوسط، و اگر برای حفر آن ناچار به استفاده از وسایل غیردستی (نظیر پیکور) بود، تراکم زیاد در نظر گرفته می‌شد، تصمیم‌گیری نهایی در مورد میزان تراکم لایه‌های چاه‌ها، جهت تهیه‌ی داده‌های موردنیاز نرم‌افزار Rockworks صورت گرفت. در ادامه مقاطع خاک‌شناسی ترسیمی، به تفکیک مورد بررسی قرار می‌گیرد:

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس



شکل ۴-۸- نقشه بافت سطحی خاک در پهنه‌ی شهر طبس

* لازم به ذکر است که با توجه به اهمیت مقیاس عمودی در مقاطع ترسیمی، به جهت واضح شدن عدسی‌های رسوبی، با استفاده از گزینه‌ی اغراق عمودی (Vertical Exaggeration) در نرم‌افزار RockWorks، این مقیاس تا ۱۰ برابر اغراق گردیده است (علامت "x10" در شکل‌های ۴-۱۰ الی ۴-۱۳ به این معناست).

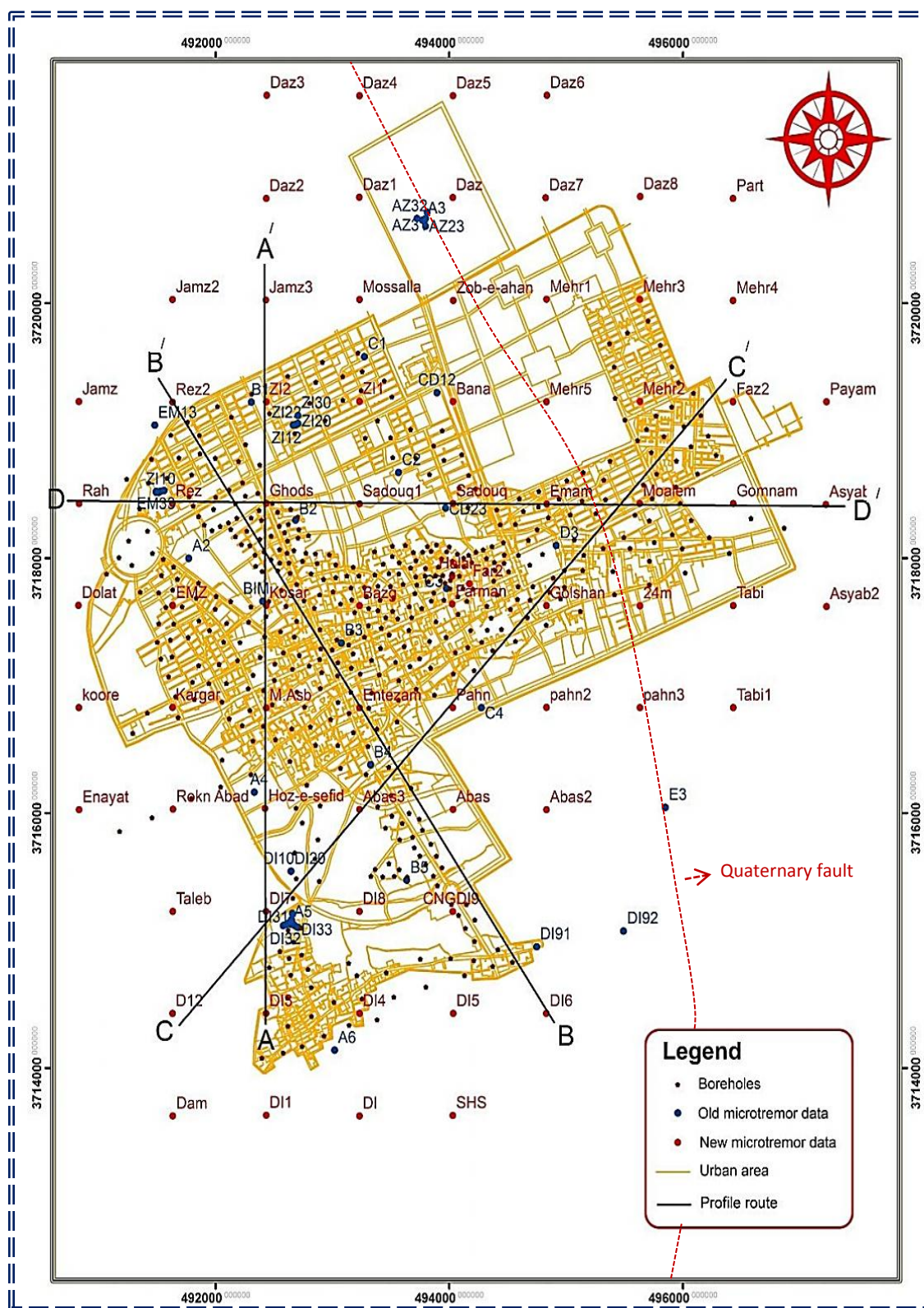
- مقطع A-A'

همان‌طور که از پروفیل جنس خاک بر می‌آید، عمده‌ی خاک‌های منطقه، سیلتی با میان‌لایه‌هایی از شن و ماسه می‌باشد. میزان تراکم در ابتدای پروفیل، متوسط و در میانه‌های آن، متوسط تا زیاد و در انتهای مسیر پایین می‌باشد (شکل ۴-۱۰).

- مقطع B-B'

همان‌طور که در این پروفیل دیده می‌شود، نیمی از مسیر دارای خاک‌های شنی و نیمی دیگر از خاک

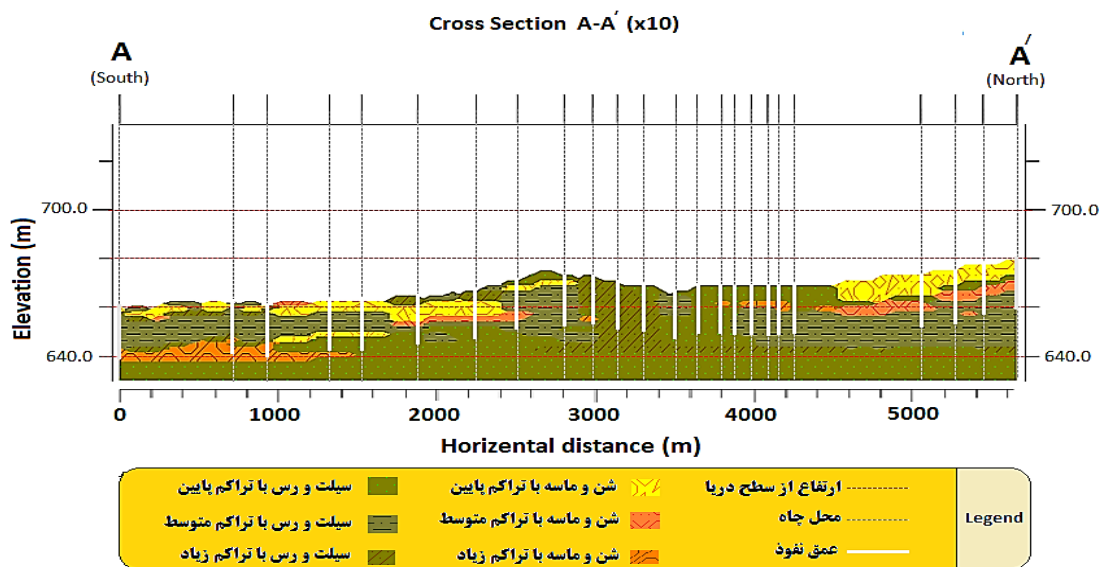
فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس



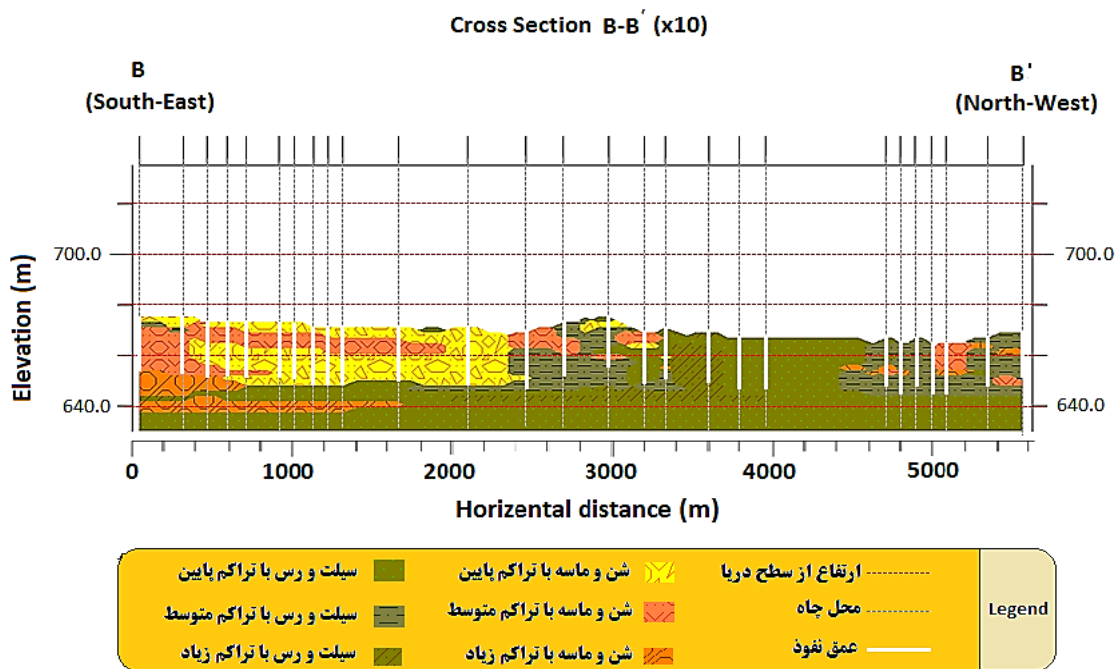
شکل ۴-۹- مسیر مقاطع خاک‌شناسی ترسیمی

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

خاک‌های ریزدانه (سیلت و رس) تشکیل شده است. تراکم در ابتدای مسیر (جنوب‌شرقی) پایین تا متوسط، و در میانه‌های پروفیل و انتهای مسیر (شمال‌غربی) متوسط تا زیاد است (شکل ۴-۱۱).



شکل ۴-۱۱) - پروفیل A-A' (در مقیاس عمودی به میزان ۱۰ برابر (x10) اغراق شده است)

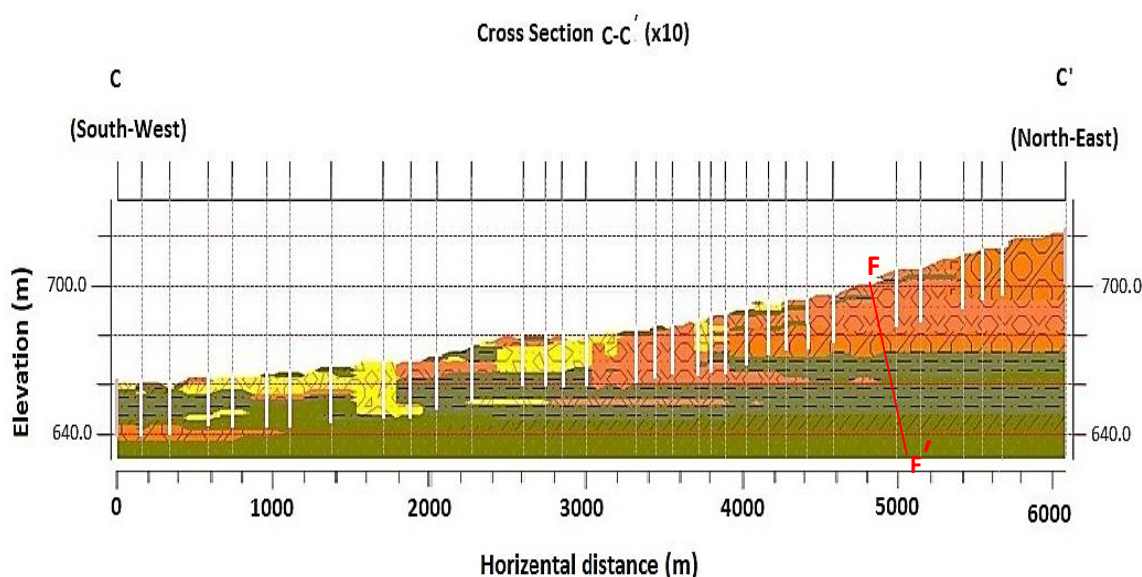


شکل ۴-۱۱) - پروفیل B-B' (در مقیاس عمودی به میزان ۱۰ برابر (x10) اغراق شده است)

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

– مقطع C-C'

مطابق این پروفیل، رسوب منطقه از ابتدای مسیر (جنوب‌غربی) تا میانه‌های آن، سیلت و رس با میان لایه‌هایی از شن و ماسه و در انتهای پروفیل (شمال‌شرقی) شنی است. تراکم در ابتدا متوسط و در میانه پایین و در انتها زیاد می‌باشد (شکل ۴-۱۲).

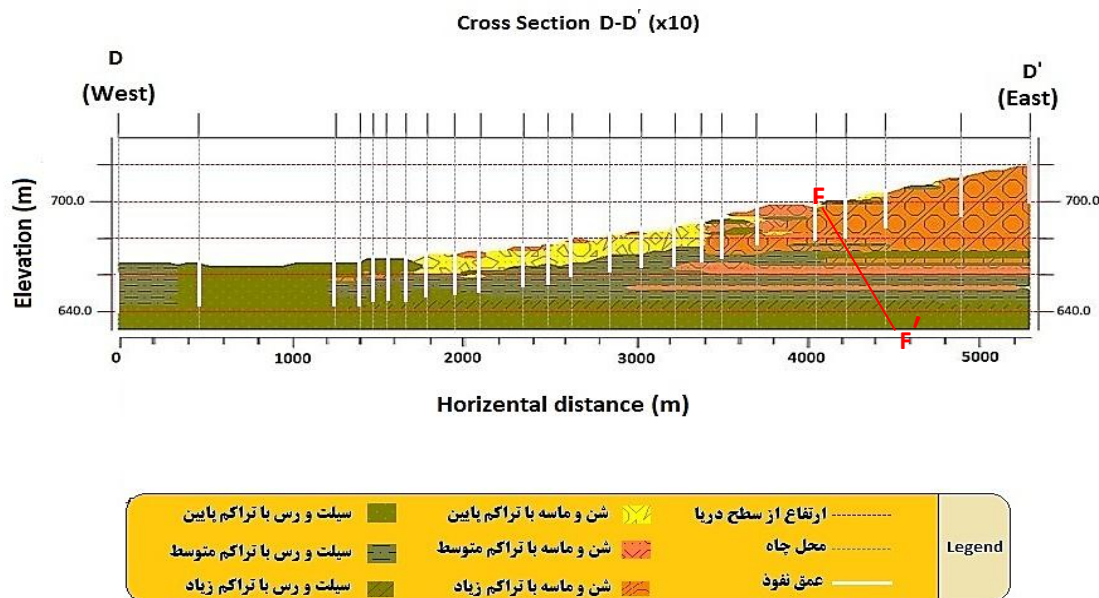


شکل ۴-۱۲) - پروفیل C-C'؛ در مقیاس عمودی به میزان ۱۰ برابر (x10) اغراق شده است (خط قرمز رنگ F-F')، محل عبور روند شماره‌ی "۱" گسل‌های کواترنری معرفی شده در فصل اول (شکل ۱-۲) را نشان می‌دهد.

– مقطع D-D'

همان‌طور که در این مقطع مشاهده می‌شود، رسوب منطقه در ابتدای مسیر پروفیل (غرب)، متشکل از سیلت و رس و در انتهای مسیر (شرق) شنی می‌باشد. از لحاظ تراکم، ابتدای پروفیل دارای تراکم پایین و انتهای مسیر دارای تراکم بالا می‌باشد (شکل ۴-۱۳).

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس



شکل ۴-۱۳- پروفیل D-D'؛ در مقیاس عمودی به میزان ۱۰ برابر (x10) اغراق شده است (خط قرمز رنگ F-F' محل عبور روند شماره‌ی "۱" گسل‌های کواترنری معرفی شده در فصل اول (شکل ۱-۲) را نشان می‌دهد).

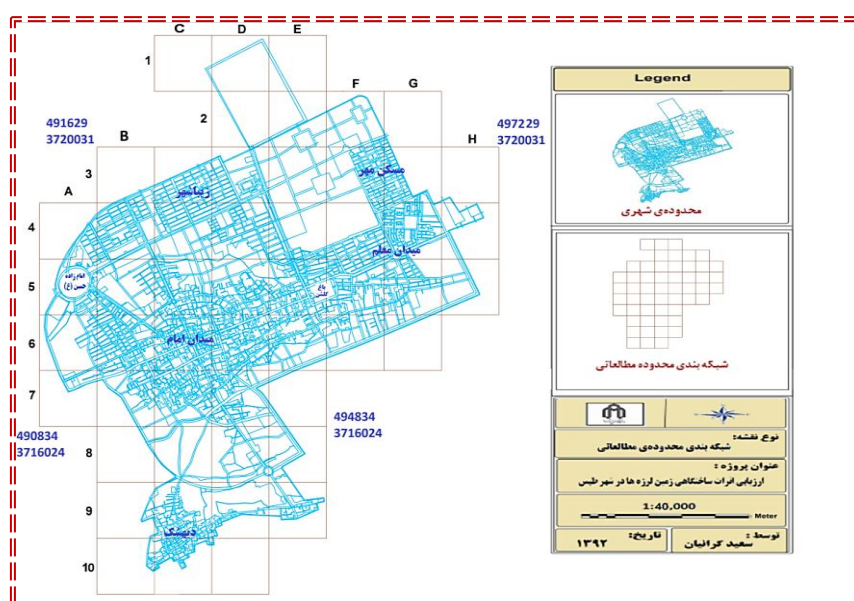
۴-۴- تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

۴-۴-۱- برداشت داده‌های میکروترمور

جهت ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین‌لرزه‌ها در شهر طبس، برداشت داده‌ها بعد از تقسیم بندی طبس به شبکه‌های ۸۰۰ متری (شکل ۴-۱۴) به دلیل پوشش دادن بیشتر و افزایش تعداد برداشت‌ها، اندازه‌گیری‌ها در محل تقاطع شبکه‌ها انجام گردید و بدین ترتیب در ۷۵ نقطه برداشت صورت پذیرفت. که در بخش‌های آینده این فصل از این داده‌ها با عنوان "داده‌های جدید" یاد خواهد شد. موقعیت نقاط برداشتی در این مطالعه در شکل (۴-۱۵) نشان داده شده است.

۴-۴-۱-۱- شرایط برداشت

در جریان برداشت سعی شده است که معیارها و رهنمودهای ذکر شده در فصل سوم که توسط گروه سزامی (Sesame, 2004a) ارائه گردیده است، رعایت شود و در مجموع شرایط زیر جهت انتخاب نقاط در نظر گرفته شد:



شکل ۴-۱۴- شبکه بندی محدوده مطالعاتی

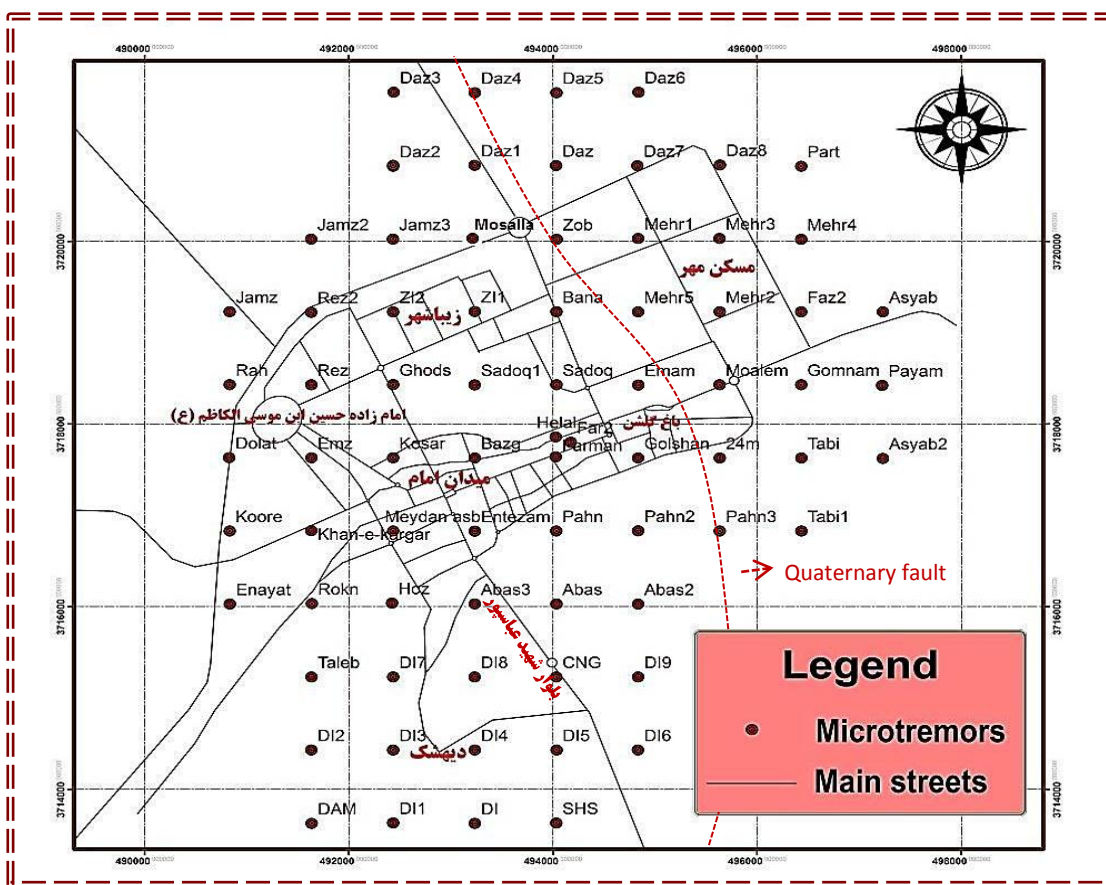
الف- به علت عدم تراکم ساختمان سازی در اکثر نقاط شهر طبس، امکان برداشت روی زمین طبیعی و یا سطح خاک سفت و برجا مهیا بود و در تمامی نقاط، برداشت از سطح خاک، بر برداشت از سطح آسفالت و بتن ترجیح داده شد (شکل ۴-۱۶). علت اینکه آسفالت برای برداشت‌ها انتخاب نگردید، ویژگی تراکم زیاد آسفالت بود که باعث عبور دادن سریع امواج از خود می‌شود و بنابراین در هنگام عبور وسایل نقلیه، اختلال شدیدی در برداشت‌ها صورت می‌گرفت.

ب- در برداشت‌ها سعی می‌شد که نقطه برداشتی به حد کافی از مسیرهای پرتردد و خیابان‌های اصلی دور باشد و بر همین اساس حداقل فاصله در نظر گرفته شده از این مکان‌ها ۱۰۰ متر در نظر گرفته شده است.

د- از لحاظ شرایط جوی سعی بر این بود که از قرار دادن دستگاه در نقاط بادخیز اجتناب گردد و اگر این کار غیر ممکن بود؛ برداشت متوقف و به زمان دیگری موکول می‌گردید.

ه- در انتخاب نقاط، نزدیکی به کارگاه‌ها و شهرک‌های صنعتی مدنظر قرار گرفت و تنها یک نقطه در

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس



شکل ۴-۱۵- نقشه محل برداشت داده‌های میکروترمور جدید (برداشت شده در این مطالعه، ۱۳۹۲)



شکل ۴-۱۶- قرار دادن دستگاه برداشت داده‌های میکروترمور بر روی سطح خاکی سفت- شهرک رضوان شهر

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

محدوده‌ی شهرک صنعتی قرار می‌گرفت که برداشت با ۲۰۰ متر فاصله انجام گردید و در نتایج به دست آمده اثر قابل توجهی مشاهده نگردید.

و- به منظور افزایش اطمینان در حصول داده‌های بی نقص و صحیح و به منظور به حداقل رساندن اثر نوفه‌های مزاحم مانا و غیرمانا در طی ۲۴ ساعت، زمان برداشت‌ها ساعت‌های ۱۴ تا ۱۷ بعد از ظهر و ۲۴ تا ۲ بامداد انتخاب شد و این کار منجر به بازدهی مناسبی هم از نظر سرعت عمل در برداشت و هم در صحت داده‌های برداشت شده گردید.

ز- با توجه به اینکه برداشت‌ها توسط دستگاه لرزه سنج سه کاناله SL07 ساخت شرکت ایتالیایی SARA (شکل ۴-۱۷) انجام می‌شد و این دستگاه هر ۱۵ دقیقه به ثبت داده‌ها می‌پرداخت، لذا بهترین مدت زمان اندازه‌گیری ۱۵ الی ۳۰ دقیقه در نظر گرفته شد. به طوری که در مواردی که عبور وسایل نقلیه اطراف دستگاه پایین بود، برداشت‌ها به مدت ۲۰ دقیقه و در مواردی که عبور این وسایل در اطراف دستگاه زیاد بود، مدت زمان اندازه‌گیری را به ۳۰ دقیقه افزایش می‌دادیم تا در هنگام آنالیز، پنجره‌های زمانی کافی بعد از حذف پنجره‌های مربوط به منابع گذرا، وجود داشته باشد. از طرفی افزایش مدت زمان اندازه‌گیری باعث افزایش تعداد رکوردها و کاهش انحراف معیار نتیجه نهایی و در نتیجه افزایش دقت خواهد شد (قلندزاده و معتمد، ۱۳۸۳).

۴-۱-۲- تجهیزات اندازه‌گیری

- دستگاه لرزه‌سنج:

در مطالعات موسیاری (Mucciarelli, 1998) عنوان شده که، برای برداشت داده‌های میکروترمور از لرزه‌سنج استفاده گردد. پیشنهادات او بر اساس اندازه‌گیری‌های بود که شخصاً با استفاده از یک شتاب سنج و یک لرزه‌سنج انجام داده بود. او نشان داد که نتایج به دست آمده از شتاب‌سنج‌ها با نتایج به دست آمده از لرزه‌سنج‌ها به ویژه در فرکانس‌های پایین (زیر یک دور بر ثانیه) به طور قابل توجهی متفاوت است. بر اساس اظهارنظر محققان پروژه SESAME (Sesame, 2005) شتاب‌سنج‌ها برای



شکل ۴-۱۷) - دستگاه لرزه‌نگار سه کاناله SL07 ساخت شرکت SARA ایتالیا

فرکانس‌های حول یک دور بر ثانیه به اندازه کافی حساس نیستند و منجر به نتایج ناپایداری برای H/V می‌شوند. بنابراین توصیه نمی‌شود که اندازه‌گیری‌های ریزارتعاشات با استفاده از شتاب‌سنج‌های لرزه‌شناسی انجام شود، چرا که آن‌ها برای سطح ارتعاش محیطی به اندازه کافی حساس نیستند (Bour, 1998). در یک محل معمولی بر روی سطح زمین، لرزه‌نگاری که قادر باشد امواج را تا حدود ۱۰۰۰ برابر تقویت کند می‌تواند میکروترومورها را به طور پیوسته ضبط کند (حائری و حاجیلو، ۱۳۸۴).

همانطور که ذکر گردید، در این مطالعه از لرزه‌سنج سه سنسوره ساخت شرکت ایتالیایی SARA (شکل ۴-۱۷) استفاده شد که دو سنسور آن برای جهت‌های افقی و یک سنسور آن در جهت عمودی امواج را ثبت می‌کنند. محل قرارگیری لرزه‌سنج روی زمین با دقت انتخاب می‌شد که روی سطح صاف و هموار قرار بگیرد. بدین منظور روی لرزه‌سنج ترازوی وجود دارد تا تراز بودن لرزه‌سنج مشخص گردد و پس از اطمینان از تراز شدن، برداشتها صورت می‌گرفت.

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

از دیگر مشخصات دستگاه SARA مقدار f_{sensor} یا فرکانس قطع سنسور (Sensor cut-off frequency) می‌باشد. در واقع فرکانس قطع، همان فرکانس رزونانس سنسور می‌باشد. با توجه به تحقیقاتی که از شرکت SARA ایتالیا (شرکت سازنده دستگاه مورد استفاده در این مطالعه) صورت گرفت، دو نوع لرزه‌نگار SL07، یکی مجهز به سنسور دارای فرکانس رزونانس ۲ هرتز (با تغییری اندک بین ۱/۸-۲/۲) و یکی مجهز به ۴/۵ هرتز به ایران فروخته شده است. دستگاه مورد استفاده در این مطالعه، مجهز به سنسور ورژن ۲ هرتز است. این به این معناست که اگر سیگنال یا موج دریافتی توسط دستگاه، دارای فرکانس ۲ هرتز باشد و یا به عبارتی اگر سیگنالی با فرکانس مشابه فرکانس رزونانس دستگاه (در اینجا ۲ هرتز) وارد دستگاه لرزه‌نگار شود، دامنه‌ی آن به شکل غیرطبیعی افزایش پیدا خواهد کرد و یا به عبارتی این تقویت زیاد دامنه کاملاً وابسته به دستگاه بوده و متاثر از شرایط ساختگاهی نیست که این مسئله در هنگام آنالیز داده‌های میکروترمور برداشتی در این مطالعه مدنظر قرار گرفت و سیگنال‌های با فرکانس ۲ هرتز کنار گذاشته شد. تحقیقات بیشتر از شرکت سازنده نشان داد؛ که به علت حساسیت (Sensitivity) بالای دستگاه SL07، پهنای باند (Useable band) قابل تشخیص توسط این دستگاه در صورت مجهز بودن با سنسور ۲ هرتز جهت تحقیقات HVSR، ۰/۱-۳۰ هرتز می‌باشد. با توجه به اینکه مبنای فرکانس از ۰/۱ می‌باشد، لذا این دستگاه قادر به ثبت ضعیف‌ترین نویزهای محیطی و طبیعتاً ریز ارتعاشات می‌باشد. به موارد کاربرد و دیگر مشخصات آن، در Data sheet دستگاه (شکل ۴-۱۸)، اشاره گردیده است.

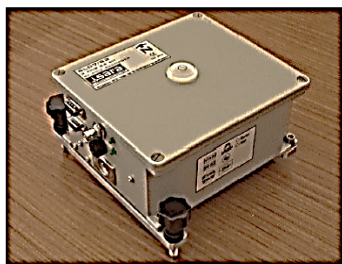
- کامپیوتر قابل حمل (لب‌تاپ)

جهت اندازه‌گیری داده‌های میکروترمور، وجود لب‌تاپ جهت تنظیمات برداشت، نظیر ورود موقعیت نقاط، برنامه زمانی، اطمینان جهت شارژ بودن باطری متصل به دستگاه و دستور به لرزه‌نگار جهت انتقال داده‌ها به حافظه و کارهای دیگری نظیر بررسی اجمالی داده‌های برداشت شده و غیره، الزامی می‌باشد. البته لب‌تاپ باید به نرم‌افزارهایی نظیر Simple terminal مجهز باشد.



SEISMOSTACK seismic equipment boards and instruments series

SL07 24 BIT SEISMIC DATALOGGER



The SL07 is the top production of the SARA seismic instruments. It can recording events and continuous signals in SD/MMC card up to 2Gbytes using a FAT16 system for direct PC compatibility. It uses the CM6 compression scheme to virtually double the flash memory capacity. The instrument meet both a very low power consumption and high storage capability having all in a 1.5W power consumption instrument for remote installations.

Overview

The SL07 is a very low power datalogger for seismic signal. It can be equipped with sensors and embeds a CPU with a RISC processor with a proprietary software and no operating system. To manage the unit it is sufficient a simple VT100 Terminal Emulator that can manage the unit by standard, GSM and Iridium modem. Upon request the unit can be equipped with a special power supply plug for external modem or radio for a further reduction of the whole station power consumption; the unit is equipped with an external auxiliary control that can turn on/off periodically a communication device saving power and assuring, for example, a daily accessibility.

All the instruments are equipped with a GPS receiver for the precise synchronization with the UTC time.

- VERY LOW POWER CONSUMPTION: 1.5 Watt
- UP to 2Gb OF FLASH DISK
- EMBEDDED SENSORS
- Iridium Modem Compatible
- WIDE RANGE POWER INPUT: 10 to 16Vdc
- VT100 terminal compatible mode
- Native CM6 compression data engine
- Auxiliary Power Supply (upon request)

Technical features

Analogue channels: 3
Band-pass: standard DC to 10Hz (customizable)
A/D converter: 24 bit sigma-delta
Damping: 0.7 (geophones internally damped)
Dynamic range: 124dB at 100 SPS
Clock: 10ppm stability
Precision: 5ppm at 20°C
Sincronization: with GPS receiver included
GPS Antenna: Amplified antenna with 10mt of coaxial cable and BNC connector
Sample frequency: 10, 20, 25, 50, 100, 200 SPS
Power supply: 10-16Vdc - 1.5W
Housing: rugged aluminum case, splash proof
Oper. temperature: -20/+55 °C
I/O: 1 RS232 comm port, 1 RS232 GPS output port
Weight: 2.53 Kg (with sensors)
CPU: Atmel AVR RISC processor
Mass Memory: SD/MMC memory card
Internal Sensors: 4.5Hz natural period velocimeters or accelerometers
External sensors: wide range of sensors input, to be specified at order

Applications

- Earthquake network survey
- Personal Seismograph
- Professional remote seismic installation

- سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS)

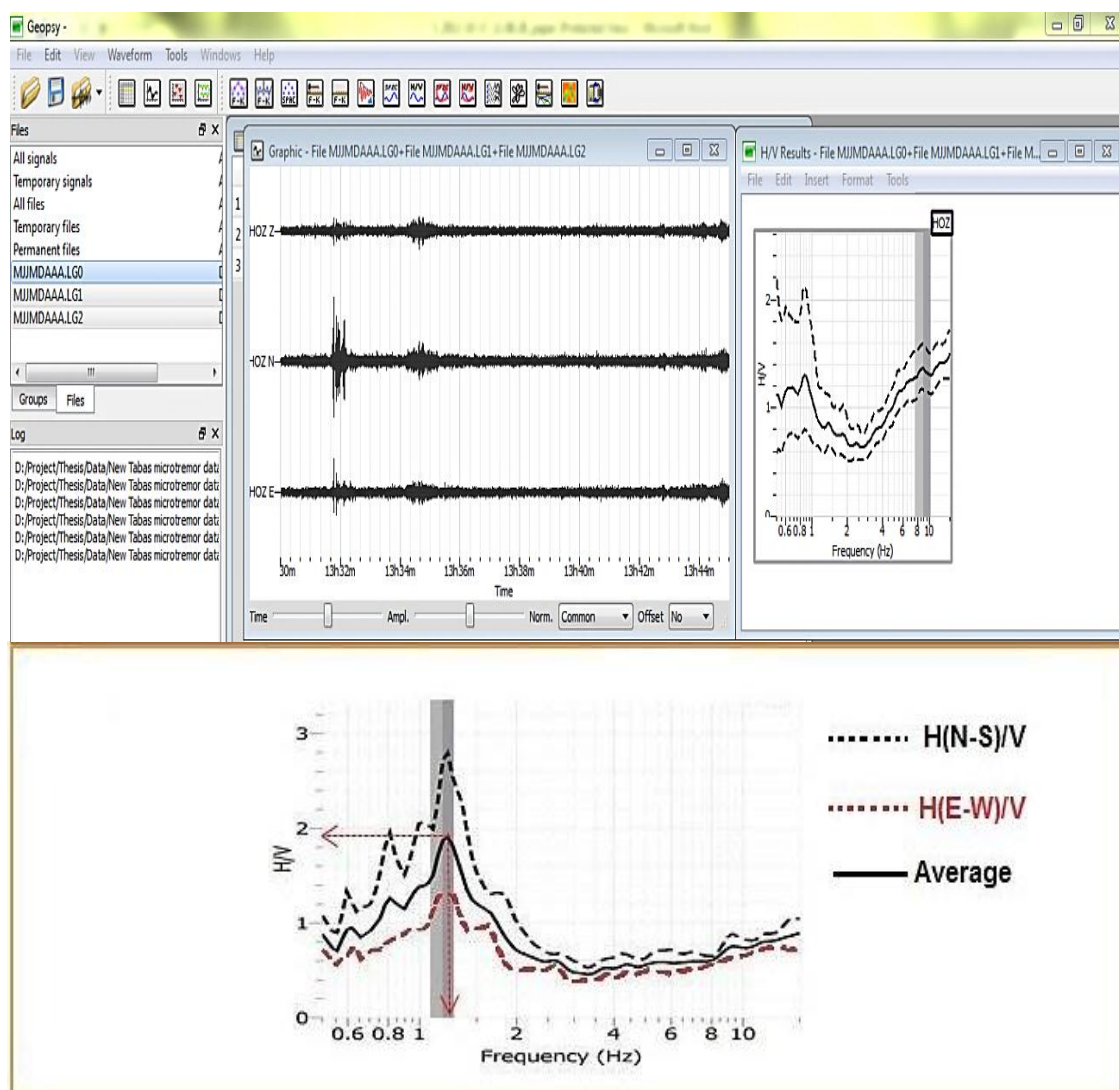
به منظور تعیین طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع هر نقطه‌ی اندازه‌گیری، یک GPS به دستگاه لرزه‌سنج متصل می‌باشد (شکل ۴-۱۶) که در هنگام برداشت داده‌ها، موقعیت جغرافیایی هر نقطه را به طور اتوماتیک ثبت می‌کند. همچنین برای اطمینان و انطباق موقعیت نقاط در هنگام برداشت، از یک دستگاه GPS ساخت شرکت Garmin استفاده می‌شد.

۴-۴-۲- تحلیل داده‌های میکروترمور و زمین‌لرزه

تحلیل نگاشت‌های میکروترمور ثبت شده، به روش نسبت طیفی مولفه افقی به عمودی (روش ناکامورا، ۱۹۸۹) صورت گرفت. برای این منظور ابتدا تمام رکوردها در نرم افزار Geopsy فراخوانی و سپس پنجره‌های زمانی ۲۰ ثانیه‌ای برای مراحل بعدی انتخاب شدند. علاوه بر این، پنجره‌های زمانی دارای آشفتگی غیر معمول نیز به صورت دستی حذف گردید. سپس اعمال فیلتر باتروورث باند گذر (Band Pass) با حداقل فرکانس ۰/۲۵ هرتز و حداکثر فرکانس ۱۵ هرتز، به منظور حذف نوفه‌های شهری صورت گرفت. در مرحله بعد، طیف دامنه هر پنجره برای ۳ مولفه با استفاده از تبدیل فوریه سریع (FFT) محاسبه شد (شکل ۴-۱۹). همچنین نرم کردن طیف با استفاده از روش کونو و اوماچی (Kono & Ohmachi, 1998) با عرض باند ۴۰ صورت گرفت. سپس مقادیر H/V برای تمام پنجره‌های زمانی محاسبه گردید و در آخر منحنی‌های H/V براساس معیارهای عنوان شده در پروژه سزامی (Sesame, 2004) که در جدول (۴-۸) به آن اشاره گردیده است، مورد بررسی قرار گرفتند. پس از اطمینان از منحنی و پیک حاصل شده، مقادیر فرکانس غالب و دامنه تقویت و در نهایت پی‌رود غالب، برای هر ایستگاه استخراج شد. در مورد داده‌های لرزه‌ای، مطالعات انجام شده در نقاط مختلف جهان نشان داده است که شکل نسبت طیفی دامنه ریز ارتعاش با شکل نسبت طیفی دامنه حاصل از نگاشت شتاب زمین لرزه‌ها، نسبتاً مشابه است.

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

اختلاف این دو طیف، عمدتاً در دامنه و به ندرت در فرکانس تقویت ساختگاه، نمود دارد. بدین ترتیب، با اندازه‌گیری امواج ریزارتعاش، می‌توان بدون آن که در انتظار وقوع زمین‌لرزه بود، فرکانس تشدید و تابع بزرگنمایی ساختگاه را تعیین کرد. در این مطالعه از داده‌های ایستگاه شتاب‌نگاری فرمانداری طبس با عنوان TBS در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن با موقعیت جغرافیایی ۳۳.۶۰ ۵۶.۹۵ استفاده گردید.



شکل ۴-۱۹) - محاسبه‌ی طیف دامنه برای سه مولفه‌ی ثبت شده توسط لرزه‌نگار در محیط Geopsy

جدول ۴-۸- معیارهای قابل اعتماد سازی منحنی‌های H/V (Sesame, 2004).

Criteria for a reliable H/V curve	
i) $f_0 > 10 / l_w$ and	<ul style="list-style-type: none"> • l_w = window length • n_w = number of windows selected for the average H/V curve • $n_c = l_w \cdot n_w$. f_0 = number of significant cycles • f = current frequency • f_{sensor} = sensor cut-off frequency • f_0 = H/V peak frequency • σ_f = standard deviation of H/V peak frequency ($f_0 \pm \sigma_f$) • $\varepsilon(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ • A_0 = H/V peak amplitude at frequency f_0 • $A_{H/V}(f)$ = H/V curve amplitude at frequency f • f = frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f) < A_0/2$ • f^* = frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$ • $\sigma_A(f)$ = "standard deviation" of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided • $\sigma_{\log H/V}(f)$ = standard deviation of the $\log A_{H/V}(f)$ curve, $\sigma_{\log H/V}(f)$ is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean $\log A_{H/V}(f)$ curve • $\theta(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ • $V_{s,av}$ = average S-wave velocity of the total deposits • $V_{s,surf}$ = S-wave velocity of the surface layer • h = depth to bedrock • h_{min} = lower-bound estimate of h
ii) $n_c(f_0) > 200$ and	
iii) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ OR $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	
Criteria for a clear H/V peak (at least 5 out of 6 criteria fulfilled)	
i) $\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	
ii) $\exists f^* \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	
iii) $A_0 > 2$	
iv) $f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	
v) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	
vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	

Threshold Values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Frequency range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.20 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

در ابتدا دستگاه شتاب‌نگار آنالوگ از نوع SMA-1 در سال ۱۳۵۳ و یک سال پس از تاسیس شبکه‌ی شتاب‌نگاری زلزله ایران توسط مهندس علی اکبر معین‌فر در محل ساختمان شیر و خورشید سرخ طبس (هلال احمر کنونی) نصب گردید و سپس این دستگاه پس از زلزله (۱۳۵۷) به ساختمان فرمانداری منتقل گردید. بعد از سال ۱۳۷۲ که عملیات تعویض دستگاه‌های شتاب‌نگار در سطح کشور شروع گردید، دستگاه آنالوگ طبس با دستگاه دیجیتال نوع SSA-2 تعویض شد. جهت بررسی کارآمدی داده‌های ریزارتعاش در تعیین خصوصیات ساختگاه، در محل‌های قدیم و جدید دستگاه شتاب‌نگاری، برداشت میکروترمور صورت گرفت و نتایج تفسیر آن با نتایج تفسیر داده‌های شتاب‌نگاری مربوط به ایستگاه فرمانداری که از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن دریافت شده بود، مقایسه گردید. با توجه به اینکه هر رکورد باید به سه مولفه جداگانه تقسیم می‌شد و فرمت‌های آن از مد باینری به مد اسکی (ASCII)، جهت قابل شناسایی شدن برای نرم‌افزار Geopsy، تبدیل می‌شد از نرم افزار Matlab ورژن ۲۰۱۰ استفاده گردید و سپس با انتقال گراف‌های حاصل از شتاب‌نگار (دامنه شتاب

در واحد زمان) به حوضه فرکانس در نرم افزار Geopsy ، فرکانس غالب و تابع بزرگنمایی به دست آمد که در ادامه نتایج آن خواهد آمد.

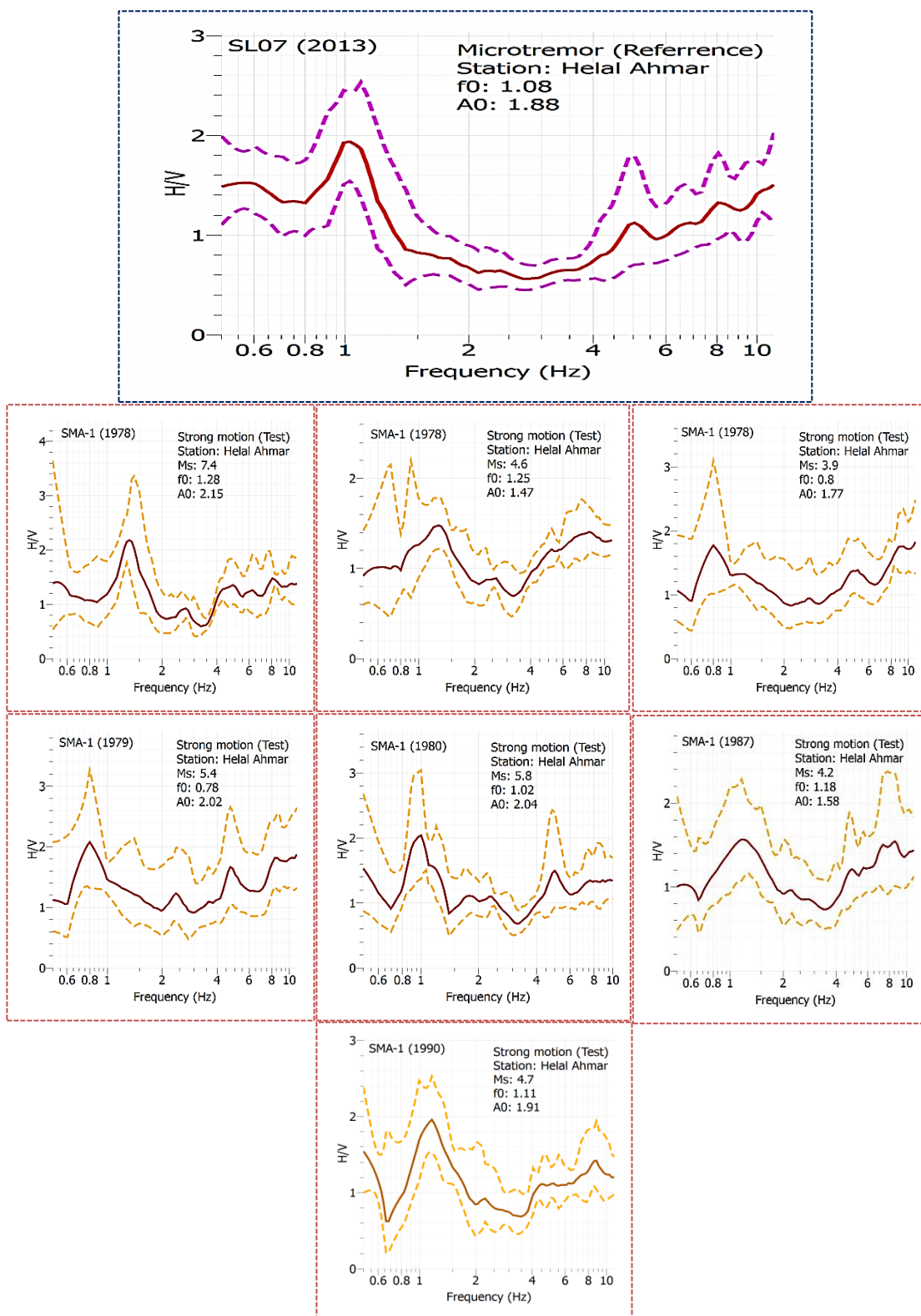
۴-۲-۱- تحلیل داده‌های زلزله

بعد از پردازش و تفسیر داده‌های شتاب‌نگاری به کمک نرم افزارهای مطلب و ژئوپسی و برداشت‌های میکروترمور در محل‌های قدیم و جدید دستگاه شتاب‌نگاری (به ترتیب هلال‌احمر و فرمانداری با عنوان Helal و Farman در شکل ۴-۱۵) و تفسیر آن‌ها، نسبت‌های طیفی H/V حاصل از دو نوع داده با هم مقایسه گردید. در واقع با مقایسه نسبت طیفی میکروترمور با نسبت طیفی لرزش اصلی طبس ($M_s=7.4$, ۱۹۷۸) و بعضی پس لرزه‌های قابل توجه آن مربوط به سال‌های ۱۹۷۸ ($M_s=4.6$) و ($M_s=3.9$)، ۱۹۷۹ ($M_s=5.4$)، ۱۹۸۰ ($M_s=5.8$) و همچنین رکوردهای مربوط به سال‌های ۱۹۸۷ ($M_s=4.2$) و ۱۹۹۰ ($M_s=4.7$) که در هنگام قرار داشتن دستگاه شتاب‌نگار در هلال‌احمر ثبت شده بود و نیز با رکورد ثبت شده در سال ۲۰۰۴ مربوط به محل جدید دستگاه، سعی شد که با توجه به رکوردهای در دست، مقایسه هم از لحاظ ریشتر رکوردها و هم به لحاظ دوری و نزدیکی به زمان زلزله طبس، پراکندگی مناسبی داشته باشد. نتایج حاصله تشابه معناداری را در شکل طیف‌های حاصل از میکروترمور با طیف‌های مربوط به رکوردهای با بزرگی‌های متفاوت و اختلاف اندکی در فرکانس غالب و دامنه‌های به دست آمده، نشان داد (شکل‌های ۴-۲۰ و ۴-۲۱). در واقع این نتایج ما را در خصوص کارآمدی داده‌های میکروترمور برای به دست آوردن خصوصیات ساختگاه، در غیاب رکوردهای جنبش نیرومند زمین (زمین‌لرزه)، بیش از پیش مطمئن می‌سازد.

۴-۲-۲- تحلیل داده‌های میکروترمور گذشته

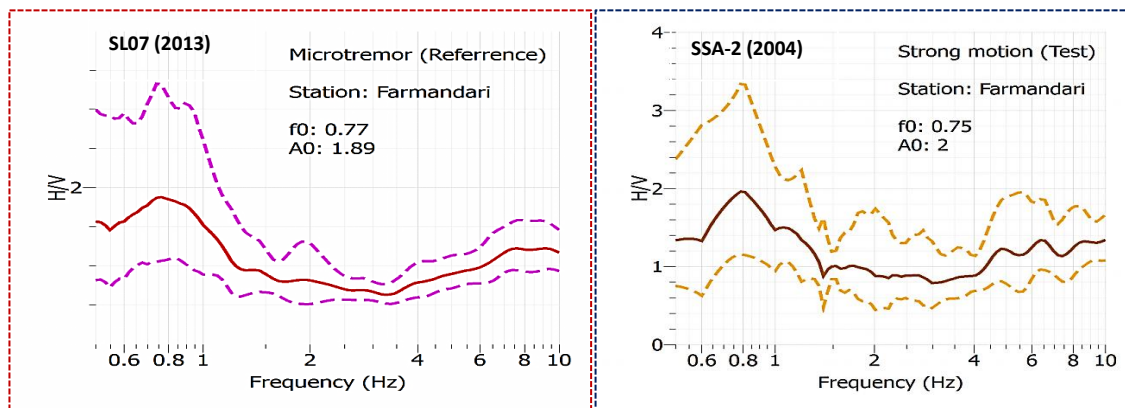
در پروژه ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای طبس (۱۳۸۸)، برداشت داده‌های میکروترمور در ۶۲ نقطه صورت گرفت؛ که در ادامه از این داده‌ها با عنوان داده‌های "قدیم" یا "گذشته" یاد خواهد شد.

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس



شکل ۴-۲۰- مقایسه‌ی نسبت‌های طیفی H/V حاصل از داده‌های شتاب‌نگاری ایستگاه ساختمان هلال احمر (محل قدیم دستگاه شتاب‌نگاری) با نسبت طیفی میکروتremور برداشت شده در همان ساختمان

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

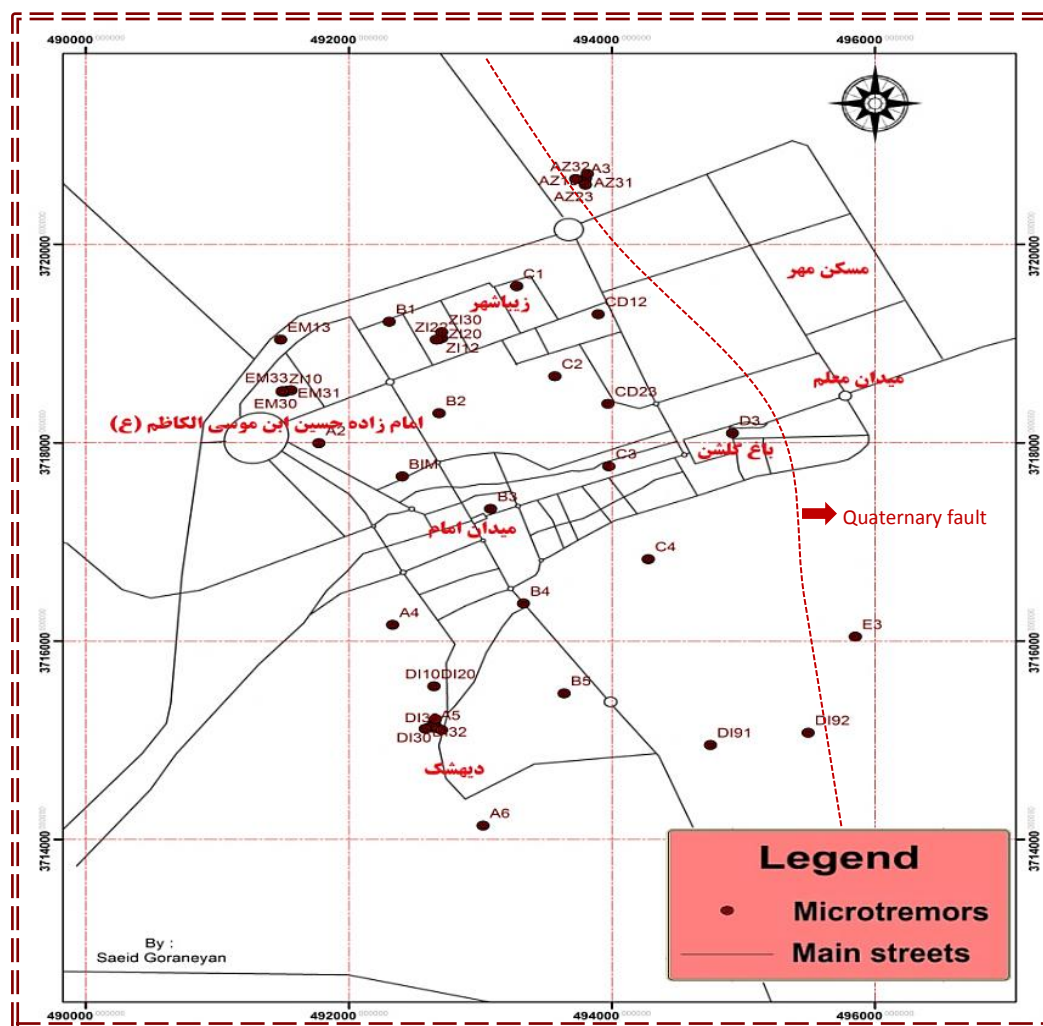


شکل ۴-۲۱- مقایسه‌ی نسبت‌های طیفی H/V حاصل از داده‌های شتاب‌نگاری ایستگاه ساختمان فرمانداری (محل جدید دستگاه شتاب‌نگاری) با نسبت طیفی میکروترمور برداشت شده در همان ساختمان (طیف میکروترمور مربوط به مطالعه‌ی حاضر (۲۰۱۳ در شکل سمت چپ) است که توسط لرزه‌نگار S107 برداشت شده است)

موقعیت این نقاط در شکل (۴-۲۲) نشان داده شده است. در این پروژه ۵۵ نقطه آن در نقشه‌های پهنه بندی مورد استفاده قرار گرفته است. در این مطالعه این داده‌ها مجدداً توسط نرم‌افزار Geopsy و بر اساس معیارهای سزای مورد پردازش قرار گرفت و در نهایت ۵۲ نقطه با این معیارها مطابقت داشت و بنابراین از همین تعداد نقطه جهت تفسیر استفاده گردید. در ادامه نتایج حاصل از تفسیر این داده‌ها در جدول (۴-۹) و شکل (۴-۲۳) ارائه گردیده است. با توجه به فرضیات در نظر گرفته شده برای منحنی‌های H/V توسط محققان گروه سزای (Sesame, 2004)، که در فصل چهارم اشاره گردید، در نتایج به دست آمده، ایستگاه‌های A3، A4، D3، E3 و Rah از مواردی بود که در منحنی آن‌ها دو اوج تیز مشاهده گردید، که در ایستگاه A4 ($f_0 < f_1$) به واسطه نزدیکی به منابع نوین مصنوعی (۵۰۰ متر تا جاده و کارگاه‌های صنعتی) پیک ایجاد شده در فرکانس‌های بالا، دارای منشأ صنعتی (Industrial origin) می‌باشد و به همین جهت f_1 غیر قابل قبول و f_0 به عنوان فرکانس بنیادی (غالب) در نظر گرفته شد. در ایستگاه‌های A3، D3 و E3 به دلیل نزدیکی به گسل روند شماره "۱" گسل‌های کواترنری (شکل ۱-۲ و ۴-۲۲) واقع شده در شرق طبس و بالآآمدگی احتمالی سنگ بستر در این مناطق همچنین به دلیل درشت بودن رسوبات (شکل ۴-۲۹)، طبیعتاً

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

انتظار، به دست آمدن یک فرکانس بالا می‌باشد. لذا وجود پیک واضح در فرکانس‌های پایین را می‌توان به شرایط جوی (عمدتاً وزش باد) نسبت داد (Sesame, 2004a) و بنابراین در ایستگاه‌های مذکور f_0 به دست آمده، به عنوان فرکانس بنیادی در نظر گرفته شد. در مورد رکورد برداشت شده در ایستگاه راه آهن (Rah) با توجه به ریزبودن رسوب آن منطقه (سیلت و رس در شکل ۴-۲۹)، انتظار، نمایش یک فرکانس پایین است. بنابراین پیک ایجاد شده در فرکانس‌های بالا مربوط به عبور قطارها می‌باشد. لذا در این ایستگاه f_0 به دست آمده غیر قابل قبول می‌باشد.



۴-۲۲) - نقشه محل برداشت داده‌های میکروترمور قدیم (مربوط به پروژه ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای شهر طبس،

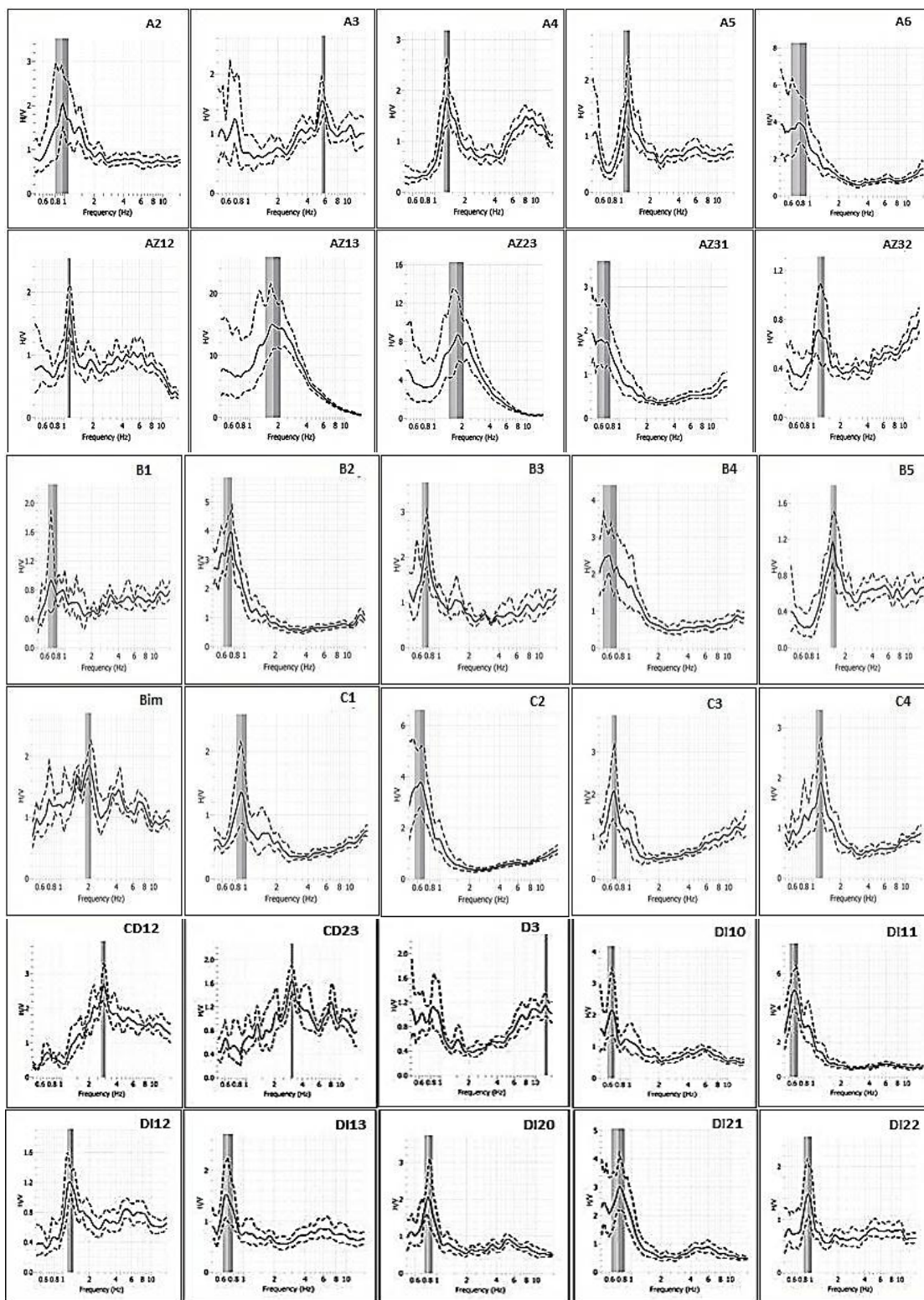
(۱۳۸۸)

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

جدول (۴-۹) - نتایج حاصل از پردازش داده‌های میکروترمور برداشت شده در پروژه ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای طبس (اعداد رومی شش ستون پایانی جدول، مربوط به معیارهای سزما می‌باشد در جدول (۴-۸) می‌باشد).

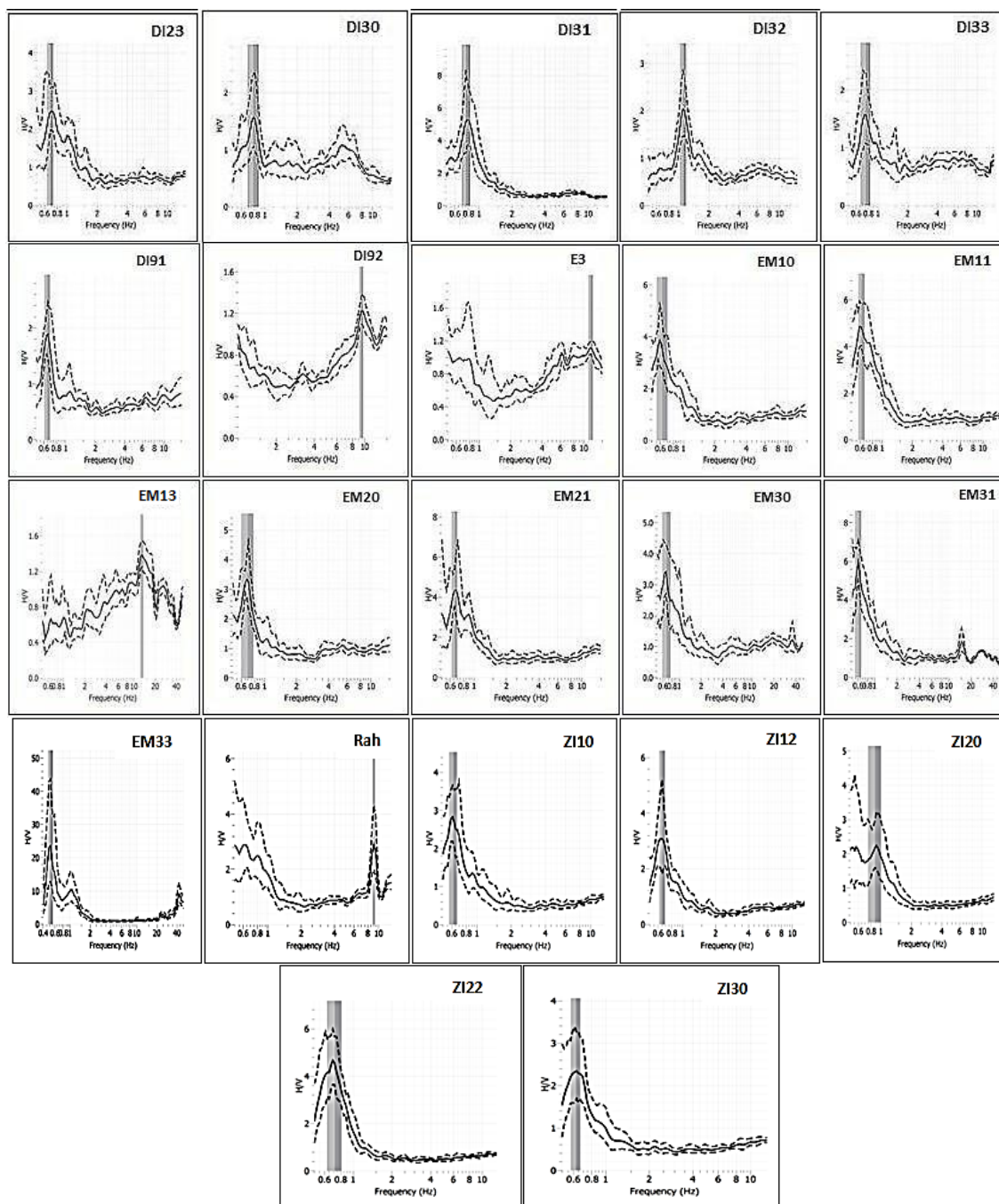
Sta.	Utmx	Utmx	f0	f _{peak}	f _{stddev} (Hz)	f _{stddev} (Hz)	A0	T	Vl= A0 ² /f0	n _w	n _w	n _c	σ _r	σ _A (f ₀)	i	ii	iii	iv	v	vi
A2	491771	3717996	0.95	0.95	0.8	1.09	2.02	1.052632	4.295158	20	11	209	0.15	1.36	✓	✓	✓	✓	✓	✓
A4	492331	3716163	1.32	1.31	1.24	1.41	1.84	0.757576	2.564849	20	8	211.2	0.08	1.25	✓	✓	✓	✓	✓	✓
A3	493786	3720642	5.76	5.76	5.52	6	1.54	0.173611	0.411736	20	8	921.6	0.24	0.49	✓	✓	✓	✓	✓	✓
A5	492642	3715127	1.14	1.18	1.06	1.22	1.61	0.877193	2.273772	20	13	296.4	0.08	1.02	✓	✓	✓	✓	✓	✓
A6	493019	3714139	0.63	0.63	0.57	0.69	6.4	1.587302	65.01587	20	18	226.8	0.06	5.11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AZ12	493769	3720649	1.13	1.13	1.09	1.17	1.68	0.884956	2.497699	20	9	203.4	0.036	0.75	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AZ13	493798	3720662	1.79	1.76	1.44	2.08	14.87	0.558659	123.529	20	16	572.8	0.26	4.2	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AZ23	493798	3720601	1.76	1.76	1.45	2.08	8.58	0.568182	41.8275	20	18	633.6	0.16	5.12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AZ31	493811	3720712	0.68	0.7	0.62	0.74	2.25	1.470588	7.444853	20	15	204	0.06	1.57	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AZ32	493723	3720661	1.22	1.17	1.11	1.33	0.68	0.819672	0.379016	25	7	213.5	0.11	0.66	✓	✓	✓	✓	✓	✓
B1	492305	3719221	0.74	0.72	0.65	0.82	0.88	1.351351	1.046486	20	14	207.2	0.09	0.96	✓	✓	✓	✓	✓	✓
B2	492685	3718297	0.69	0.73	0.63	0.76	3.65	1.449275	19.30797	20	15	207	0.07	1.44	✓	✓	✓	✓	✓	✓
B3	493077	3717333	0.73	0.75	0.68	0.78	2.21	1.369863	6.690548	20	14	204.4	0.05	1.05	✓	✓	✓	✓	✓	✓
B4	493326	3716378	0.65	0.65	0.55	0.75	2.43	1.538462	9.084462	20	21	273	0.08	1.29	✓	✓	✓	✓	✓	✓
B5	493636	3715473	1.49	1.48	1.39	1.62	1.13	0.671141	0.85698	20	13	387.4	0.12	0.56	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BIM	492404	3717660	1.99	1.99	1.86	2.13	1.84	0.502513	1.701307	20	6	238.8	0.13	0.45	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C1	493274	3719579	0.93	0.92	0.83	1.03	0.7	1.075269	0.526882	20	11	204.6	0.1	1.21	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C2	493585	3718670	0.64	0.64	0.56	0.7	3.77	1.5625	22.20766	20	16	204.8	0.072	2.08	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C3	493976	3717762	0.7	0.72	0.66	0.74	2.08	1.428571	6.180571	20	16	224	0.043	1.78	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C4	494275	3716826	1.18	1.22	1.08	1.27	1.86	0.847458	2.931864	20	9	212.4	0.09	1.4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CD12	493894	3719296	2.84	2.84	2.67	3	2.62	0.352113	2.417042	20	4	227.2	0.16	0.93	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CD23	493969	3718392	3.06	3.07	2.96	3.16	1.64	0.326797	0.878954	20	4	244.8	0.1	0.47	✓	✓	✓	✓	✓	✓
D3	494916	3718097	12.9	12.6	12.4	13.4	1.14	0.077519	0.100744	20	6	1548	0.5	0.37	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI10	492646	3715543	0.65	0.66	0.6	0.7	2.13	1.538462	6.979846	20	16	208	0.05	1.985	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI11	492650	3715165	0.63	0.64	0.57	0.69	5.01	1.587302	39.84143	20	16	201.6	0.06	2.1	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI12	492624	3715136	1.22	1.18	1.13	1.31	1.2	0.819672	1.180328	20	15	366	0.09	0.34	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI13	492659	3715133	0.71	0.68	0.63	0.79	1.48	1.408451	3.08507	20	15	213	0.07	1.24	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI20	492646	3715543	0.82	0.82	0.75	0.9	2.04	1.219512	5.075122	20	13	213.2	0.08	1.52	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI21	492650	3715165	0.74	0.75	0.63	0.85	2.95	1.351351	11.76014	20	17	251.6	0.109	1.78	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI22	492608	3715127	0.92	0.92	0.82	1	1.48	1.086957	2.38087	20	11	202.4	0.1	0.98	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI23	492676	3715119	0.68	0.7	0.64	0.73	2.46	1.470588	8.899412	20	15	204	0.044	1.12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI30	492646	3715144	0.78	0.78	0.69	0.87	1.57	1.282051	3.160128	20	13	202.8	0.09	1.26	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI31	492657	3715212	0.75	0.78	0.69	0.82	5.17	1.333333	35.63853	20	14	210	0.06	4.88	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI32	492580	3715116	1.11	1.09	1.04	1.19	2.03	0.900901	3.712523	20	13	288.6	0.08	1.4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI33	492704	3715102	0.75	0.73	0.67	0.83	1.57	1.333333	3.286533	20	14	210	0.08	1.23	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI91	494748	3714951	0.65	0.68	0.61	0.69	1.88	1.538462	5.437538	20	17	221	0.04	1.55	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI92	495492	3715075	9.4	9.4	9.1	9.7	1.22	0.106383	0.15834	20	6	1128	0.32	0.26	✓	✓	✓	✓	✓	✓
E3	495849	3716044	11.65	11.65	11.09	12.22	1.11	0.085837	0.10576	20	8	1864	0.568	0.15	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EM10	491492	3718520	0.63	0.62	0.56	0.7	3.88	1.587302	23.89587	20	16	201.6	0.07	1.82	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EM11	491513	3718514	0.62	0.59	0.58	0.66	4.79	1.612903	37.00661	20	17	210.8	0.044	1.88	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EM13	491480	3719041	12.86	12.86	12.84	12.88	1.38	0.07776	0.148087	20	5	1286	0.23	0.25	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EM20	491492	3718514	0.7	0.7	0.6	0.78	2.71	1.428571	10.49157	20	15	210	0.09	1.9	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EM21	491530	3718523	0.66	0.68	0.62	0.7	4.34	1.515152	28.53879	20	16	211.2	0.04	1.97	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EM30	491492	3718514	0.67	0.66	0.59	0.76	3.42	1.492537	17.45731	20	15	201	0.087	1.79	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EM31	491559	3718529	0.61	0.61	0.55	0.66	6.03	1.639344	59.60803	20	17	207.4	0.05	1.98	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EM33	491559	3718529	0.52	0.52	0.48	0.56	23.14	1.923077	1029.73	20	20	208	0.04	28.97	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RAH	489772	3719692	9.05	9.05	8.91	9.19	2.93	0.110497	0.948608	20	10	1810	0.14	2.34	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ZI10	491492	3718520	0.62	0.62	0.57	0.67	2.76	1.612903	12.28645	20	18	223.2	0.05	1.42	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ZI12	492687	3719045	0.65	0.65	0.61	0.69	3.07	1.538462	14.49985	20	17	221	0.043	3.4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ZI20	492705	3719054	0.62	0.62	0.58	0.67	2.33	1.612903	8.75629	20	18	223.2	0.052	1.7	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ZI22	492665	3719041	0.72	0.7	0.62	0.81	4.52	1.388889	28.37556	20	16	230.4	0.09	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ZI30	492705	3719116	0.88	0.89	0.75	1	2.18	1.136364	5.400455	20	13	228.8	0.11	1.4	✓	✓	✓	✓	✓	✓

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس



شکل ۴-۲۳) - منحنی‌های H/V به دست آمده از نرم‌افزار Geopsy مربوط به داده‌های برداشت شده در پروژه ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای شهر طبس

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌های آبرفت در گستره‌ی شهر طبس



ادامه شکل ۴-۲۳-

۴-۲-۳- تحلیل داده‌های میکروترمور جدید

در برداشت‌های جدید (مربوط به مطالعه‌ی حاضر، ۱۳۹۲)، همانطور که در ابتدای فصل اشاره گردید،

شهر طبس به عنوان منطقه مورد مطالعه به شبکه‌های ۸۰۰ متری تقسیم بندی شد و در تقاطع

شبکه‌ها، برداشت‌ها صورت گرفت و بدین ترتیب در ۷۵ نقطه برداشت انجام شد. یکی از برداشت‌ها در جریان پردازش داده‌ها، به دلیل مغایرت با معیارهای سزای حذف گردید و لذا در تحلیل نتایج از ۷۴ نقطه استفاده گردید. در ادامه، نتایج حاصل از تفسیر این داده‌ها در جدول (۴-۱۰) و شکل (۴-۲۴) ارائه گردیده است. موارد خاصی که در منحنی‌های H/V حاصل از تحلیل داده‌های برداشت شده جدید مشاهده گردید، مربوط به ایستگاه‌هایی بود که در آن دو پیک واضح دیده شد. یک گروه، ایستگاه‌هایی هستند که در آن‌ها $f_1 > f_0$ هستند که شامل Daz، Daz7، Entezam، Meydan-e-Asb می‌شوند. در دو ایستگاه اولی به علت رسوب نسبتاً دانه درشت به همراه لای زیاد (شکل ۴-۲۹)، انتظار، نمایش فرکانسی بین ۱ تا ۳ می‌باشد و لذا پیک ایجاد شده در فرکانس‌های بالا به علت نزدیکی به جاده بشرویه (اولی ۲۰۰ و دومی ۷۰۰ متر) و عبور مداوم ماشین آلات سنگین، مصنوعی بوده و نمی‌تواند به عنوان فرکانس بنیادی ساختگاه محسوب شود و لذا f_0 ‌های به دست آمده در ایستگاه‌های مذکور، به عنوان فرکانس غالب، مورد قبول می‌باشد. در مورد دو ایستگاه بعدی هم به علت ریز بودن رسوب (شکل ۴-۲۹)، به طور طبیعی، فرکانس مورد انتظار زیر ۱ هرتز می‌باشد، لذا پیک‌های ایجاد شده در فرکانس‌های بالا دارای منشأ غیرطبیعی می‌باشد و فرکانس‌های به دست آمده مورد قبول می‌باشد. گروه بعدی ایستگاه‌هایی است که در آن $f_1 < f_0$ است و شامل Daz4، Daz5، Daz8، Faz2، Mehr2، Mehr3، Mehr4، Mehr و Zob می‌باشند. به جزء ایستگاه Jamz که فرکانس بالای به دست آمده به علت نزدیکی به جاده اصفهان (۱۰۰ متر) و همچنین رسوب منطقه جمز (گراول و ماسه با سیلت فراوان در شکل ۴-۲۹)، که انتظار فرکانس بالا نیست، مورد قبول واقع نشد، فرکانس به دست آمده بقیه ایستگاه‌ها به دلیل رسوب درشت و یا نزدیکی روند شماره "۱" گسل‌های کوآترنری (شکل ۱-۲ و ۴-۱۵) و بالاآمدگی احتمالی سنگ بستر در این مناطق و یا تلفیقی از هر دو عامل، مورد قبول می‌باشد و وجود پیک در فرکانس پایین را می‌توان به شرایط جوی (عمدتاً باد) نسبت داد (Sesame, 2004a).

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

جدول ۴-۱۰- (نتایج حاصل از پردازش داده‌های میکروترنور جدید (برداشت شده در این مطالعه، ۱۳۹۲)

Sta.	Utmx	UtmY	f0	f _{peak}	f-stddv(Hz)	F-stddv(Hz)	A0	T	Vi=A0 ² /f0	n _w	n _s	n _c	σ _r	σ _A (f ₀)	i	ii	iii	iv	v	vi
24m	495632	3717626	8.72	8.72	8.62	8.84	1.15	0.114678899	0.151662844	15	5	654	0.11	0.28	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Abas	494032	3716028	0.65	0.66	0.58	0.72	2.02	1.538461538	6.277538462	20	16	208	0.07	1.15	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Abas2	494833	3716027	0.75	0.71	0.64	0.86	2.27	1.333333333	6.870533333	20	15	225	0.1108	1.99	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Abas3	493233	3716028	0.9	0.93	0.8	1	3.27	1.111111111	11.881	20	13	234	0.097	1.7	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Asyab	497224	3718420	6.63	6.63	5.75	7.5	2.51	0.150829563	0.950241327	20	7	928.2	0.88	1.09	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Asyab2	497230	3717620	11.27	11.27	10.1	11.59	1	0.088731145	0.088731145	15	6	1014.3	0.32	0.27	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bana	494032	3719227	1.02	1.02	0.95	1.09	1.09	0.980392157	1.164803922	20	11	224.4	0.07	0.98	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bazg	493233	3717627	0.89	0.89	0.78	1	2	1.123595506	4.494382022	20	15	267	0.11	1.21	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CNG	494031	3715228	1.11	1.11	1	1.21	1.36	0.900909091	1.666306306	20	14	310.8	1.109	0.83	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dam	491635	3713625	1.2	1.15	1.05	1.34	4	0.833333333	13.33333333	20	9	216	0.14	1.57	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Daz	494030	3720827	14.38	14.38	13.83	14.95	1.45	0.069541029	0.146210014	20	7	2013.2	0.56	0.43	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Daz1	493231	3720830	1.08	1.05	1.02	1.14	2.37	0.925925926	5.200833333	20	10	216	0.05	2.42	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Daz2	492434	3720820	1.13	1.13	1.23	1.02	1	0.884955752	0.884955752	20	13	293.8	0.107	0.64	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Daz3	492439	3721630	1.11	1.09	1.01	1.21	0.8	0.900909091	0.576576577	20	14	310.8	0.1	0.6	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Daz4	493233	3721625	10	9.87	9.51	10.49	1.21	0.1	0.14641	20	4	800	0.49	1.36	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Daz5	494032	3721625	7.29	7.29	7.04	7.54	0.88	0.137174211	0.106227709	20	3	437.4	0.25	0.17	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Daz6	494836	3721630	8.31	8.31	8.08	8.55	2.12	0.120336943	0.540842369	20	9	1495.8	0.23	1.7	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Daz7	494826	3720826	0.98	1.01	0.86	1.09	4.6	1.020408163	21.59183673	20	11	215.6	0.11	4.95	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Daz8	495634	3720835	7.26	7.26	6.92	7.53	4.8	0.137741047	3.173553719	20	3	435.6	0.27	4.67	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI	493233	3713625	0.76	0.75	0.65	0.87	4.1	1.315789474	22.11842105	20	14	212.8	0.1	3.04	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI1	492434	3713631	0.76	0.78	0.69	0.84	3.75	1.315789474	18.50328947	20	15	228	0.07	3.53	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI2	491632	3714428	0.73	0.75	0.64	0.82	6.19	1.369863014	52.48780822	20	14	204.4	0.09	4.19	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI3	492433	3714428	0.71	0.69	0.6	0.82	8.37	1.408450704	98.67169014	20	15	213	0.1	5.73	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI4	493233	3714429	0.8	0.8	0.69	0.91	4.19	1.25	21.945125	15	19	228	0.11	3.72	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI5	494034	3714428	0.83	0.83	0.73	0.93	2.81	1.204819277	9.513373494	20	13	215.8	0.1	2.14	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI6	494831	3714428	0.9	0.91	0.78	1.02	3.46	1.111111111	13.30177778	20	12	216	0.12	2.47	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI7	492433	3715228	0.75	0.72	0.65	0.84	2.41	1.333333333	7.744133333	20	14	210	0.09	1.23	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI8	493232	3715228	0.76	0.74	0.64	0.89	2.24	1.315789474	6.602105263	20	14	212.8	0.12	1.44	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DI9	494031	3715228	1.32	1.35	1.22	1.42	1.85	0.757575758	2.59280303	20	8	211.2	0.1	1.11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dolat	490827	3717629	1.11	1.13	1.03	1.19	2	0.900909091	3.603603604	20	13	288.6	0.07	1.33	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Emam	494834	3718424	13.38	13.4	12.9	13.8	0.87	0.074738416	0.056569507	20	6	1605.6	0.47	0.17	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EMZ	491633	3717628	0.94	0.96	0.83	1.06	2.03	1.063829787	4.38393617	20	17	319.6	0.11	1.31	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Enayat	490833	3716027	0.83	0.82	0.7	0.96	2.07	1.204819277	5.16253012	20	13	215.8	0.13	1.19	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Entezam	493233	3716825	0.94	0.91	0.85	1.04	1.02	1.063829787	1.106808511	20	11	206.8	0.09	0.25	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Farman	494026	3717639	0.97	0.97	0.84	1.09	1.14	1.030927835	4.339793814	20	12	232.8	0.12	0.79	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Far2	494173	3717798	0.93	0.89	0.8	1.06	2.03	1.075268817	4.431075269	20	12	223.2	0.134	0.98	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Faz2	496430	3719226	10.6	10.6	10.1	11.17	1.2	0.094339623	0.135849057	20	4	848	0.526	0.32	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ghods	492434	3718429	0.67	0.69	0.6	0.74	2.02	1.492537313	6.090149254	20	15	201	0.07	2.09	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Golshan	494833	3717627	0.82	0.82	0.75	0.89	2.05	1.219512195	5.125	20	13	213.2	0.07	1.06	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Helal	494026	3717858	0.77	0.75	0.67	0.87	2.24	1.298701299	6.516363636	20	13	200.2	0.103	0.96	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hoz-e-sefid	492423	3716037	0.86	0.87	0.79	0.93	1.57	1.162790696	2.866162791	20	13	223.6	0.07	0.95	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Jamz	490831	3719228	12.04	12.04	11.57	12.51	2.39	0.083056478	0.47442691	20	10	2408	0.47	0.43	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Jamz2	491630	3719228	1.06	1.06	0.95	1.16	1.3	0.943396226	1.594339623	20	10	212	0.105	0.68	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Jamz3	492431	3720023	1.06	1.07	0.95	1.18	1.02	0.943396226	0.981509434	20	11	233.2	0.11	0.79	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Kargar	491632	3716829	0.71	0.73	0.61	0.81	2.56	1.408450704	9.230422535	20	15	213	0.1	1.35	✓	✓	✓	✓	✓	✓
koore	490831	3716827	0.83	0.83	0.79	0.86	2.02	1.204819277	4.916144578	20	13	215.8	0.04	1.04	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Kosar	492434	3717628	1.51	1.51	1.36	1.67	1.85	0.662251656	2.296556291	20	7	211.4	0.15	1.49	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tabi	496432	3717627	11.02	11	10.48	11.57	1.12	0.090744102	0.113829401	20	7	1542.8	0.54	0.17	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tabi1	496432	3716827	11.18	11.18	10.63	11.73	1.1	0.089445438	0.10822898	20	5	1118	0.55	0.25	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mehr1	494833	3720029	10.28	10.26	9.93	10.64	2.01	0.097276265	0.393005837	20	3	616.8	0.35	0.65	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mehr2	495632	3719228	8.49	8.47	8.15	8.82	2.35	0.11778563	0.650471143	20	5	849	0.33	0.98	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mehr3	495631	3720029	12.21	12.21	11.87	12.55	1.42	0.081900082	0.165143325	20	7	1709.4	0.34	0.25	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mehr4	496430	3720020	8.37	8.37	7.97	8.79	3.3	0.119474313	1.301075269	20	5	837	0.41	0.51	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mehr5	494832	3719226	10	10	9.62	10.39	1.04	0.1	0.10816	20	5	1000	0.38	0.07	✓	✓	✓	✓	✓	✓

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

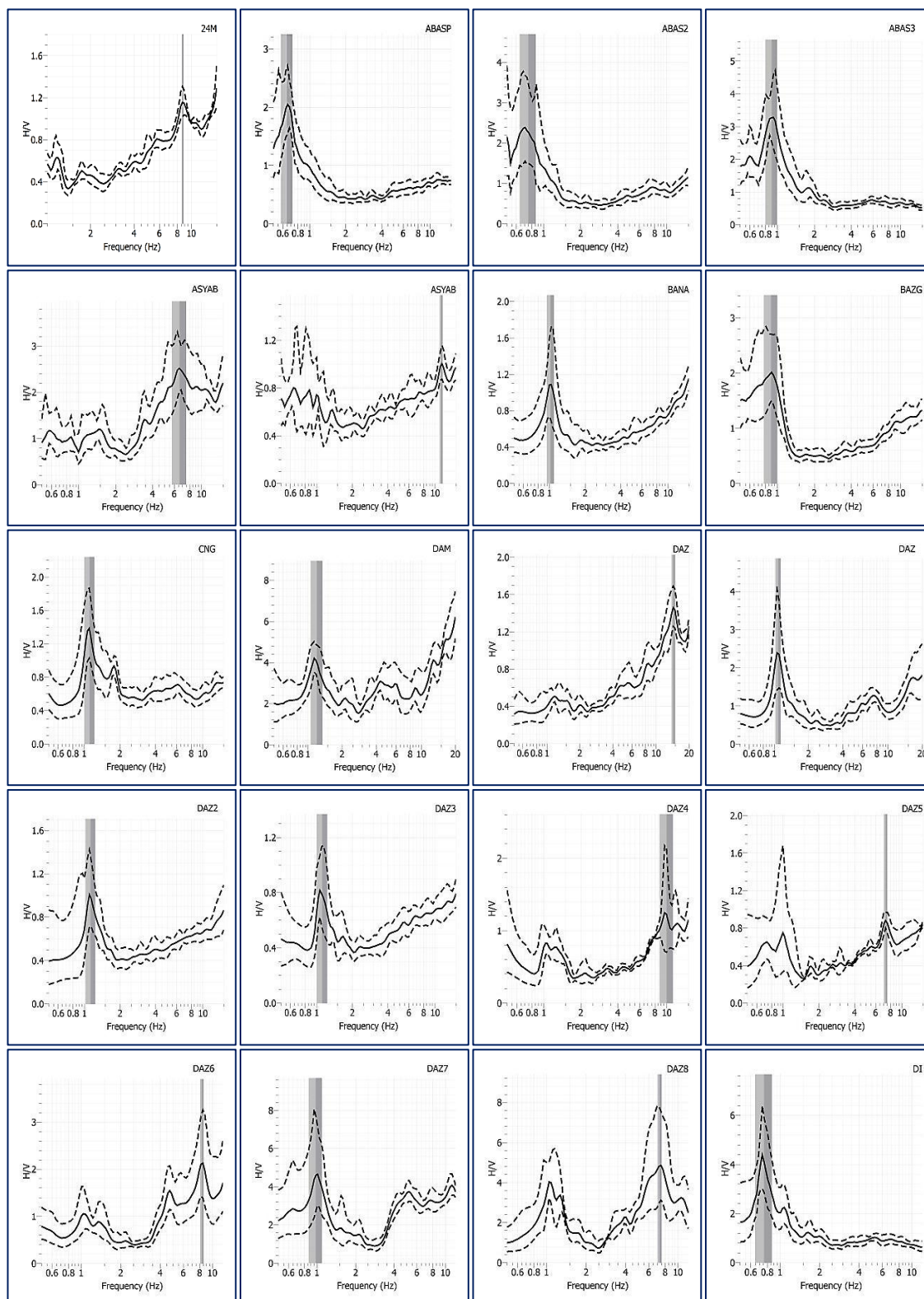
ادامه‌ی جدول ۴-۱۰-

Sta.	Utmx	UtmY	f ₀	f _{peak}	F _{rstddev} (Hz)	F _{sstddev} (Hz)	A0	T	V _i =A0 ² /f ₀	n _w	n _e	n _c	c _f	σ _A (f ₀)	i	ii	iii	iv	v	vi
M.Asb	492434	3716826	0.75	0.79	0.65	0.86	2.24	1.333333333	6.690133333	20	16	240	0.1	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Moalem	495631	3718427	9.6	9.6	9.27	9.93	1.29	0.104166667	0.17334375	20	7	1344	0.33	0.22	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mossalla	492434	3720830	1.21	1.26	1.09	1.33	0.6	0.826446281	0.297520661	20	10	242	0.12	0.27	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pahn	494031	3716827	0.81	0.81	0.76	0.86	2.85	1.234567901	10.02777778	20	13	210.6	0.05	3.03	✓	✓	✓	✓	✓	✓
pahn2	494832	3716828	1.02	1.02	0.95	1.1	2.58	0.980392157	6.525882353	20	11	224.4	0.07	2.25	✓	✓	✓	✓	✓	✓
pahn3	495632	3716827	11.87	11.87	11.28	12.47	1.24	0.084245998	0.129536647	20	8	1899.2	0.59	0.25	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Part	496430	3720820	4.54	4.54	4.34	4.74	1.83	0.220264317	0.737643172	20	5	454	0.19	0.28	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Payam	497230	3719225	9.91	9.91	9.59	10.22	3	0.100908174	0.908173562	20	11	2180.2	0.32	0.63	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Rah	490832	3718428	0.69	0.69	0.64	0.73	2.28	1.449275362	7.533913043	20	16	220.8	0.04	0.9	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Rez	491631	3718427	0.84	0.86	0.76	0.93	1.33	1.19047619	2.105833333	20	14	235.2	0.09	0.75	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Rez2	491630	3719221	0.72	0.72	0.63	0.81	2.22	1.388888889	6.845	20	15	216	0.09	1.52	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Rokn Abad	491636	3716031	0.64	0.66	0.58	0.71	2.31	1.5625	8.33765625	20	16	204.8	0.06	1.15	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sadouq	494032	3718427	1.39	1.35	1.31	1.47	0.67	0.71942446	0.32294964	20	8	222.4	0.08	0.26	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sadouq1	493232	3718426	0.64	0.64	0.59	0.69	2.01	1.5625	6.31265625	20	17	217.6	0.05	0.91	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Gomnam	496431	3718427	8.16	8.16	8.16	8.16	1.15	0.12254902	0.162071078	20	3	489.6	0	0.38	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SHS	494031	3713629	0.92	0.93	0.83	1.01	1.5	1.086956522	2.445652174	20	12	220.8	0.09	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Taleb	491634	3715228	0.68	0.69	0.6	0.77	2.19	1.470588235	7.053088235	20	16	217.6	0.09	0.71	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Z11	493233	3719229	0.85	0.85	0.76	0.94	1.26	1.176470588	1.867764706	20	13	221	0.08	1.56	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Z12	492434	3719226	0.58	0.6	0.55	0.61	1.82	1.724137931	5.711034483	20	20	232	0.03	0.73	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Zob-e-ahan	494035	3720020	7.81	7.86	7.34	8.02	1.71	0.128040973	0.374404609	20	4	624.8	0.34	0.73	✓	✓	✓	✓	✓	✓

۴-۲-۴-۴- درون‌یابی داده‌های قدیم و جدید با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS

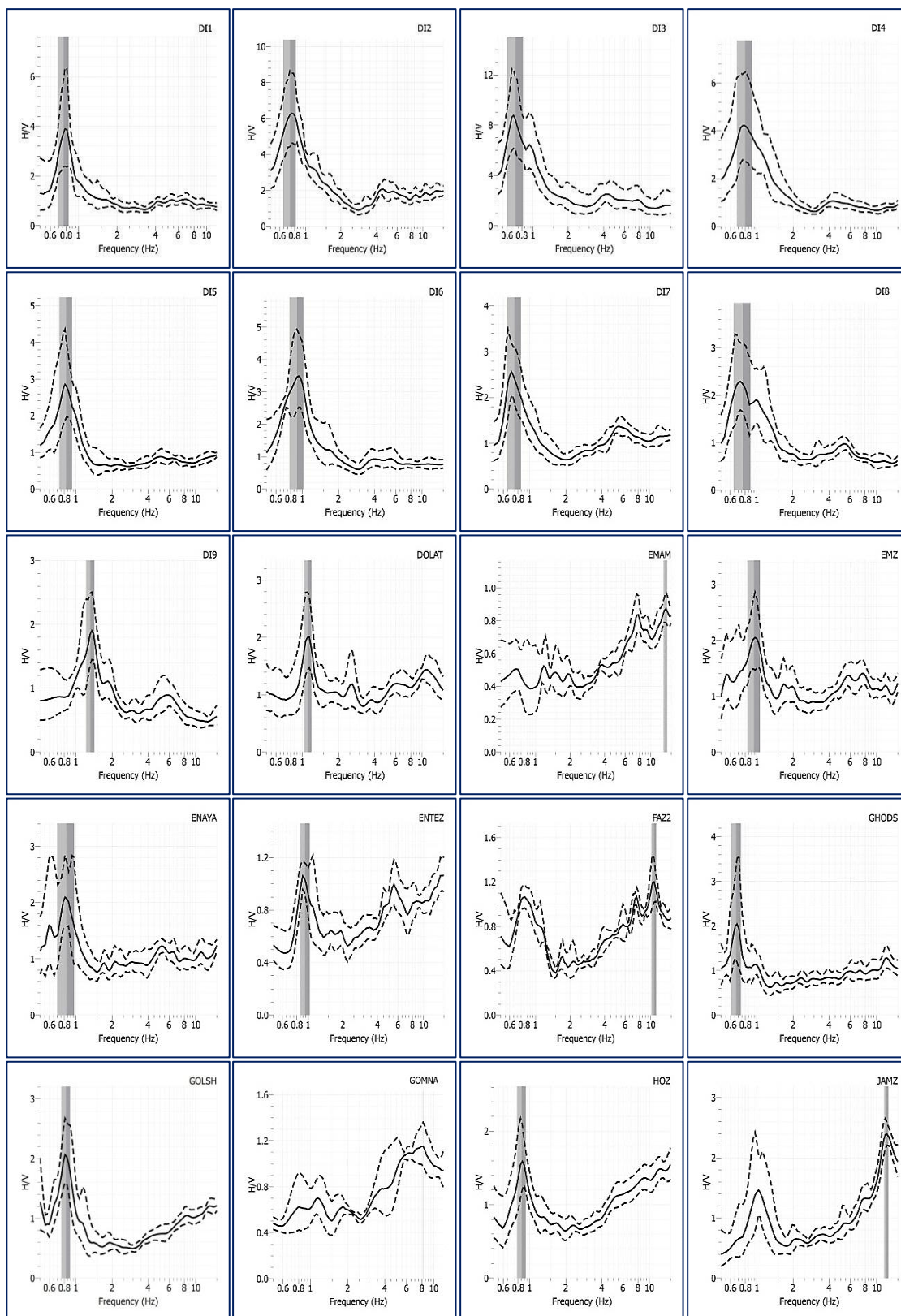
در این مطالعه ابتدا برای برداشت‌های میکروترومور جدید (مربوط به مطالعه‌ی حاضر، ۱۳۹۲) و قدیم (مربوط به پروژه ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای شهر طبس، ۱۳۸۸) یک بانک اطلاعاتی در محیط جی‌آی‌اس تشکیل شد و پس از فراخوانی داده‌ها، جهت درون‌یابی برداشت‌ها به عنوان یک متغیر پیوسته، از ماژول زمین‌آمار (Geostatistical Wizard) و زیر شاخه وزن‌دهی فاصله‌ای معکوس (Inverse distance weighting) استفاده گردید و بدین ترتیب نقشه‌های هم‌فرکانس، هم‌پریود، تابع بزرگنمایی و شاخص آسیب‌پذیری (Vulnerability index) رسم گردید. در نقشه‌ی هم‌پریود و هم‌فرکانس به دست آمده از تفسیر داده‌های جدید و قدیم، کم‌ترین مقدار پریود یا بیشترین مقدار فرکانس غالب مربوط به قسمت‌های شرقی شهر طبس است که علت آن وجود رسوبات درشت و متراکم و همچنین بالآمدگی احتمالی پی‌سنگ در اثر عبور روند شماره "۱" گسل‌های کواترنری معرفی شده در فصل اول از این مناطق می‌باشد (شکل ۲-۱).

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس



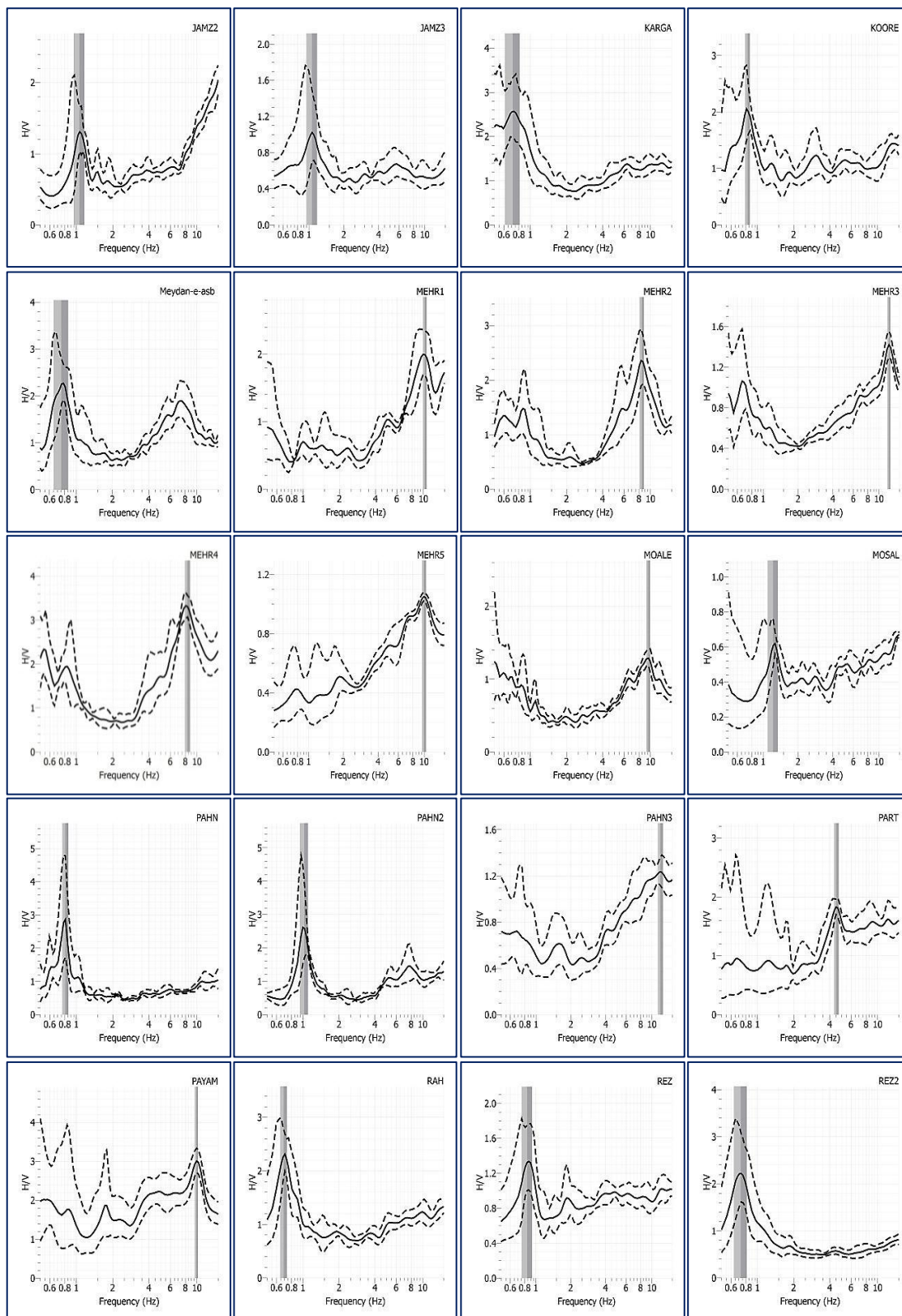
شکل ۴-۲۴) - منحنی‌های H/V به دست آمده از نرم‌افزار Geopsy مربوط به داده‌های برداشت شده جدید

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس



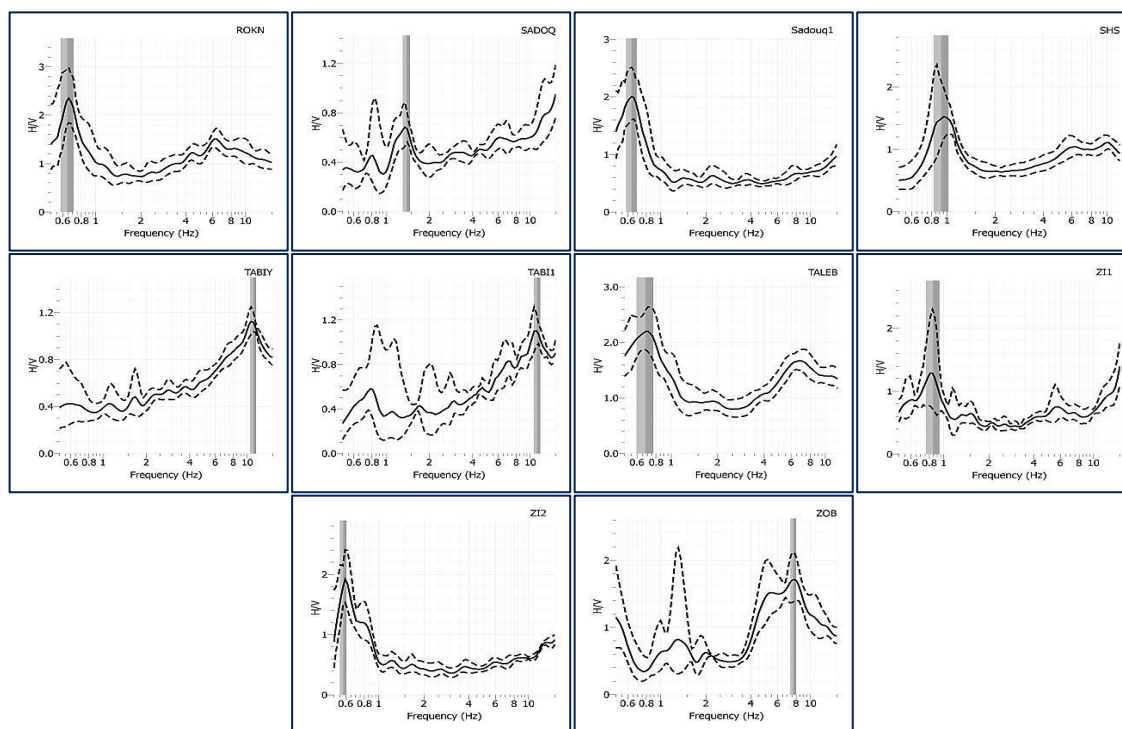
ادامه‌ی شکل ۴-۲۴-

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌های آبرفت در گستره‌ی شهر طبس



ادامه‌ی شکل ۴-۲۴-

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس



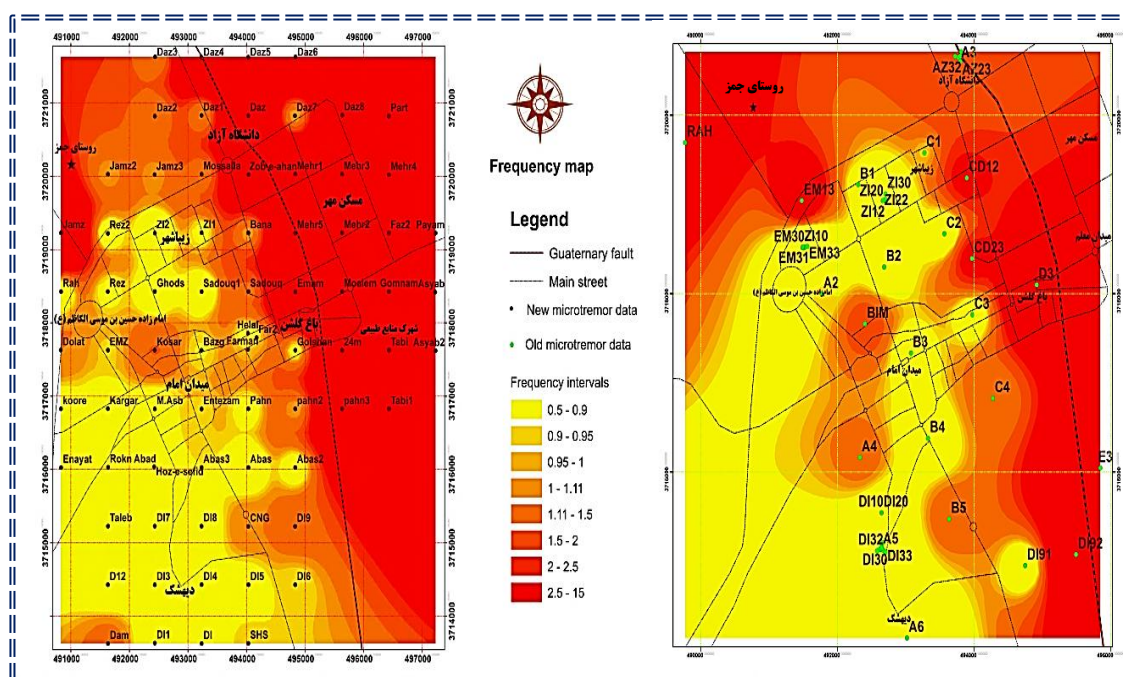
ادامه‌ی شکل ۴-۲۴-

بیشترین مقدار پیرو و کم‌ترین مقدار فرکانس مربوط به قسمت‌های جنوبی و غربی است. ریز بودن رسوب این مناطق، علت زیاد بودن پیرو می‌باشد. در قسمت‌های مرکزی به دلیل وجود گراول همراه با لای زیاد، مقادیر فرکانس و پیرو متوسط است. تنها اختلاف موجود بین درون‌یابی‌های حاصل از داده‌های جدید و قدیم در قسمت‌های شمالی است که این اختلاف به دلیل عدم برداشت در قسمت‌های شمالی در پروژه ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای شهر طبس می‌باشد و به علت وجود مقادیر تقریباً مساوی از گراول و ماسه در رسوب این مناطق، به دست آمدن مقادیر متوسط تا زیاد از فرکانس در داده‌های برداشت شده جدید منطقی می‌باشد. بنابراین نتایج نشان داد که به طور کلی روند تغییرات پیرو در شهر طبس از مرکز به طرف جنوب و غرب افزایش ولی به طرف شمال، در محدوده‌ی دانشگاه آزاد و همچنین به طرف شرق با نزدیک شدن به گسل‌های کواترنری واقع شده در

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

شرق و درشت شدن رسوبات، در محدوده شهرک منابع طبیعی و مسکن مهر کاهش یافته است (شکل

۲۵-۴ و ۲۶-۴).



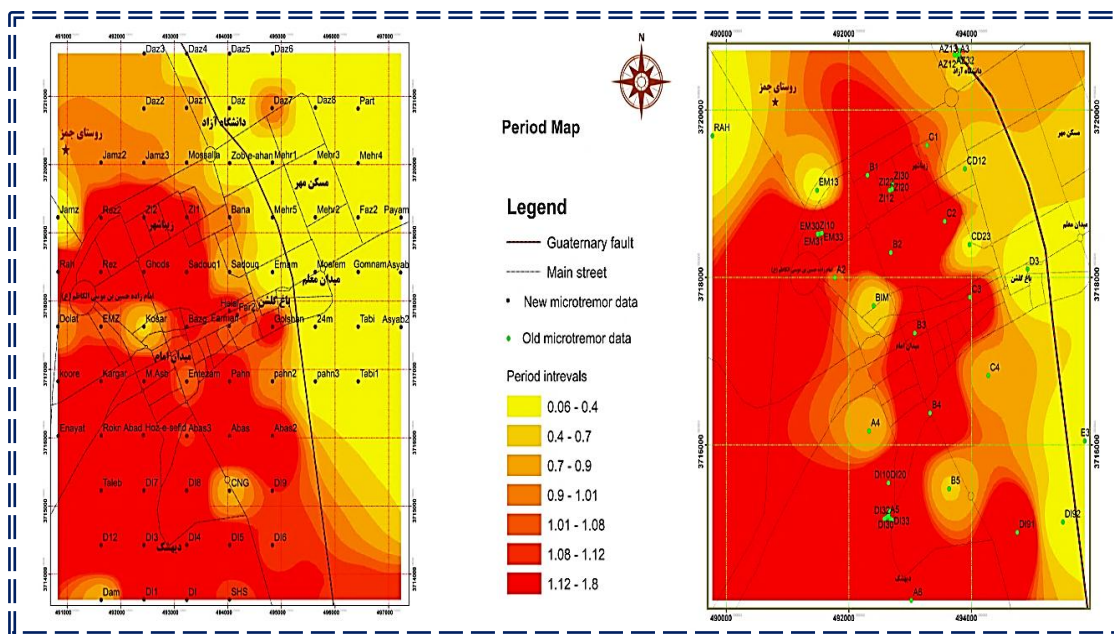
شکل ۴-۲۵- نقشه تغییرات فرکانس تشدید بر اساس داده‌های جدید (سمت چپ) و داده‌های قدیم (سمت راست)

در شکل (۴-۲۷) نقشه ضریب تقویت آبرفت که بر اساس تغییرات مقادیر حداکثر دامنه H/V درون‌یابی شده است، ارائه گردیده است. نتایج نشان می‌دهد بیشترین مقادیر مربوط به قسمت‌های غربی، جنوبی و شمال شرقی می‌باشد که دارای ضریب تقویت بزرگتر از ۲ و کمترین مقادیر مربوط به قسمت‌های شرقی و شمال غربی است که دارای ضریب تقویت کوچک تر از ۲ می‌باشند. تفاوت‌های ایجاد شده در قسمت‌های شمال غربی و تا حدودی مرکز شهر در نقشه‌های درون‌یابی شده ضریب تقویت حاصل از تحلیل داده‌های قدیم و جدید، حاصل عدم برداشت کافی یا عدم پراکندگی مناسب برداشت‌ها، در پروژه ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای می‌باشد.

بعد از به دست آوردن نتایج تحلیل فرکانس تشدید و ضریب تقویت، شاخص آسیب‌پذیری برای هر

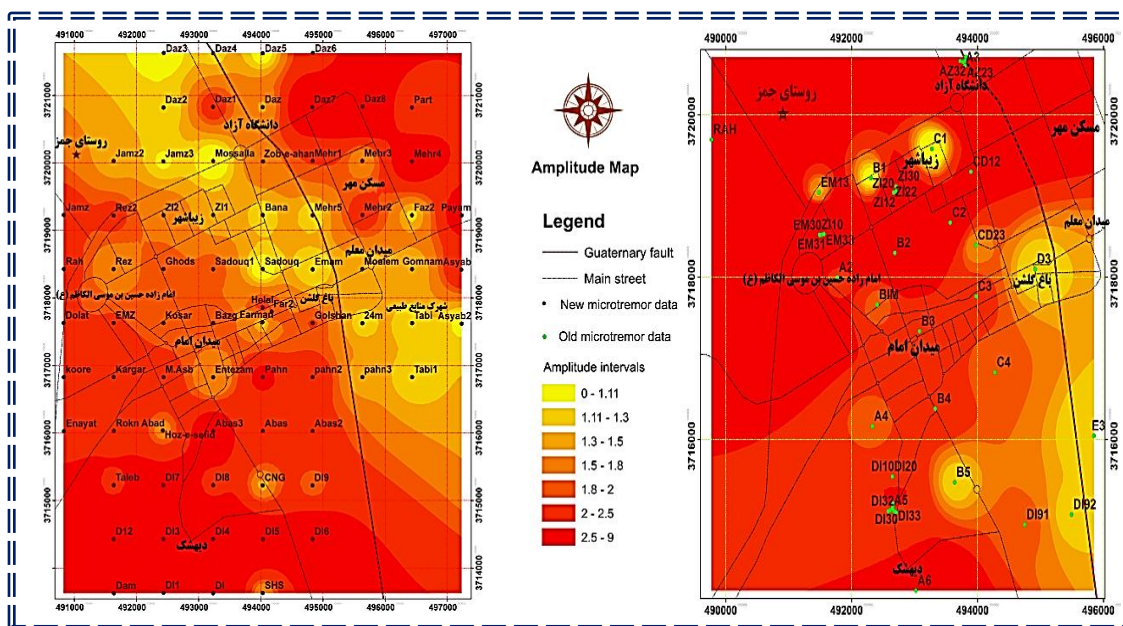
ایستگاه از رابطه‌ی $V_i = A_0^2 / f_0$ محاسبه شد و بر طبق مقادیر حاصله، نقشه‌ی درون‌یابی آن تهیه شد.

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس



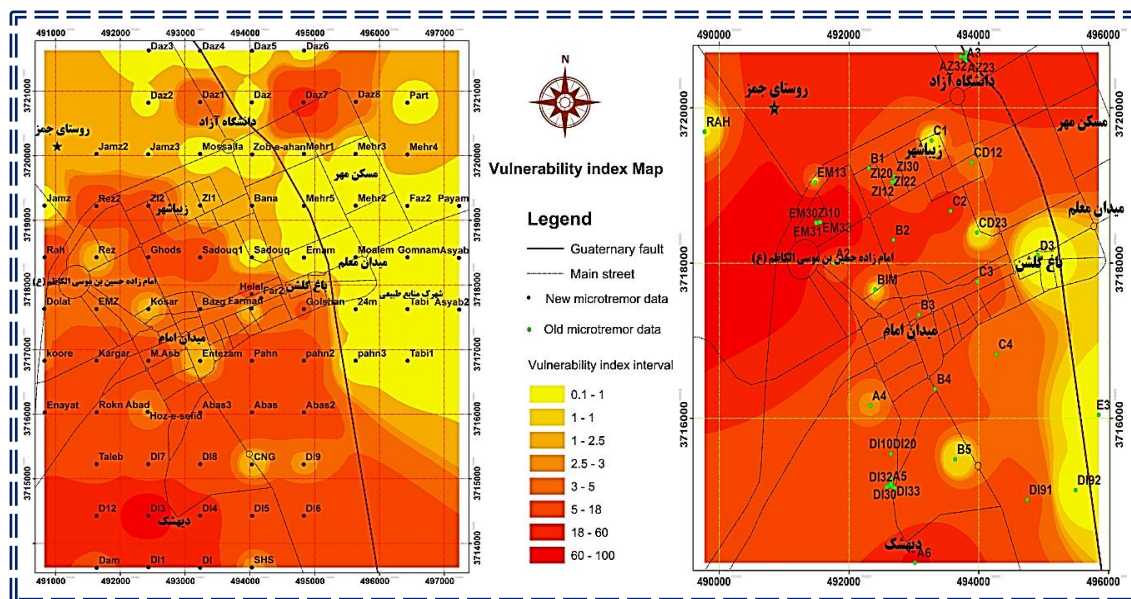
شکل ۴-۲۶- نقشه تغییرات پریود تشدید حاصل از داده‌های جدید (سمت چپ) و قدیم (سمت راست)

بر اساس نتایج به دست آمده، شمال شرق، جنوب و بخش‌های غربی شهر، دارای آسیب‌پذیری بالاتری نسبت به بقیه نقاط می‌باشند و بخش‌های شرقی دارای کم‌ترین میزان می‌باشد (شکل ۴-۲۸).



شکل ۴-۲۷- نقشه تغییرات ضریب تقویت حاصل از داده‌های جدید (سمت چپ) و قدیم (سمت راست)

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

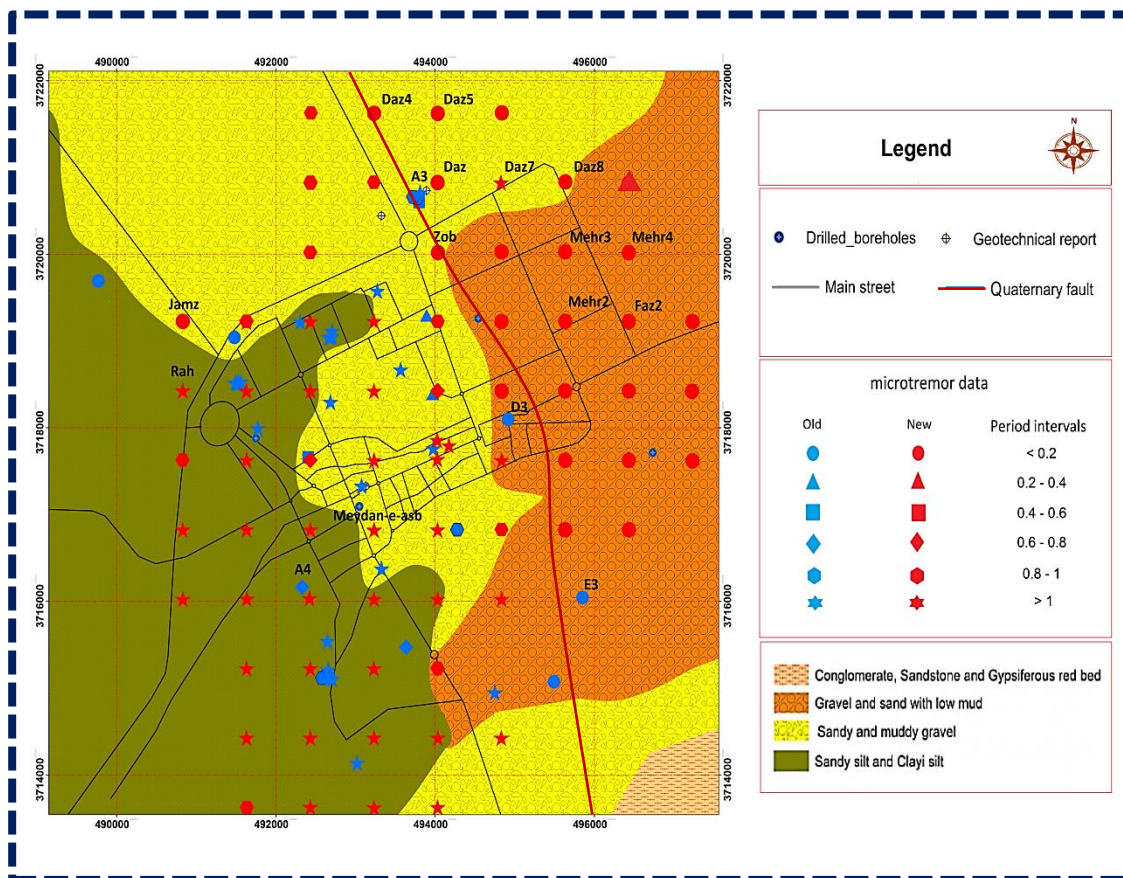


شکل ۴-۲۸- نقشه تغییرات شاخص آسیب‌پذیری حاصل از داده‌های جدید (سمت چپ) و قدیم (سمت راست)

۴-۳- ارزیابی نتایج

جهت ارزیابی نتایج حاصل از تحلیل داده‌های میکروترمور، انطباق یا عدم انطباق نتایج با نقشه بافت خاک و مقاطع خاک‌شناسی مورد بررسی قرار گرفت. در مورد بافت خاک، با پلات کردن داده‌های میکروترمور جدید و قدیم بر روی نقشه بافت خاک، انطباق نتایج پیروید تقویت با بافت خاک مطابق شکل (۴-۲۹) مورد بررسی قرار گرفت. بازه‌های پیرویدی در نظر گرفته شده در این شکل، بازه‌های پیشنهادی در آیین نامه ۲۸۰۰ ایران می‌باشد. علیرغم وجود انطباق در بسیاری از موارد، نتایج این مطالعه نشان داد که هم‌خوانی صد در صدی بین این دو پارامتر وجود ندارد. به عنوان مثال در قسمت‌های شرقی و مرکزی علیرغم غلبه رسوبات درشت بر رسوبات ریزدانه، مواردی از پیرودهای بالاتر از یک وجود دارد. اما در موارد دیگر مثل قسمت‌های غربی مقادیر پیروید زیاد می‌باشد (۱/۸-۱/۲) و بیشترین مقادیر پیروید به این قسمت اختصاص دارد؛ که کاملاً با ریزدانه بودن رسوب همخوانی دارد. و یا کم‌ترین مقدار پیروید مربوط به قسمت‌های شرقی است که به جزء یک مورد، در دیگر برداشت‌ها در این قسمت، انطباق کامل بین نوع رسوب و مقدار پیروید به دست آمده وجود داشت.

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس



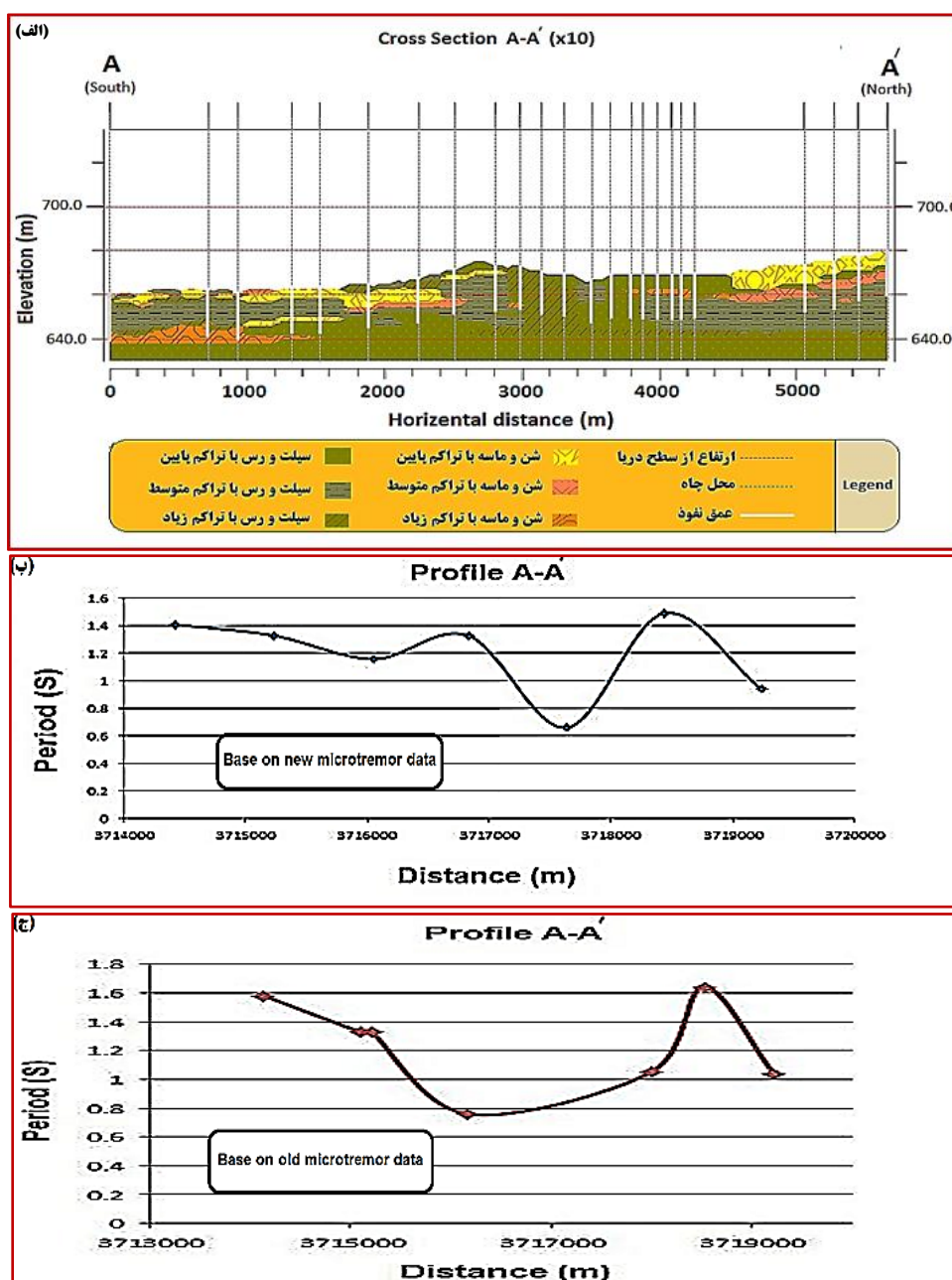
شکل ۴-۲۹- پلات کردن مقادیر پریود تشدید مربوط به داده‌های جدید (نقاط قرمز رنگ) و قدیم (نقاط آبی رنگ) بر روی نقشه بافت خاک به همراه نمایش مقادیر پریود مربوط به هر نقطه با شکل‌های هندسی مختلف.

در مورد مقاطع خاک‌شناسی، با رسم نمودار تغییر پریود بر اساس داده‌های قدیم و جدید میکروترمور در مسیر هر پروفیل، علت تغییرات پریودی با شرایط زیرسطحی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که علیرغم اختلاف در جزئیات، روند کلی نمودارهای ترسیمی با مقاطع خاک‌شناسی هم‌خوانی بسیار خوبی را نشان می‌دهد. در ادامه، با نگاه بر روند تغییر پریود در مسیر هر پروفیل، مقاطع ترسیمی به طور مجزا مورد بررسی قرار می‌گیرد.

- در مقطع $A-A'$ ، مقدار پریود در ابتدای مسیر بالا است که این پدیده با تراکم متوسط و سیلتی بودن خاک هم‌خوانی دارد. با عبور از این منطقه و رسیدن به میانه‌های پروفیل، پریود فقط به دلیل تراکم بیشتر، مقداری کم‌تر شده، ولی به طور کلی تغییر چندانی نداشته است. اما با رسیدن به انتهای

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

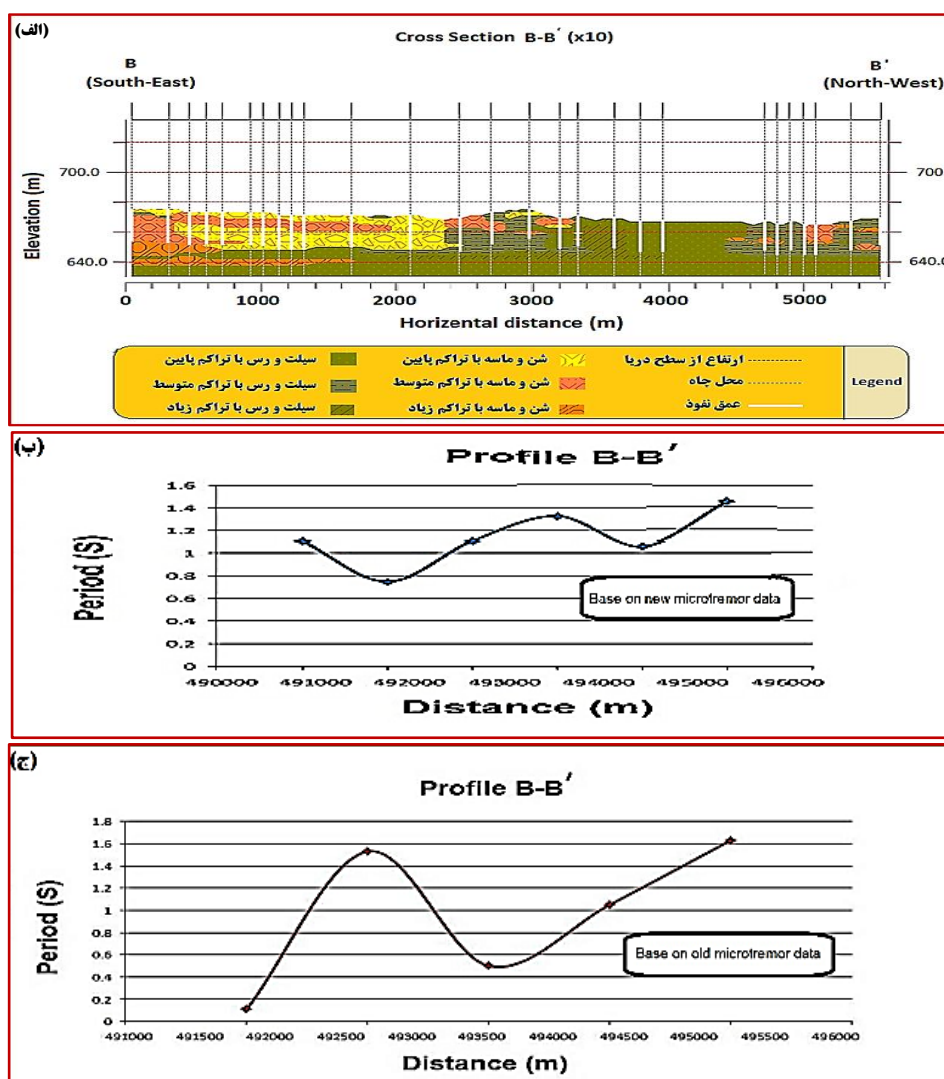
مسیر به دلیل شنی شدن خاک، پریود کاهش یافته است، اما علیرغم شنی بودن، تراکم پایین رسوب در شمال شهر، اجازه کاهش بیش از حد به پریود را نداده است. به طور کلی پریود در این مسیر روند نزولی‌ای را طی کرده است که با شرایط زیر سطحی هم‌خوانی دارد (شکل ۴-۳۰).



شکل ۴-۳۰- الف- پروفیل A-A'؛ ب- نمودار تغییر میزان پریود بر اساس داده‌های جدید (۱۳۹۲)؛ ج- نمودار تغییر میزان پریود بر اساس داده‌های قدیم (۱۳۸۸)

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

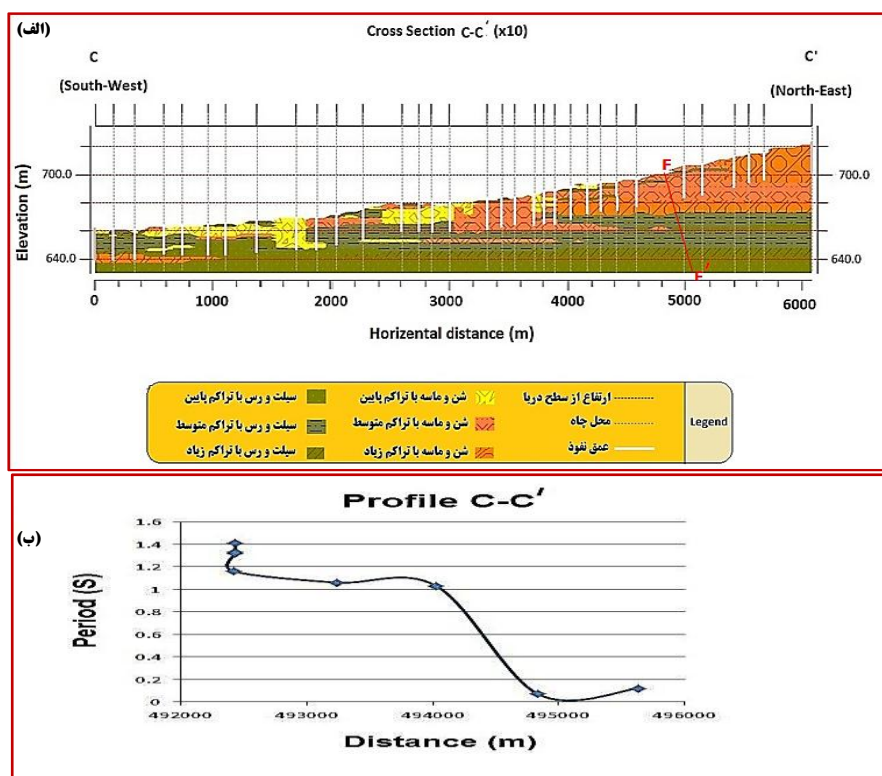
- در مقطع B-B'، پریود در ابتدای مسیر در داده‌های جدید (DI6) به دلیل تراکم پایین و وجود لای بالاتر از یک قرار گرفته است. ولی در داده‌های قدیم (DI92) به علت قرار گرفتن روی گسل مقدار پریود خیلی پایین است. ولی با عبور از ابتدای مسیر و در میانه‌های پروفیل، پریود حاصل از داده‌های جدید و قدیم هم‌خوانی دارد. با عبور از میانه‌های پروفیل و رسیدن به انتها، پریود افزایش چشمگیری داشته است که این با ریزدانه شدن رسوب مطابقت دارد (شکل ۴-۳۱).



شکل ۴-۳۱- الف- پروفیل B-B'؛ ب- نمودار تغییر میزان پریود بر اساس داده‌های جدید (۱۳۹۲)؛ ج- نمودار تغییر میزان پریود بر اساس داده‌های قدیم (۱۳۸۸)

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

* با توجه به نبود رکورد مربوط به داده‌های قدیمی در انتهای مسیر پروفیل $C-C'$ و $D-D'$ ، نمودارهای تغییر پریود در این دو مقطع، فقط بر اساس داده‌های جدید ترسیم گردیده است. - در مقطع $C-C'$ ، پریود در ابتدای مقطع خیلی بالا و هر چه به میانه‌های مسیر نزدیک می‌شویم، از مقدار پریود کاسته شده و در انتهای مسیر به دلیل درشت شدن رسوب و تراکم بالا، پریود خیلی پایین می‌باشد. بنابراین روند کلی پریود در این پروفیل، از ابتدا به انتها، نزولی است (شکل ۴-۳۲).

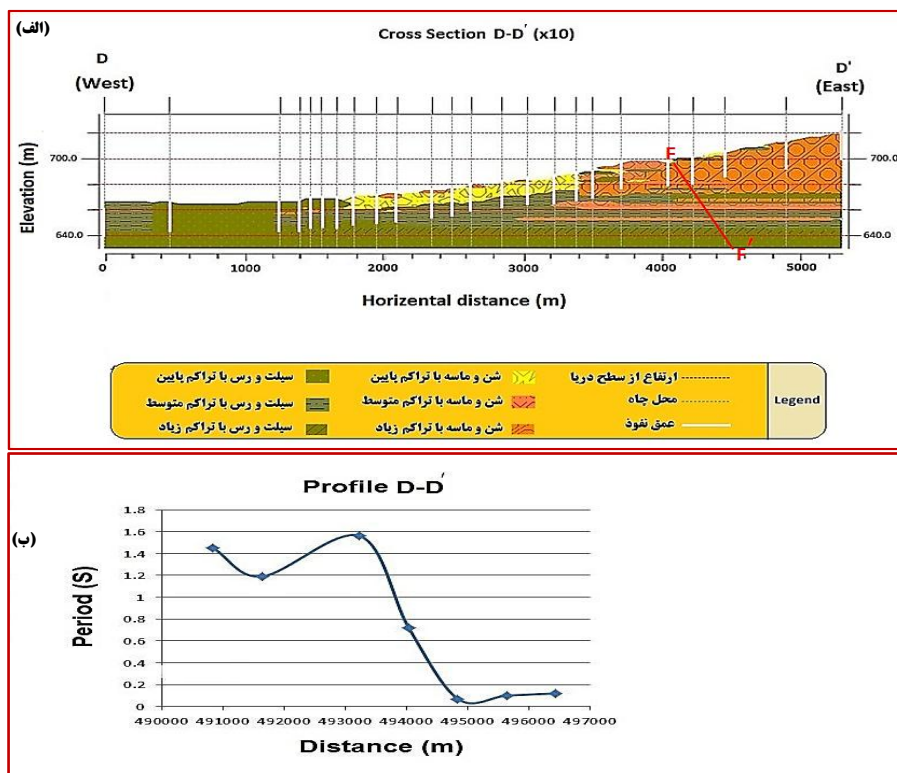


شکل ۴-۳۲- الف- پروفیل $C-C'$ (خط قرمز رنگ $F-F'$ محل عبور روند شماره‌ی "۱" گسل‌های کواترنری معرفی شده در فصل اول (شکل ۱-۲) را نشان می‌دهد)؛ ب- نمودار تغییر میزان پریود بر اساس داده‌های جدید (برداشت شده در این مطالعه، ۱۳۹۲)

- در مقطع $D-D'$ ، به لحاظ تغییر مقادیر پریود، در ابتدای مقطع، پریود بالا و در انتهای آن پریود خیلی پایین می‌باشد. این پدیده به طور کامل با ریز و غیرمتراکم بودن رسوب در قسمت‌های غربی و

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

درشت و متراکم بودن در قسمت‌های شرقی کاملاً هم‌خوانی دارد. بنابراین روند کلی پیروود در این مقطع، نزولی است (شکل ۴-۳۳).



شکل ۴-۳۳- الف- پروفیل D-D' (خط قرمز رنگ F-F') محل عبور روند شماره‌ی "۱" گسل‌های کواترنری معرفی شده در فصل اول (شکل ۱-۲) را نشان می‌دهد؛ ب- نمودار تغییر میزان پیروود بر اساس داده‌های جدید (برداشت شده در این مطالعه، ۱۳۹۲)

۴-۴-۴- ارزیابی خطرپذیری شهر

در این بخش با تعیین سرعت موج برشی، آبرفت شهر طبس به لحاظ لرزه‌ای طبق آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران طبقه‌بندی شد. سپس با تلفیق نتایج پیروود تقویت، شاخص آسیب‌پذیری و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت و با در نظر گرفتن مسیر عبور گسل‌های کواترنری (شکل ۱-۲)، ضمن معرفی خطرپذیرترین مناطق، ایمن‌ترین جهت برای گسترش شهر در آینده و تمرکز امکانات توسعه‌ای پیشنهاد گردید.

۴-۴-۴-۱- محاسبه‌ی سرعت موج برشی

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

جهت تعیین سرعت موج برشی در سطح شهر طبس، از اطلاعات ۶ گمانه‌ی اکتشافی طرح ریزپهنه‌بندی با عمق ۳۰ متر که در آن، مطالعات درون گمانه‌ای صورت گرفته است و ابتدای فصل به آن‌ها اشاره شد، استفاده گردید. سرعت موج برشی در این گمانه‌ها به صورت مستقیم به روش درون گمانه‌ای تعیین شده است. بر اساس نتایج حاصل از گمانه‌های مذکور، رابطه‌ی بین سرعت موج در ۳۰ متر فوقانی خاک (بر حسب متر بر ثانیه) و فرکانس غالب ساختگاه به دست آمده در این مطالعه، به صورت زیر تعیین شده است:

$$V_{s30} \text{ (m/s)} = 43.4 \cdot f_0 + 230 \quad (R = 0.4) \quad \text{رابطه‌ی (۲-۴)}$$

نتایج حاصل از تعیین سرعت موج برشی با استفاده از رابطه‌ی (۲-۴) در جدول (۴-۱۱) ذکر گردیده است.

۴-۴-۲- طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت

بر مبنای اطلاعات مربوط به میانگین سرعت موج برشی، در نهایت رده‌ی خاک در هر شبکه بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ایران (جدول ۴-۱۲) مطابق شکل (۴-۳۴) تعیین شد. بر اساس اطلاعات به دست آمده، کمترین مقدار سرعت موج برشی در بخش‌های مرکزی، غربی، جنوبی و شمال غربی و بیشترین مقدار مربوط به قسمت‌های شرقی و شمال شرقی است که این پدیده با ریز شدن رسوب و افزایش ضخامت آبرفت از شرق به غرب به دلیل فاصله گرفتن از ارتفاعات (رشته کوه‌های شتری در ۲۵ کیلومتری شرق طبس) و همچنین بالآمدگی سنگ بستر در قسمت‌های شرقی که تحت تاثیر غسل‌های قرار گرفته در شرق طبس و به دلیل پیوند متوسط بین دانه‌ای در بین رسوبات شن و ماسه در قسمت‌های شمال غربی و نیز ضخامت زیاد رسوب در قسمت‌های جنوبی به طور کامل هم‌خوانی دارد.

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

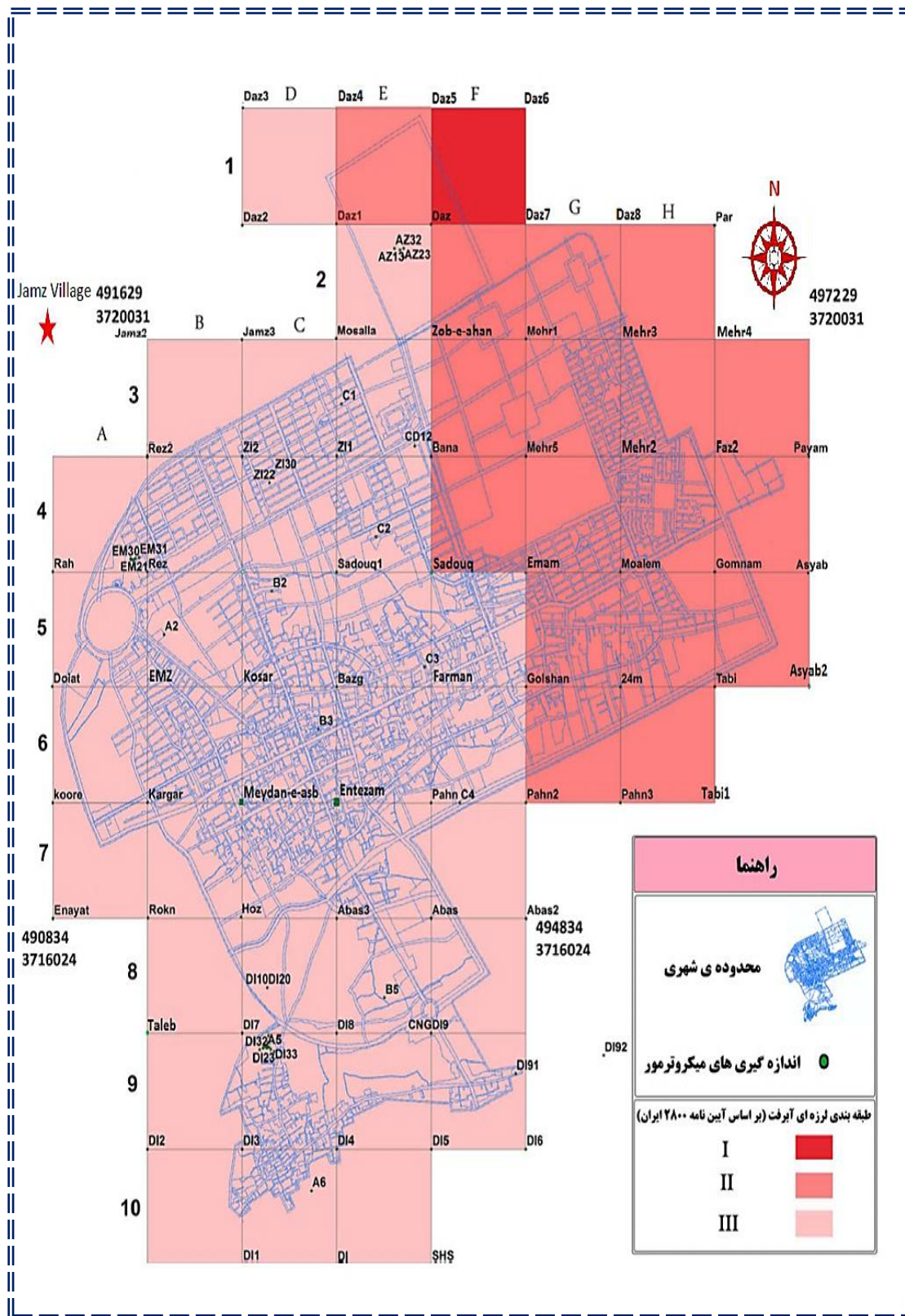
جدول ۴-۱۱) - مقادیر به دست آمده سرعت موج برشی (بر حسب متر بر ثانیه) در ایستگاه‌های برداشت میکروترومور بر اساس رابطه‌ی بین سرعت موج برشی و فرکانس غالب ساختگاه و عمق بستر لرزه‌ای (حداقل ضخامت آبرفت)

New microtremor data								Old microtremor data							
St.	f0	Vs30	Class	St.	f0	Vs30	Class	St.	f0	Vs30	Class	St.	f0	Vs30	Class
24m	8.72	608.448	II-b	Dolat	1.11	278.174	III-b	A2	0.95	271.23	III-b	E3	11.65	735.61	II-b
Abas	0.65	258.21	III-b	Emam	13.38	810.692	I-a	A4	1.32	287.288	III-b	EM10	0.63	257.342	III-b
Abas2	0.75	262.55	III-b	EMZ	0.94	270.796	I-b	A3	5.76	479.984	II-b	EM11	0.62	256.908	III-b
Abas3	0.9	269.06	III-b	Enayat	0.83	266.022	III-b	A5	1.14	279.476	III-b	EM13	12.86	788.124	I-a
Asyab	6.63	517.742	II-b	Entezam	0.94	270.796	III-b	A6	0.63	257.342	III-b	EM20	0.7	260.38	III-b
Asyab2	11.27	719.118	II-b	Farman	0.97	272.098	III-b	AZ12	1.13	279.042	III-b	EM21	0.66	258.644	III-b
Bana	1.02	274.268	III-b	Far2	0.93	270.362	III-b	AZ13	1.79	307.686	III-b	EM30	0.67	259.078	III-b
Bazg	0.89	268.626	III-b	Faz2	10.6	690.04	II-b	AZ23	1.76	306.384	III-b	EM31	0.61	256.474	III-b
CNG	1.11	278.174	III-b	Ghods	0.67	259.078	III-b	AZ31	0.68	259.512	III-b	EM33	0.52	252.568	III-b
Dam	1.2	282.08	III-b	Golshan	0.82	265.588	III-b	AZ32	1.22	282.948	III-b	RAH	9.05	622.77	II-b
Daz	14.38	854.092	I-a	Helal	0.77	263.418	III-b	B1	0.74	262.116	I-a	Z10	0.62	256.908	III-b
Daz1	1.08	276.872	III-b	Hoz-e-sefid	0.86	267.324	II-b	B2	0.69	259.946	III-b	Z12	0.65	258.21	III-b
Daz2	1.13	279.042	III-b	Jamz	12.04	752.536	II-b	B3	0.73	261.682	III-b	Z120	0.62	256.908	III-b
Daz3	1.11	278.174	III-b	Jamz2	1.06	276.004	III-b	B4	0.65	258.21	III-b	Z122	0.72	261.248	III-b
Daz4	10	664	II-b	Jamz3	1.06	276.004	III-b	B5	1.49	294.666	III-b	Z130	0.88	268.192	III-b
Daz5	7.29	546.386	II-b	Kargar	0.71	260.814	I-b	BIM	1.99	316.366	III-b				
Daz6	8.31	590.654	II-b	koore	0.83	266.022	III-b	C1	0.93	270.362	III-b				
Daz7	0.98	272.532	III-b	Kosar	1.51	295.534	III-b	C2	0.64	257.776	III-b				
Daz8	7.26	545.084	II-b	Tabi	11.02	708.268	III-b	C3	0.7	260.38	III-b				
DI	0.76	262.984	III-b	Tabi1	11.18	715.212	II-b	C4	1.18	281.212	III-b				
DI1	0.76	262.984	III-b	Mehr1	10.28	676.152	II-b	CD12	2.84	353.256	III-b				
DI2	0.73	261.682	III-b	Mehr2	8.49	598.466	II-b	CD23	3.06	362.804	III-b				
DI3	0.71	260.814	III-b	Mehr3	12.21	759.914	I-a	D3	12.9	789.86	I-a				
DI4	0.8	264.72	III-b	Mehr4	8.37	593.258	II-b	DI10	0.65	258.21	III-b				
DI5	0.83	266.022	III-b	Mehr5	10	664	II-b	DI11	0.63	257.342	III-b				
DI6	0.9	269.06	III-b	M.Asb	0.75	262.55	III-b	DI12	1.22	282.948	III-b				
DI7	0.75	262.55	III-b	Moalem	9.6	646.64	II-b	DI13	0.71	260.814	III-b				
DI8	0.76	262.984	III-b	Mossalla	1.21	282.514	III-b	DI20	0.82	265.588	III-b				
DI9	1.32	287.288	III-b	Pahn	0.81	265.154	I-b	DI21	0.74	262.116	III-b				
pahn2	0.8	264.72	III-b	Sadouq	0.82	265.588	III-b	DI22	0.92	269.928	III-b				
pahn3	0.83	266.022	III-b	Sadouq1	8.16	584.144	II-b	DI23	0.68	259.512	III-b				
Part	0.9	269.06	III-b	Gomnam	0.86	267.324	III-b	DI30	0.78	263.852	III-b				
Payam	0.75	262.55	III-b	SHS	1.06	276.004	III-b	DI31	0.75	262.55	III-b				
Rah	0.76	262.984	III-b	Taleb	1.06	276.004	III-b	DI32	1.11	278.174	III-b				
Rez	1.32	287.288	III-b	Z11	0.61	256.474	III-b	DI33	0.75	262.55	III-b				
Rez2	1.11	278.174	III-b	Z12	0.79	264.286	III-b	DI91	0.65	258.21	III-b				
Rokn Abad	0.83	266.022	III-b	Zob-e-ahan	10.28	676.152	II-b	DI92	9.4	637.96	III-b				

جدول ۴-۱۲) - طبقه‌بندی زمین بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ ایران

نوع زمین	توصیف نهشته‌ها	حدود تقریبی V_s^{30} (m/s)
I	الف) سنگهای آذرین (دارای بافت درشت و ریز دانه)، سنگهای رسوبی سخت و بسیار مقاوم و سنگهای دگرگونی توده‌ای (گنایس - سنگهای متبلورسیلیکانه)، طبقات کنگلومرایی ب) خاکهای سخت (شن و ماسه متراکم، رس بسیار سخت) با ضخامت کمتر از ۳۰ متر	بیش از ۷۵۰ $750 > V_s \geq 375$
II	الف) سنگهای آذرین سست (مانند توف)، سنگهای سست رسوبی، سنگهای دگرگونی متورق و به طور کلی سنگهایی که در اثر هوازدگی و تورق (تجزیه و تخریب) سست شده‌اند. ب) خاکهای سخت (شن و ماسه متراکم، رس بسیار سخت) با ضخامت بیش از ۳۰ متر	$750 > V_s \geq 375$
III	الف) سنگهای متلاشی شده در اثر هوازدگی ب) خاکهای با تراکم متوسط، طبقات شن و ماسه با پیوند متوسط بین دانه‌ای و رس با سختی متوسط	$375 > V_s \geq 175$ $375 > V_s \geq 175$
IV	الف) نهشته‌های نرم با رطوبت زیاد در اثر بالا بودن سطح آب زیرزمینی ب) هر گونه پروفیل خاک شامل حداقل ۶ متر خاک رس با اندیس خمیری بیشتر از ۲۰ درصد و رطوبت بیشتر از ۴۰ درصد	کمتر از ۱۷۵

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لوزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

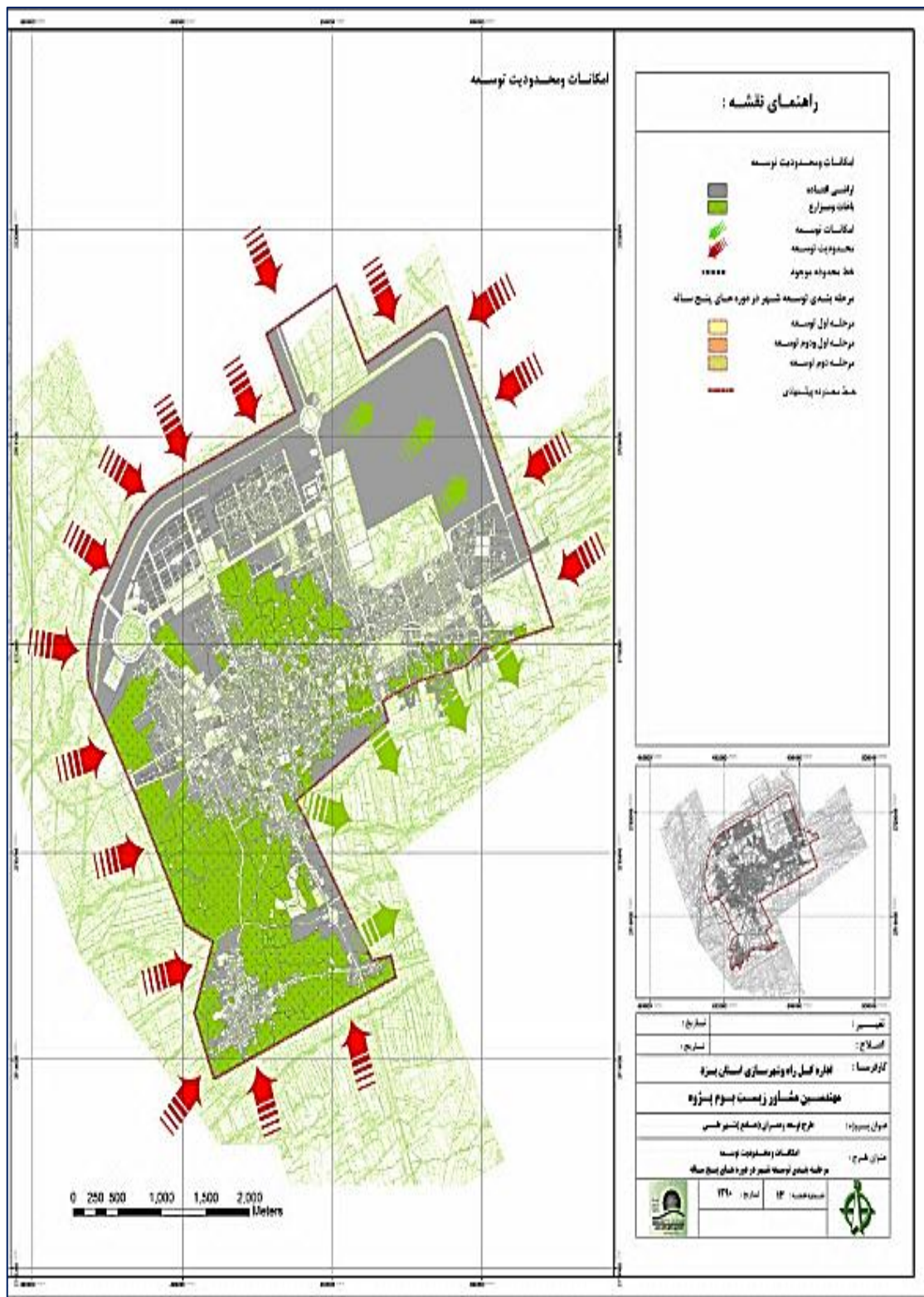


شکل ۴-۳۴- طبقه‌بندی لوزه‌ای آبرفت بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ ایران

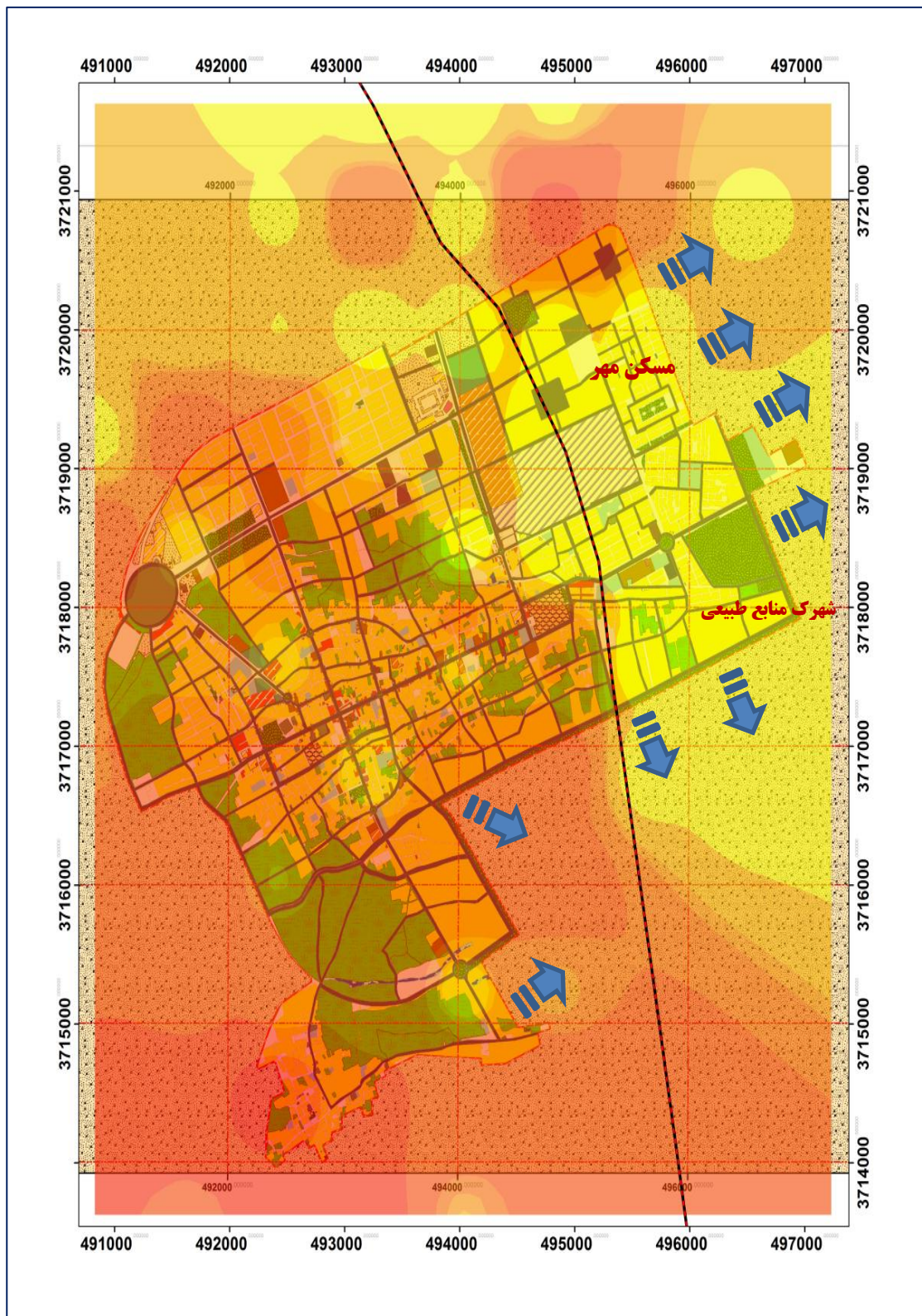
۴-۴-۳- جهت ایمن برای گسترش آینده‌ی شهر

نتایج به دست آمده نشان داد که، بر اساس نقشه‌ی هم‌پریود، بیشترین مقادیر پریود، مربوط به مناطق غربی و جنوبی است. بنابراین این مناطق در هنگام زمین‌لرزه باعث ماندگاری موج در محیط و اغتشاش بیشتر محیط می‌گردند و همچنین از زمین‌لرزه‌های دور متأثر می‌شوند. به عبارتی این مناطق می‌توانند به عنوان یک تقویت کننده برای موج رسیده از یک زمین‌لرزه دور عمل کنند. به لحاظ تابع بزرگنمایی، بیشترین مقادیر ضریب تقویت مربوط به قسمت‌های غربی، جنوبی و شمال شرقی است و کم‌ترین مقدار مربوط به قسمت‌های شرقی و شمال غربی است. از لحاظ شاخص آسیب‌پذیری، بیشترین مقادیر مربوط به قسمت‌های جنوبی و غربی و شمال شرقی است و کم‌ترین مقادیر مربوط به قسمت‌های شرقی است. بخش‌های شمال غربی از این لحاظ مقادیر متوسط را به خود اختصاص می‌دهند. بر اساس موارد گفته شده، مناطق غربی، جنوبی و شمال شرقی جزء خطرپذیرترین مناطق محسوب می‌شوند. با توجه به اینکه در حال حاضر ساخت و ساز شهری در شهر طبس به سمت شرق و شمال شرقی در حال توسعه است (شکل ۴-۳۵)؛ که بر اساس شاخص آسیب‌پذیری، مناسب می‌باشد (شکل ۴-۳۶)؛ اما با توجه به وجود شاخه‌های فرعی از گسل نایبند در قسمت‌های شرقی و شمال شرقی، که در این مطالعه به علت وجود شواهد صحرائی از جابجایی رسوبات کواترنری (شکل ۱-۳)، از آن‌ها با عنوان گسل‌های کواترنری یاد شد، باید در هنگام ارائه‌ی پیشنهاد یک جهت ایمن برای گسترش آینده‌ی شهر طبس، حریم گسل‌های مزبور نیز شناسایی و رعایت گردد. بر اساس موارد گفته شده، شمال غربی طبس، با توجه به مناسب بودن هم به لحاظ شاخص آسیب‌پذیری و هم از نظر عدم وجود گسل‌های کواترنری، جهتی ایمن‌تر از شرق و شمال شرقی است (شکل ۴-۳۷). برای روشن شدن این مطلب از عدم تخریب و سالم ماندن بناهای خشت و گلی در روستای جمز (واقع شده در ۵ کیلومتر شمال غربی طبس) مربوط به قبل از زلزله‌ی مخرب سال ۱۳۵۷ طبس ($M_s=7.4$) عکس برداری گردید که تعدادی از این تصاویر در شکل (۴-۳۸) آمده است.

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس

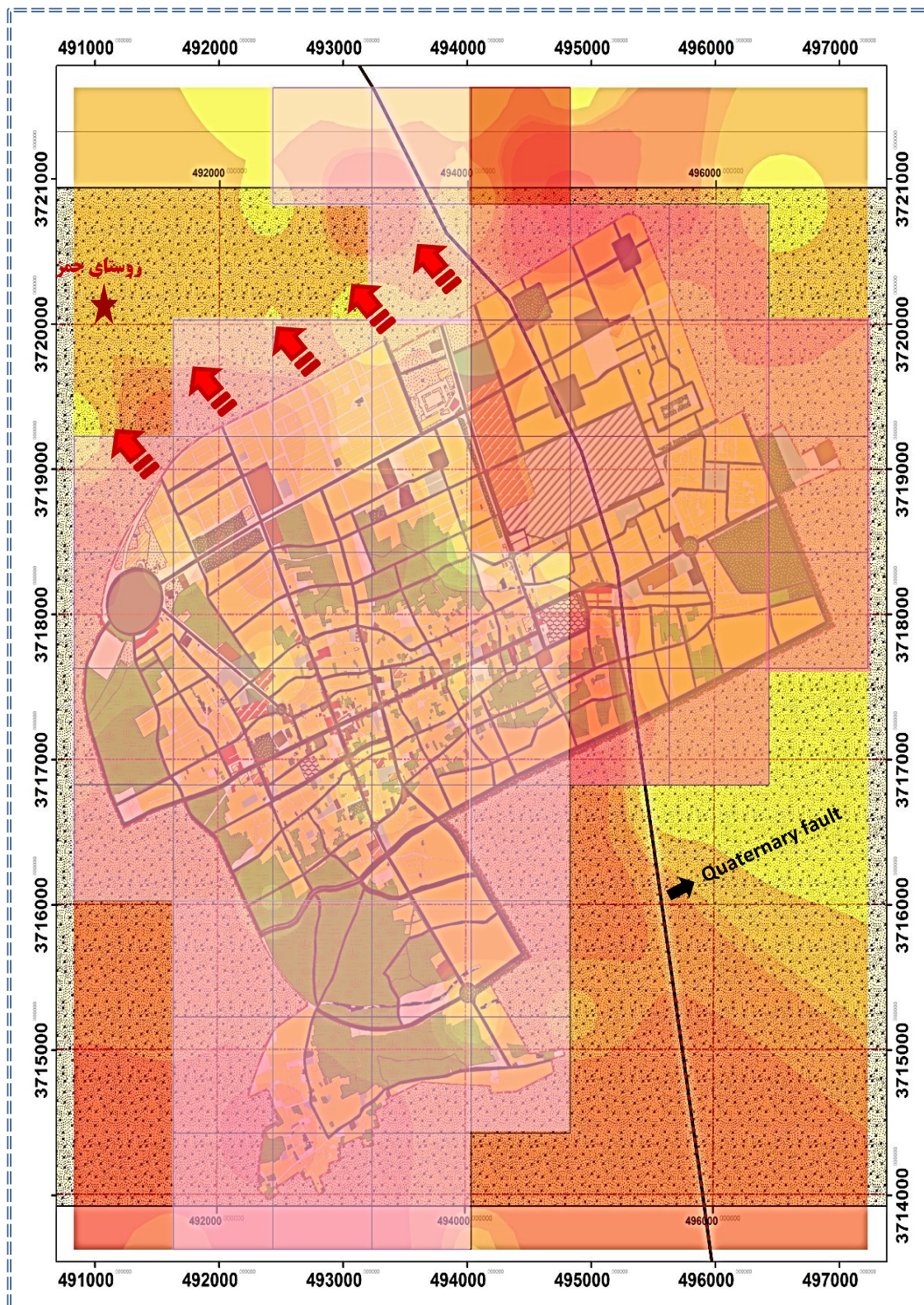


شکل ۴-۳۵- جهت پیش‌بینی شده برای توسعه‌ی ساخت و ساز شهری و امکانات توسعه‌ای- پیکان‌های سبزرنگ جهت در نظر گرفته شده برای توسعه‌ی شهر را نشان می‌دهد (طرح توسعه و عمران جامع شهر طبس، ۱۳۹۰)



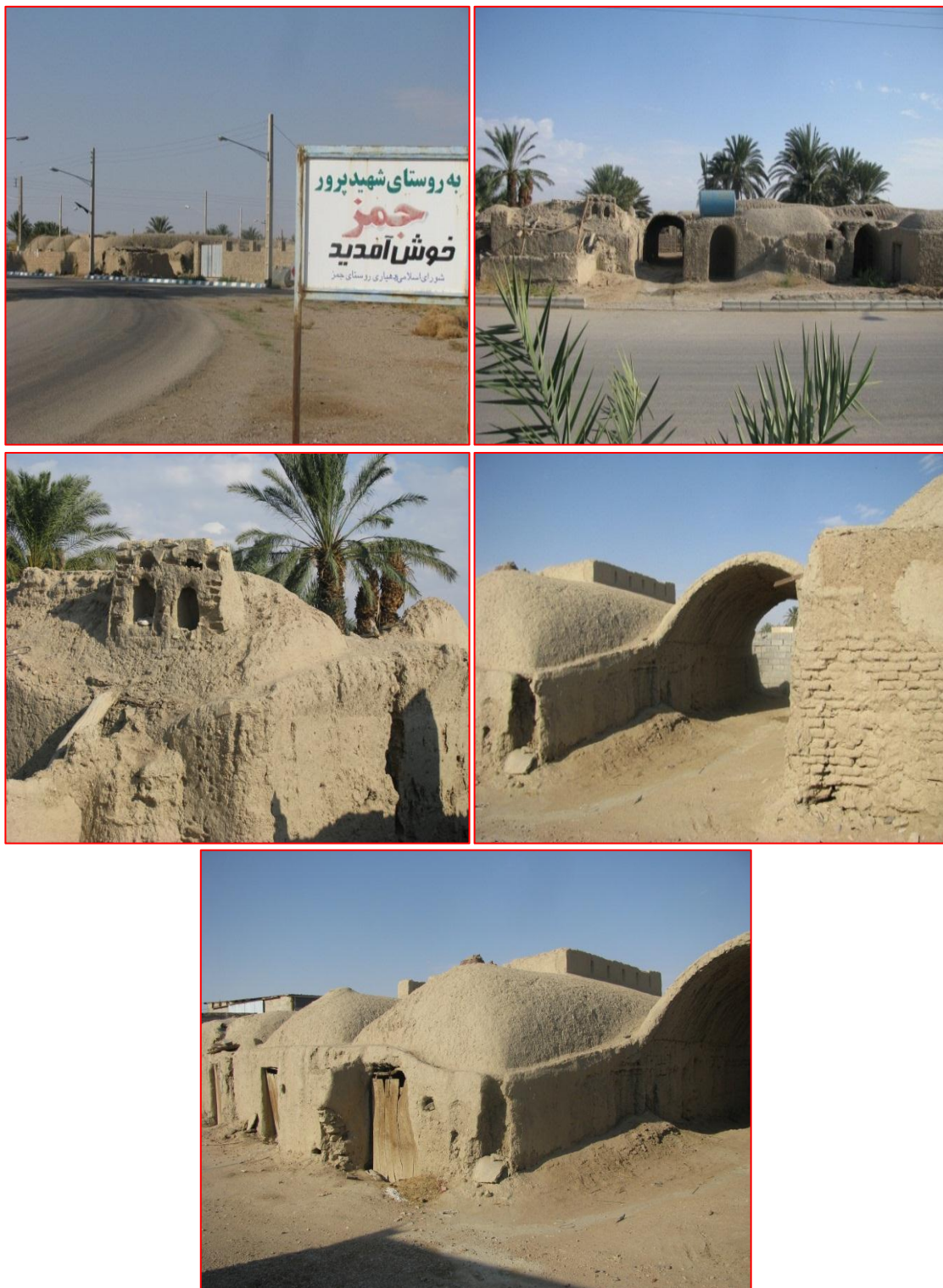
شکل ۴-۳۶- تلفیق نقشه‌ی شاخص آسیب‌پذیری و کاربری اراضی- گسترش کنونی به سمت مقادیر شاخص آسیب‌پذیری پایین می‌باشد.

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس



شکل ۴-۳۷- تلفیق نقشه‌های شاخص آسیب‌پذیری، کاربری اراضی و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت- پیکان‌های قرمز رنگ جهت پیشنهادی برای ساخت و ساز شهری را نشان می‌دهد.

فصل چهارم: تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت در گستره‌ی شهر طبس



شکل ۴-۳۸- سالم ماندن بناهای خشت و گلی روستای جمز در ۵ کیلومتری شمال غربی شهر طبس، بعد از زلزله‌ی مخرب سال ۱۳۵۷

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در فصول پیشین، خصوصیات ساختگاهی موثر بر تشدید خرابی‌های زلزله در گستره‌ی شهر طبس، نظیر زمین ساخت فعال و اثر آبرفت، مورد بررسی قرار گرفت و برای این کار از روش‌های معتبری استفاده گردید و نتایج به دست آمده مورد تحلیل قرار گرفت. بر اساس پژوهش انجام شده و مطالب مذکور، در این فصل، به ذکر نتایج و ارائه پیشنهاد پرداخته می‌شود.

۵-۱- زمین ساخت فعال منطقه

- منطقه‌ی مورد مطالعه، در بین دو گسل پی‌سنگی مهم ایران مرکزی (نابیند و کلرمد) قرار گرفته است و به لحاظ لرزه‌خیزی یک منطقه کاملاً فعال می‌باشد که گواه آن زمین‌لرزه سال ۵۷ مربوط به گذشته و جابجایی رسوبات کواترنری در حال حاضر می‌باشد.

۵-۲- بافت سطحی خاک

- منطقه مورد مطالعه از لحاظ زمین‌شناسی روی نهشته‌های آبرفتی دوران کواترنری قرار گرفته است و نقشه بافت خاک تهیه شده ۴ پهنه خاک شامل شن، ماسه، سیلت و رس را در این منطقه نشان می‌دهد.

۵-۳- تحلیل اثر ساختگاه و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت

با توجه به مطالعات انجام شده جمع‌بندی زیر را در خصوص پدیده‌ی اثرات ساختگاهی در منطقه‌ی مطالعاتی می‌توان بیان داشت:

(الف)- به لحاظ پریود تشدید، غالب ایستگاه‌ها دارای پریود بالاتر از یک هستند که جزء پریودهای بالا محسوب می‌شود و در مجموع میزان ۵۷ درصد محدوده‌ی مورد مطالعه را به خود اختصاص می‌دهند و به عبارتی کم‌ترین مقدار پریود (۰/۴ - ۰/۰۶) آن، مربوط به قسمت‌های شرقی و بیشترین مقدار (۱/۱۲-۱/۸)، مربوط به قسمت‌های غربی و جنوبی است که این را می‌توان به درشت دانه و متراکم بودن رسوبات و احتمالاً کاهش ضخامت آبرفت نسبت داد.

(ب) - نتیجه‌ی درون‌یابی مقادیر ضریب تقویت نشان داد که بیشترین مقادیر مربوط به قسمت‌های غربی، جنوبی و شمال‌شرقی می‌باشد که دارای ضریب تقویت بزرگتر از ۲ و کم‌ترین مقادیر مربوط به قسمت‌های شرقی، جنوبی و شمال‌غربی است که دارای ضریب تقویت کوچک تر از ۲ می‌باشند.

(ج) - مقایسه‌ی نتایج روند تغییرات پریود با نقشه‌ی بافت خاک و مقاطع خاک شناسی هم‌خوانی بسیار مناسبی را با نتایج پردازش و درون‌یابی نشان داد، اگرچه انطباق صد در صدی بین نوع بافت خاک و میزان پریود تشدید وجود ندارد.

(د) - به لحاظ پهنه‌های در نظر گرفته برای سرعت موج برشی بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ ایران، بیشترین مقدار به ترتیب مربوط به قسمت‌های شمال شرقی و شرقی و در رده‌های بعدی مناطق شمال‌غربی، جنوبی و غربی قرار می‌گیرد. بنابراین کم‌ترین مقادیر مربوط به قسمت‌های جنوبی و غربی است که این پدیده با ریز شدن رسوب و افزایش ضخامت آبرفت از شرق به غرب به دلیل فاصله گرفتن از ارتفاعات (رشته کوه‌های شتری در ۲۵ کیلومتری شرق طبس) هم‌خوانی دارد.

(و) - بر اساس نتایج به دست آمده، شمال‌شرق، جنوب و بخش‌های غربی شهر دارای آسیب‌پذیری بالاتری نسبت به بقیه نقاط می‌باشند و بخش‌های شرقی دارای کم‌ترین میزان است.

(ز) تلفیق نتایج تحلیل داده‌های میکروترمور و طبقه‌بندی لرزه‌ای آبرفت و نیز بررسی مسیر عبور گسل‌های کواترنری، بهترین جهت برای گسترش شهر و تمرکز امکانات توسعه‌ای در آینده را به سمت شمال‌غربی در محدوده‌ی روستای جمز، نشان داد.

۴-۵ - پیشنهادها

- از آنجا که اکثر مقادیر به دست آمده پریود تشدید زیاد می‌باشد، لذا احتمال اینکه شهرستان طبس توسط زمین‌لرزه‌های ایجاد شده در اثر گسل‌هایی نظیر، رباط پشت‌بادام و بهاباد متاثر شود، وجود دارد. بنابراین باید در هنگام ساخت سازه‌های بلند پریود (ساختمان‌های بلند) به پریود تشدید خاک دقت شود.

- تغییرات شدید پریودی در محدوده‌ی شرقی می‌تواند به دلیل عملکرد گسل‌های کواترنری که برخی آن‌ها در عکس‌های هوایی نیز دیده می‌شود، باشد؛ لذا پیشنهاد می‌گردد با مطالعات ژئوفیزیکی و حفر ترانشه، گسل‌های احتمالی فوق مورد بررسی دقیق قرار گیرد.
- پیشنهاد می‌گردد نتایج به دست آمده در این مطالعه، جهت تعیین مکان، برای احداث ساختمان‌های مرتفع، در سطح شهر طبس و در واگذاری شهرک‌های جدید برای ساخت و ساز، مورد توجه سازمان‌های ذیربط قرار بگیرد.

پیوست‌ها

پیوست ۱- الف)- فهرست زمین‌لرزه‌های دستگاهی رویداده در محدوده‌ی مورد مطالعه "قبل" از حذف پیش‌لرزه‌ها و پس‌لرزه‌ها، در بازه‌ی زمانی ۱۹۳۳ تا ۲۰۰۸ (کاتالوگ IIEES)

Date(yyyy/mm/dd)	Time(UTC)	Time(Local)	Lat	Lon	Depth	Mag.	Ref	Region
1933/10/05	13:29:00	16:59:00	34.52	57.07		mb:6.2	AMB	North-East of Tabas
1939/06/03	00:01:49	03:31:49	34.61	56.47	33	Ms:4.8	NAB	North-West of Tabas
1939/06/10	08:36:48	12:06:48	33.9	56.97	33	Ms:5.2	NAB	North of Tabas
1939/06/30	00:01:43	03:31:43	34.2	56.6		mb:4.7	ISS	North-West of Tabas
1940/05/05	06:01:30	09:31:30	34.7	57.5		mb:4.7	ISS	South-West of Bardeskan
1951/11/29	07:33:06	11:03:06	33	58			BCIS	West of Birjand
1957/08/09	10:50:30	14:20:30	33	58			BCIS	West of Birjand
1959/05/14	21:07:30	00:37:30	34.9	57.23	88	Ms:4.3	NAB-NOW	South-West of Bardeskan
1961/01/23	09:47:30	13:17:30	34	57			BCIS	North of Tabas
1964/02/21	01:03:56	04:33:56	34.51	58.06		mb:5	ISC	North-West of Ferdows
1968/08/30	21:11:19	00:41:19	33.91	58.4	33	mb:4.6	ISC	South-East of Ferdows
1968/09/01	07:27:31	10:57:31	34.04	58.2	8	Ms:6.4	BE	Ferdows
1968/09/01	08:23:18	11:53:18	34.2	58.2	51	mb:5.2	ISC	North of Ferdows
1968/09/01	19:16:37	22:46:37	34.16	58.24	20	mb:4.8	ISC	North of Ferdows
1968/09/01	19:16:37	22:46:37	34.14	58.17	10	mb:4.8	BE	North of Ferdows
1968/09/04	23:24:48	02:54:48	34.03	58.31	9	Mw:5.5	BE	East of Ferdows
1968/09/17	19:15:09	22:45:09	34.1	58.37	38	mb:4.4	ISC	East of Ferdows
1968/09/19	05:15:14	08:45:14	34.21	58.05	42	mb:4.6	ISC	North-West of Ferdows
1969/06/28	22:32:13	02:02:13	32.38	56.26	9	mb:4.5	ISC	North-East of Bafq
1969/09/03	23:39:02	03:09:02	34.11	58.16	31	mb:4.9	ISC	Ferdows
1973/05/05	06:12:35	09:42:35	33.3	57.33	15	mb:4.5	BE	South-East of Tabas
1973/05/11	13:52:29	17:22:29	33.38	57.42	15	mb:5.1	BE	South-East of Tabas
1974/01/31	00:21:24	03:51:24	32.92	57.78	33		ISC	West of Birjand
1974/02/16	06:07:49	09:37:49	34.27	58.23	36	M:4.4	ISC	North of Ferdows
1974/03/02	09:01:49	12:31:49	33.33	58.36	33	mb:4	ISC	South-East of Ferdows
1974/06/17	07:22:49	10:52:49	33.66	57.03	21	mb:4.7	BE	East of Taba
1975/04/23	07:34:54	11:04:54	33.66	58.2	33	mb:4.4	ISC	South of Ferdow
1975/11/24	23:51:55	03:21:55	33.9	58.39	53		ISC	South-East of Ferdows
1976/03/31	23:38:59	03:08:59	34.6	57.14	13	mb:4.7	BE	North-East of Tabas
1978/09/16	15:35:54	19:05:54	33.24	57.38	9	Mw:7.4	BE	South-East of Tabas
1978/09/16	16:18:33	19:48:33	34.19	57.62	33	mb:4.4	ISC	North-West of Ferdows
1978/09/16	16:53:24	20:23:24	33.86	57.66	33	mb:4.2	ISC	South-West of Ferdows
1978/09/16	18:09:49	21:39:49	33.83	57.13	33	mb:4	ISC	North-East of Tabas
1978/09/16	18:25:46	21:55:46	33.79	57.07	33	mb:4.6	ISC	North-East of Tabas
1978/09/16	18:45:13	22:15:13	33.72	57.13	22	mb:4.8	ISC	North-East of Tabas
1978/09/16	19:20:08	22:50:08	33.77	57.05	10	mb:4.5	ISC	North-East of Tabas
1978/09/16	19:50:20	23:20:20	33.75	57.09	28	mb:4.7	ISC	North-East of Tabas
1978/09/16	20:30:41	00:00:41	33.56	57.2	37	mb:4.3	ISC	East of Tabas
1978/09/16	20:59:23	00:29:23	33.76	57.69	78	mb:4.6	ISC	South-West of Ferdows
1978/09/16	21:58:46	01:28:46	33.61	57.07	30	mb:4.4	ISC	East of Tabas
1978/09/16	22:07:06	01:37:06	34.03	57.02	33	mb:4.7	ISC	North of Tabas
1978/09/16	23:12:33	02:42:33	34.43	57.26	33	mb:3.5	ISC	North-East of Tabas
1978/09/17	02:33:55	06:03:55	33.86	57.58	33	mb:4.2	ISC	South-West of Ferdows
1978/09/17	05:41:19	09:11:19	33.52	57.26	33	mb:4.5	ISC	East of Tabas
1978/09/17	07:24:18	10:54:18	33.6	57.16	34	mb:4.6	ISC	East of Tabas

ادامه‌ی پیوست ۱- الف)-

1979/05/15	21:56:38	01:26:38	33.5	57.15	33	mb:4.6	ISC	East of Tabas
1979/05/27	06:43:17	10:13:17	33.19	57.24	15	mb:4.6	BE	South-East of Tabas
1979/06/02	17:57:30	21:27:30	33.8	57.01	3	mb:4.3	ISC	North of Tabas
1979/06/03	12:19:08	15:49:08	34	57.06	40	mb:4.4	ISC	North-East of Tabas
1979/06/03	17:38:46	21:08:46	33.53	57.33	15	mb:4.5	ISC	East of Tabas
1979/07/05	04:46:12	08:16:12	33.62	57.09	15	mb:4.5	BE	East of Tabas
1979/08/17	18:45:39	22:15:39	33.47	56.92	33	mb:4.3	ISC	South of Tabas
1979/09/05	09:26:50	12:56:50	33.97	57.04	3	mb:4.9	ISC	North-East of Tabas
1979/11/13	22:24:08	01:54:08	33.51	57.03	40	mb:4.5	ISC	East of Tabas
1979/12/02	06:10:49	09:40:49	33.65	57.08	17	mb:4.7	BE	East of Tabas
1979/12/20	00:33:52	04:03:52	33.33	57.59	36	mb:4.5	ISC	South-East of Tabas
1980/01/10	21:08:11	00:38:11	32.78	56.42	33	mb:4.6	ISC	South-West of Tabas
1980/01/12	15:31:40	19:01:40	33.54	57.22	9	Mw:6	BE	East of Tabas
1980/05/16	09:46:37	13:16:37	33.65	57	10	mb:4.5	ISC	Tabas
1981/04/22	11:11:42	14:41:42	32.43	56.17	33	mb:3.7	ISC	North-East of Bafq
1981/04/30	09:39:33	13:09:33	33.38	57.15	45	mb:4.4	ISC	South-East of Tabas
1981/04/30	10:21:28	13:51:28	33.23	57.21	38	mb:4.7	ISC	South-East of Tabas
1981/06/11	22:17:38	01:47:38	34.25	56.55	33	mb:4.2	ISC	North-West of Tabas
1981/11/21	04:10:43	07:40:43	33.57	57.38	38	mb:4.4	ISC	East of Tabas
1982/07/19	16:28:52	19:58:52	33.4	56.98	35	mb:4.3	ISC	South of Tabas
1983/05/03	13:30:25	17:00:25	33.26	57.36	31	mb:4.7	ISC	South-East of Tabas
1985/12/23	23:42:02	03:12:02	33.69	57.68	33	mb:4.6	ISC	East of Tabas
1986/12/29	13:53:13	17:23:13	33.43	57	33	mb:4.3	ISC	South of Tabas
1987/02/23	11:23:48	14:53:48	34.42	57.3	33	mb:4.8	ISC	North-East of Tabas
1987/07/20	16:47:47	20:17:47	33.73	56.96	13	mb:5	BE	North of Tabas
1987/08/30	05:57:55	09:27:55	33.36	57.11	35	mb:4.7	BE	South-East of Tabas
1989/12/16	20:55:36	00:25:36	34.62	57.54	15	mb:4.5	BE	South-West of Bardeskan
1990/01/21	21:26:57	00:56:57	34.68	57.42	33	mb:4.4	ISC	South-West of Bardeskan
1990/03/25	00:01:11	03:31:11	33.68	57.04	20	Mw:5.2	BE	East of Tabas
1990/10/15	19:06:52	22:36:52	33.71	56.86	15	Mw:5.1	BE	North of Tabas
1991/01/09	19:39:43	23:09:43	33.8	57.32	34	mb:4.6	ISC	North-East of Tabas
1991/04/19	11:17:38	15:47:38	34.21	57.13	33	mb:4.7	ISC	North-East of Tabas
1991/05/27	12:02:26	16:32:26	32.94	56.36	33	mb:4.8	ISC	South-West of Tabas
1991/07/14	05:51:26	10:21:26	33.33	57.21	40	mb:4.5	ISC	South-East of Tabas
1991/07/22	14:36:21	19:06:21	33.92	56.4	33	mb:4	ISC	North-West of Tabas
1991/10/23	20:41:57	00:11:57	33.18	57.26	34	mb:4.4	ISC	South-East of Tabas
1991/10/23	20:45:06	00:15:06	33.04	57.34	15	mb:4.6	BE	South-East of Tabas
1991/12/14	05:53:05	09:23:05	34.74	57.49	33	mb:4.6	ISC	South-West of Bardeskan
1992/09/06	08:42:08	13:12:08	33.78	56.88	16	mb:4.7	BE	North of Tabas
1994/08/26	03:38:14	08:08:14	33.12	56.05	33	mb:4.4	ISC	South-West of Tabas
1996/02/23	13:17:01	16:47:01	34.47	56.56	250	mb:4.1	ISC	North-West of Tabas
1998/03/27	01:21:24	05:51:24	33.24	56.87	33	Mb:4.5	USGS	South of Tabas
2000/10/11	09:46:11	13:16:11	34.69	57.54	33	Mb:4.4	IDC	South-West of Bardeskan
2000/11/25	18:46:35	22:16:35	33.58	57.36	33	Mb:3.9	IDC	East of Tabas
2001/02/11	13:04:15	16:34:15	33.28	57.73	10	Mb:4.5	IDC	South-East of Tabas
2003/03/15	21:02:02	00:32:02	34.82	57.22	33	Mb:4.4	NEIC	South-West of Bardeskan
2004/02/19	09:52:01	13:22:01	33.61	56.72	33	ML:3.9	IIEES	West of Tabas
2004/05/06	00:58:48	05:28:48	33.63	57.01	17	ML:3.7	IIEES	Tabas
2005/01/05	21:45:34	01:15:34	34.58	56.03	15	ML:3.2	IIEES	North-West of Tabas

ادامه‌ی پیوست ۱- الف)-

2005/04/05	02:14:30	06:44:30	32.3	56.66	18	ML:4	IIEES	North-West of Ravar
2005/05/31	08:38:05	13:08:05	34.31	57.65	18	ML:4.5	IIEES	North-West of Ferdows
2005/06/19	04:46:04	09:16:04	33.13	58.2	15	ML:5.2	IIEES	South of Ferdows
2005/06/26	01:33:50	06:03:50	33.1	58.25	14	ML:3.6	IIEES	South of Ferdows
2005/07/10	13:47:15	18:17:15	33.46	57.25	14	ML:3.6	IIEES	South-East of Tabas
2005/07/14	13:14:19	17:44:19	33.15	58.25	14	ML:4.1	IIEES	South of Ferdows
2005/11/01	10:45:42	14:15:42	32.48	57.42	15	ML:3.7	IIEES	South-East of Tabas
2005/11/13	21:32:45	01:02:45	32.67	57.59	16	ML:4.3	IIEES	South-East of Tabas
2006/01/14	23:23:11	02:53:11	34.91	56.58	46	ML:4.2	IIEES	South-West of Bardeskan
2006/07/27	14:12:24	17:42:24	34.61	57.27	15	ML:4	IIEES	South-West of Bardeskan
2006/08/16	09:09:05	12:39:05	33.4	56.95	15	ML:4.3	IIEES	South of Tabas
2006/08/19	00:26:58	03:56:58	33.39	56.84	14	ML:3.5	IIEES	South of Tabas
2006/09/24	10:30:08	14:00:08	33.7	56.9	15	ML:4.3	IIEES	North of Tabas
2006/11/12	12:02:43	15:32:43	33.07	58.39	18	ML:3.4	IIEES	North-West of Birjand
2007/01/07	15:32:22	19:02:22	33.86	56.39	15	ML:4.1	IIEES	North-West of Tabas
2007/01/07	18:25:17	21:55:17	33.7	56.6	15	ML:3.4	IIEES	North-West of Tabas
2007/04/16	01:22:59	04:52:59	33.86	56.49	15	ML:3.6	IIEES	North-West of Tabas
2007/04/24	11:38:40	15:08:40	33.92	56.92	15	ML:4	IIEES	North of Tabas
2007/05/08	14:22:49	17:52:49	32.63	56.16	14	ML:3.9	IIEES	South-West of Tabas
2007/06/02	02:37:04	06:07:04	32.65	56.28	14	ML:3.4	IIEES	South-West of Tabas
2008/01/19	21:41:24	01:11:24	33.37	57.49	15	ML:4.8	IIEES	South-East of Tabas

پیوست ۱- ب)- فهرست زمین‌لرزه‌های دستگاهی رویداده در محدوده‌ی مورد مطالعه "پس" از حذف پیش‌لرزه‌ها و پس‌لرزه‌ها، در بازه‌ی زمانی ۱۹۳۳ تا ۲۰۰۸ (کاتالوگ IIEES)

Date(yyyy/mm/dd)	Time(UTC)	Time(Local)	Lat	Lon	Depth	Mag.	Ref	Region
1933/10/05	13:29:00	16:59:00	34.52	57.07		mb:6.2	AMB	North-East of Tabas
1939/06/10	08:36:48	12:06:48	33.9	56.97	33	Ms:5.2	NAB	North of Tabas
1940/05/05	06:01:30	09:31:30	34.7	57.5		mb:4.7	ISS	South-West of Bardeskan
1959/05/14	21:07:30	00:37:30	34.9	57.23	88	Ms:4.3	NAB-NOW	South-West of Bardeskan
1964/02/21	01:03:56	04:33:56	34.51	58.06		mb:5	ISC	North-West of Ferdows,
1968/09/01	07:27:31	10:57:31	34.04	58.2	8	Ms:6.4	BE	Ferdows, Khorasan(center)
1969/09/03	23:39:02	03:09:02	34.11	58.16	31	mb:4.9	ISC	Ferdows, Khorasan(center)
1973/05/11	13:52:29	17:22:29	33.38	57.42	15	mb:5.1	BE	South-East of Tabas
1974/06/17	07:22:49	10:52:49	33.66	57.03	21	mb:4.7	BE	East of Tabas,
1976/03/31	23:38:59	03:08:59	34.6	57.14	13	mb:4.7	BE	North-East of Tabas,
1978/09/16	15:35:54	19:05:54	33.24	57.38	9	Mw:7.4	BE	South-East of Tabas
1981/04/30	10:21:28	13:51:28	33.23	57.21	38	mb:4.7	ISC	South-East of Tabas
1983/05/03	13:30:25	17:00:25	33.26	57.36	31	mb:4.7	ISC	South-East of Tabas
1985/12/23	23:42:02	03:12:02	33.69	57.68	33	mb:4.6	ISC	East of Tabas
1987/07/20	16:47:47	20:17:47	33.73	56.96	13	mb:5	BE	North of Tabas
1989/12/16	20:55:36	00:25:36	34.62	57.54	15	mb:4.5	BE	South-West of Bardeskan

ادامه‌ی پیوست ۱ - (ب)

1990/03/25	00:01:11	03:31:11	33.68	57.04	20	Mw:5.2	BE	East of Tabas
1990/10/15	19:06:52	22:36:52	33.71	56.86	15	Mw:5.1	BE	North of Tabas
1991/05/27	12:02:26	16:32:26	32.94	56.36	33	mb:4.8	ISC	South-West of Tabas
1992/09/06	08:42:08	13:12:08	33.78	56.88	16	mb:4.7	BE	North of Tabas
1994/08/26	03:38:14	08:08:14	33.12	56.05	33	mb:4.4	ISC	South-West of Tabas
1996/02/23	13:17:01	16:47:01	34.47	56.56	250	mb:4.1	ISC	North-West of Tabas
1998/03/27	01:21:24	05:51:24	33.24	56.87	33	Mb:4.5	USGS	South of Tabas
2000/10/11	09:46:11	13:16:11	34.69	57.54	33	Mb:4.4	IDC	South-West of Bardeskan
2001/02/11	13:04:15	16:34:15	33.28	57.73	10	Mb:4.5	IDC	South-East of Tabas
2003/03/15	21:02:02	00:32:02	34.82	57.22	33	Mb:4.4	NEIC	South-West of Bardeskan
2005/04/05	02:14:30	06:44:30	32.3	56.66	18	ML:4	IIEES	North-West of Ravar
2005/06/19	04:46:04	09:16:04	33.13	58.2	15	ML:5.2	IIEES	South of Ferdows
2006/01/14	23:23:11	02:53:11	34.91	56.58	46	ML:4.2	IIEES	South-West of Bardeskan
2006/09/24	10:30:08	14:00:08	33.7	56.9	15	ML:4.3	IIEES	North of Tabas
2008/01/19	21:41:24	01:11:24	33.37	57.49	15	ML:4.8	IIEES	South-East of Tabas

پیوست ۲ - معرف توزیع مشخصات کاربری‌ها، سطح اشغال، زیربنای احداثی و سرانه‌های آن‌ها در شهر طبس (طرح توسعه و عمران جامع شهر طبس، ۱۳۹۰)

تراکم خالص هر (نفر در هکتار)	سرانه مساحت زیربنا		سرانه مساحت اشغال		سرانه کاربری		مساحت اشغال		مساحت کاربری		مشخصات قطعه		کاربری		
	درصد	میزان (مترمربع)	درصد	میزان (مترمربع)	درصد	میزان (مترمربع)	درصد	میزان (مترمربع)	درصد	میزان (مترمربع)	درصد	میزان (مترمربع)		تعداد	
۱۰۳۶۰	۷۴.۱	۴۰.۳۹	۷۵.۵	۳۹.۶۶	۱۳.۶۶	۹۶.۵۳	۷۴.۱۸	۱۳۷۷۵۲۲.۸	۷۵.۵۶	۱۳۵۲۴۲۴.۹	۱۳.۶۶	۳۲۹۱۸۰۶.۱۴	۵۲.۰۹	۹۴۰۳	مسکونی
-	۴.۸۳	۲.۶۳	۴.۲۴	۲.۴۹	۰.۴۶	۳.۲۷	۴.۸۳	۸۹۷۶۲۶۵	۴.۲۴	۸۴۵۲۴۲۳	۰.۴۶	۱۱۱۳۶۷.۳۹	۸.۶۹	۱۵۶۸	تجاری
-	۰.۰۹	۰.۰۵	۰.۱۰	۰.۰۵	۰.۰۱	۰.۱۰	۰.۰۹	۱۷۰۴.۲۶	۰.۱۰	۱۷۰۴.۲۶	۰.۰۱	۳۴۴۹.۸۳	۰.۰۴	۷	تعاونی
-	۰.۲۵	۰.۱۳	۰.۱۹	۰.۱۰	۰.۰۲	۰.۱۸	۰.۲۵	۴۵۶۰.۸۲	۰.۱۹	۳۴۰۲.۳۴	۰.۰۲	۶۱۶۲.۷۶	۰.۱۲	۲۲	مختلط مسکونی - تجاری
-	۰.۰۸	۰.۰۵	۰.۰۹	۰.۰۵	۰.۰۲	۰.۱۱	۰.۰۸	۱۵۵۷.۱۱	۰.۰۹	۱۵۵۷.۱۱	۰.۰۲	۳۲۴۹.۴۰	۰.۰۵	۹	مهد کودک
-	۰.۵۳	۰.۲۹	۰.۵۱	۰.۲۷	۰.۱۷	۱.۲۰	۰.۵۳	۹۷۸۴.۷۰	۰.۵۱	۹۲۰۱.۸۰	۰.۱۷	۴۰۹۷۹.۵۸	۰.۰۸	۱۵	دبستان
-	۰.۷۱	۰.۳۹	۰.۶۰	۰.۳۱	۰.۲۰	۱.۴۱	۰.۷۱	۱۳۱۵۴.۳۸	۰.۶۰	۱۰۷۰۱.۴۸	۰.۲۰	۴۹۹۱۵.۶۶	۰.۰۹	۱۷	راه‌نمایی
-	۱.۴۶	۰.۷۹	۱.۱۴	۰.۶۰	۰.۳۲	۲.۲۹	۱.۴۶	۳۷۰۹۱.۱۰	۱.۱۴	۲۰۳۹۷.۷۸	۰.۳۲	۷۸۲۰۰.۴۷	۰.۱۲	۲۱	دبیرستان
-	۰.۳۱	۰.۱۷	۰.۳۲	۰.۱۷	۰.۰۸	۰.۵۹	۰.۳۱	۵۶۹۱.۳۴	۰.۳۲	۵۶۹۱.۳۴	۰.۰۸	۲۰۰۲۱.۴۳	۰.۰۲	۳	هنرستان
-	۰.۳۳	۰.۱۸	۰.۳۴	۰.۱۸	۰.۱۲	۰.۸۴	۰.۳۳	۶۱۱۲.۶۴	۰.۳۴	۶۱۱۲.۶۴	۰.۱۲	۲۸۶۲۶.۵۷	۰.۰۴	۷	تأسیسات وابسته آموزشی
-	۰.۲۲	۰.۱۲	۰.۲۲	۰.۱۲	۰.۲۵	۱.۷۸	۰.۲۲	۳۹۹۳.۶۵	۰.۲۲	۳۹۹۳.۶۵	۰.۲۵	۶۰۵۵۶.۳۰	۰.۰۲	۳	فنی و حرفه‌ای
-	۰.۱۵	۰.۰۸	۰.۰۶	۰.۰۳	۰.۰۱	۰.۰۷	۰.۱۵	۲۸۶۱.۵۲	۰.۰۶	۱۱۰۵.۸۴	۰.۰۱	۲۳۶۳.۱۳	۰.۰۱	۲	حوزه علمیه
-	۰.۱۹	۰.۱۰	۰.۲۰	۰.۱۰	۳.۲۸	۲۳.۱۴	۰.۱۹	۳۵۳۱.۷۴	۰.۲۰	۳۵۳۱.۷۴	۳.۲۸	۷۸۹۲۹۹.۹۷	۰.۰۱	۲	دانشگاه و آموزش عالی
-	۱.۵۱	۰.۸۲	۱.۵۱	۰.۷۹	۰.۷۴	۵.۲۲	۱.۵۱	۲۸۰۳۴.۷۵	۱.۵۱	۲۷۰۲۳.۸۸	۰.۷۴	۱۷۷۹۵۸.۵۰	۰.۶۶	۱۲۰	مذهبی
-	۰.۱۸	۰.۱۰	۰.۱۸	۰.۱۰	۰.۰۴	۰.۲۷	۰.۱۸	۲۲۵۹.۴۷	۰.۱۸	۲۲۵۹.۴۷	۰.۰۴	۹۳۱۳.۳۶	۰.۰۶	۱۰	فرهنگی
-	۰.۲۳	۰.۱۲	۰.۲۴	۰.۱۲	۰.۴۴	۳.۱۱	۰.۲۳	۴۲۴۶.۸۴	۰.۲۴	۴۲۴۶.۸۴	۰.۴۴	۱۰۶۱۶۸.۰۵	۰.۱۰	۱۸	تاریخی
-	۱.۰۳	۰.۵۶	۰.۸۲	۰.۴۳	۰.۳۲	۲.۲۸	۱.۰۳	۱۹۰۶۱.۳۶	۰.۸۲	۱۴۶۱۰.۴۶	۰.۳۲	۷۷۷۸۴.۲۰	۰.۰۶	۱۱	چهارگردی و پذیرایی
-	۲.۲۶	۱.۳۳	۱.۷۴	۰.۹۱	۰.۶۶	۴.۶۹	۲.۲۶	۴۱۹۱۶.۹۷	۱.۷۴	۳۱۰۶۸.۱۳	۰.۶۶	۱۵۹۹۷۲.۸۱	۰.۱۸	۳۲	درمانی
-	۰.۱۱	۰.۰۶	۰.۱۰	۰.۰۵	۰.۰۱	۰.۰۶	۰.۱۱	۲۰۲۸.۸۸	۰.۱۰	۱۷۵۶.۱۲	۰.۰۱	۲۰۸۲.۸۰	۰.۰۶	۱۰	بهداشتی
-	۰.۵۵	۰.۳۰	۰.۵۶	۰.۲۹	۰.۱۹	۱.۳۳	۰.۵۵	۱۰۱۹۴.۷۱	۰.۵۶	۹۹۹۹.۹۲	۰.۱۹	۴۵۲۰۸.۲۷	۰.۰۲	۶	ورزشی
-	۲.۴۹	۱.۳۶	۲.۱۸	۱.۱۴	۱.۰۹	۷.۷۴	۲.۴۹	۴۶۳۲۰.۵۸	۲.۱۸	۳۸۱۴۰.۸۳	۱.۰۹	۲۶۳۸۰۹.۸۹	۰.۴۰	۷۲	اداری

ادامه‌ی پیوست ۲-

-	۰.۳۳	۰.۱۸	۰.۳۴	۰.۱۸	۲.۷۳	۱۹.۳۲	۰.۳۳	۶۰۵۰.۸۳	۰.۳۴	۶۰۵۰.۸۳	۲.۷۳	۶۵۸۷۷۲.۸۹	۱۵۰	۲۷۰	فضای سبز عمومی	فضای سبز
-	۰.۳۳	۰.۱۸	۰.۳۴	۰.۱۸	۴.۶۷	۳۳.۰۱	۰.۳۳	۶۰۵۱.۷۳	۰.۳۴	۶۰۵۱.۷۳	۴.۶۷	۱۱۲۵۶۹۴.۶۵	۱۶۵	۲۹۷	باغات و فضای سبز خصوصی	
-	۰.۳۳	۰.۱۲	۰.۳۴	۰.۱۲	۱۷.۲۹	۱۲۲.۱۸	۰.۳۳	۴۲۵۲.۳۰	۰.۳۴	۴۲۵۲.۳۰	۱۷.۲۹	۴۱۶۶۷۰۲.۷۳	۱.۴۸	۲۶۸	مزارع و کنترها	
-	۱.۷۹	۰.۹۸	۱.۸۶	۰.۹۸	۰.۵۸	۴.۱۱	۱.۷۹	۳۳۲۷۸.۱۶	۱.۸۶	۳۳۲۷۸.۱۶	۰.۵۸	۱۴۰۰۵۵.۳۹	۲۰.۴	۳۶۸	دلماری	
-	۰.۳۴	۰.۱۸	۰.۳۵	۰.۱۸	۱.۱۸	۸.۳۷	۰.۳۴	۶۲۵۹.۵۳	۰.۳۵	۶۲۵۹.۵۳	۱.۱۸	۲۸۵۲۴۲.۱۵	۰.۰۷	۱۲	نظامی - انتظامی	
-	۲.۷۳	۱.۴۸	۲.۸۲	۱.۴۸	۳.۷۴	۲۶.۶۶	۲.۷۳	۵۰۵۲۷.۱۹	۲.۸۲	۵۰۴۲۷.۴۸	۳.۷۴	۹۰۳۳۱۶.۸۸	۱.۸۹	۳۴۲	تعمیرگاه و صنایع کارگاهی	
-	۰.۲۸	۰.۱۵	۰.۲۹	۰.۱۵	۰.۲۷	۲.۶۱	۰.۲۸	۵۱۷۹.۴۸	۰.۲۹	۵۱۷۹.۴۸	۰.۲۷	۸۹۱۲۷.۴۸	۰.۵۹	۱۰۷	تأسیسات شهری	تأسیسات
-	۰.۲۰	۰.۱۱	۰.۱۹	۰.۱۰	۰.۱۳	۰.۸۹	۰.۲۰	۳۶۸۹.۷۹	۰.۱۹	۳۳۷۲.۹۴	۰.۱۳	۳۰۴۴۹.۹۰	۰.۰۶	۱۰	تجهیزات شهری	تجهیزات
-	۱.۳۸	۰.۷۵	۱.۴۳	۰.۷۵	۰.۷۳	۵.۱۳	۱.۳۸	۲۵۶۱۹.۷۲	۱.۴۳	۲۵۶۱۹.۷۲	۰.۷۳	۱۷۵۰۷۳.۹۴	۰.۷۵	۱۳۵	حمل و نقل و اتابار	
-	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۲۹	۲.۰۷	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۲۹	۷۰۴۳۵.۶۲	۰.۱۱	۲۰	مسیل و کانال	
-	۰.۷۴	۰.۴۱	۰.۷۷	۰.۴۱	۳۰.۶۴	۲۱۶.۵۱	۰.۷۴	۱۳۸۱۳.۴۵	۰.۷۷	۱۳۸۱۳.۴۵	۳۰.۶۴	۷۳۳۳۷۹۰.۹۱	۱۸.۰۹	۳۲۶۶	بایر و لراضی افتاده	
-	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۱۵.۵۳	۱۰۹.۷۱	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۱۵.۵۳	۳۷۴۱۴۱۵.۰۳	۸.۸۶	۱۵۹۹	مغایر و حریم	
۱۴.۱۵	۱۰۰	۵۴.۴۵	۱۰۰	۵۲.۴۸	۱۰۰	۷۰۶۵۶	۱۰۰.۰	۱۸۵۷۰۴۴.۵	۱۰۰.۰	۱۷۸۹۸۸۸.۵	۱۰۰.۰	۲۴۰۹۵۹۷۰.۱	۱۰۰.۰	۱۸۰۵	جمع	

پیوست ۳- نتایج آزمایش دانه‌بندی و تعیین درصد شن و ماسه، سیلت و رس نمونه‌های برداشت شده از بافت سطحی خاک

شماره نمونه: ۱
 تاریخ: ۱۳۹۲/۱۰/۱۵
 مختصات: ۵۶°۵۶' ۲۸.۹۷" E
 ۳۳°۳۴' ۲۵.۱۸" N

کارفرما: ...
 متقاضی: ...
 پیمانکار: ...
 نوع مصالح: ...

آزمایشگاه همکار اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی
 پیش نویس دانه بندی

مقیاس: ۱:۱۰۰ (برای ۱۵ سانتیمتر) نسبت به ۱۵ سانتیمتر

شماره الک	وزن مانده روی الک (g)	درصد مانده روی الک	درصد رد شده نسبت به کل	درصد شکستگی یک جبهه <input type="checkbox"/> دو جبهه <input type="checkbox"/>	وزن دانه های شکسته	درصد شکستگی
۳	-	-	-	-	-	-
۳ 1/2	-	-	-	-	-	-
۳	۲۰۹	۳.۷۰	۹۶.۳۰	-	-	-
۱ 1/2	۵۸۱	۱۰.۲۹	۸۶.۰۱	-	-	-
۱	۶۰۵	۱۰.۷۲	۷۵.۲۹	-	-	-
۳/۴	۵۵۸	۹.۸۹	۶۵.۴۰	-	-	-
۱	۵۵۷	۹.۸۷	۵۵.۵۳	-	-	-
۳/۴	۴۴۰	۷.۸۴	۴۷.۷۰	-	-	-
۳	-	-	-	-	-	-
۳ 1/2	۸۴۶	۱۴.۹۹	۳۲.۷۱	-	-	-
۸	-	-	-	-	-	-
رد شده	۱۸۴۵	۳۲.۷۱	-	-	-	-
جمع کل	۵۶۴۱	-	-	-	-	-

درصد شکستگی: ...

شماره الک	وزن مانده (g)	درصد مانده	درصد رد شده	درصد رد شده نسبت به کل	ارزش ماسه ای نمونه ۱	ارزش ماسه ای نمونه ۲
۸-۱۰	۹۵۱۲	۱۹.۰۴	۸۰.۹۶	۷۶.۴۸		
۱۴-۱۶	۷۰۱	۱.۴۰	۹۸.۶۰	۲۱.۹۰		
۳۰	۵۱.۴	۱.۰۲	۹۸.۹۸	۱۸.۵۳		
۴۰	۳۴	۰.۷۲	۹۹.۲۸	۱۶.۱۸		
۵۰	۳۰.۱	۰.۶۰	۹۹.۴۰	۱۴.۲۱		
۱۰۰	۱.۴۳	۰.۰۳	۹۹.۹۷	۷.۳۸		
۲۰۰	۴۹.۲	۰.۹۰	۹۹.۱۰	۲.۸۶		
رد شده	۴۳۷	۰.۸۰	-	-		
جمع کل	۵۰۰	-	-	-		

تأیید کننده: ...

شماره نمونه: ۲/۱۵
 تاریخ: ۹۲/۱/۱۵
 مختصات: $56^{\circ}58'01,83''E$
 $33^{\circ}35'31,87''N$

آزمایشگاه همکار اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی

کارفرما: ...
 متقاضی: ...
 پیمانکار: ...
 نوع مصالح: ...

پیش‌نویس دانه بندی

محل نمونه برداری: شرکت منابع طبیعی - موقعت سنت برشور - شرق - محله غنچه برداری: ۳-۳

شماره الک	وزن مانده روی الک (gr)	درصد مانده روی الک	درصد رد شده نسبت به کل	درصد شکستگی	
				وزن دانه های شکسته	وزن انتخاب شده
۳	۱۳۳۷	۲۰,۴۵	۷۹,۵۵		
$2\frac{1}{2}$	-	-	-		
۲	-	-	-		
$1\frac{1}{2}$	۷۰۲	۱۰,۷۳	۸۹,۲۷		
۱	۵۶۰	۸,۵۶	۹۱,۴۴		
$\frac{3}{4}$	۴۳۷	۶,۴۸	۹۳,۵۲		
$\frac{1}{2}$	۶۸۴	۱۰,۴۶	۸۹,۵۴		
$\frac{3}{8}$	۳۵۱	۵,۳۶	۹۴,۶۴		
$\frac{1}{4}$	-	-	-		
$\frac{3}{16}$	۶۸۸	۱۰,۵۳	۸۹,۴۷		
۸	-	-	-		
رد شده	۱۷۸۰	۲۷,۳۳	۷۲,۶۷		
جمع کل	۴۵۳۹				

درصد شکستگی:

شماره الک	وزن مانده (gr)	درصد مانده	درصد رد شده	درصد رد شده نسبت به کل	ارزش ماسه ای	
					نمونه ۱	نمونه ۲
۸-۱۰	۱۲۳	۲,۷۰	۹۷,۳۰	۲۰,۵۳		
۱۴-۱۶	۸۵,۸	۱,۹۱	۹۸,۰۹	۱۵,۸۵		
۳۰	۶۱,۱	۱,۳۴	۹۸,۶۶	۱۲,۵۳		
۴۰	۳۹,۹	۰,۸۸	۹۹,۱۲	۱۰,۳۶		
۵۰	۳۰,۷	۰,۶۸	۹۹,۳۲	۸,۶۸		
۱۰۰	۷۹,۱	۱,۷۶	۹۸,۲۴	۴,۳۷		
۲۰۰	۴۶,۱	۱,۰۲	۹۸,۹۸	۲,۱۴		
رد شده	۳۹۱,۳	۸,۶۳	۹۱,۳۷	-		
جمع کل	۵۰۰					

تایید کننده: ...

ادامه‌ی پیوست ۳-

شماره نمونه: ۹۲-۱۱۵
تاریخ: ۹۲/۱۱/۱۵
مختصات: ۵۶°۵۳'۲۱٫۳۷" E
۳۳°۳۱'۵۶٫۹۳" N

کارفرما: ...
مختصات: ...
پیمانکار: ...
نوع مصالح: ...

آزمایشگاه همکار اداره استاندارد و نظایات صنعتی
پیش نویس فایله بندی

مردم نمونه برداری: ...
روش نمونه برداری: ...
مردم نمونه برداری: ...
روش نمونه برداری: ...

شماره الک	وزن ماده روی الک (g)	درصد ماده روی الک	درصد رد شده نسبت به کل	درصد شکستگی یک جهت □ دو جهت □ وزن ماده های شکسته وزن انتخاب شده	درصد شکستگی
۳	-	-	-	-	-
۳/۱	-	-	-	-	-
۳/۲	-	-	-	-	-
۱	-	-	-	-	-
۱/۱	-	-	-	-	-
۱/۲	-	-	-	-	-
۱/۳	-	-	-	-	-
۱/۴	-	-	-	-	-
۱/۵	-	-	-	-	-
۱/۶	-	-	-	-	-
۱/۷	-	-	-	-	-
۱/۸	-	-	-	-	-
۱/۹	-	-	-	-	-
۱/۱۰	-	-	-	-	-
۱/۱۱	-	-	-	-	-
۱/۱۲	-	-	-	-	-
۱/۱۳	-	-	-	-	-
۱/۱۴	-	-	-	-	-
۱/۱۵	-	-	-	-	-
۱/۱۶	-	-	-	-	-
۱/۱۷	-	-	-	-	-
۱/۱۸	-	-	-	-	-
۱/۱۹	-	-	-	-	-
۱/۲۰	-	-	-	-	-
۱/۲۱	-	-	-	-	-
۱/۲۲	-	-	-	-	-
۱/۲۳	-	-	-	-	-
۱/۲۴	-	-	-	-	-
۱/۲۵	-	-	-	-	-
۱/۲۶	-	-	-	-	-
۱/۲۷	-	-	-	-	-
۱/۲۸	-	-	-	-	-
۱/۲۹	-	-	-	-	-
۱/۳۰	-	-	-	-	-
رد شده	۴۰۱۷	۱۰۰	-	-	-
جمع کل	۴۰۱۷	-	-	-	-

درصد شکستگی:

شماره الک	وزن ماده روی الک (g)	درصد ماده	درصد رد شده نسبت به کل	درصد شکستگی یک جهت □ دو جهت □ وزن ماده های شکسته وزن انتخاب شده	درصد شکستگی
۸-۱۰	۷	۱۴	۹۹,۸۶	۹۹,۸۶	۹۹,۸۶
۱۴-۱۶	۷,۱	۱,۴۲	۹۸,۴۴	۹۸,۴۴	۹۸,۴۴
۳۰	۷,۵	۱,۵۰	۹۶,۹۴	۹۶,۹۴	۹۶,۹۴
۴۰	۹,۲	۱,۸۴	۹۵,۱۰	۹۵,۱۰	۹۵,۱۰
۵۰	۲,۲	۰,۴۴	۹۱,۰۴	۹۱,۰۴	۹۱,۰۴
۱۰۰	۲۰,۴	۴,۰۸	۵۰,۲۴	۵۰,۲۴	۵۰,۲۴
۳۰۰	۱۹۱,۸	۳۸,۳۶	۱۲	۱۲	۱۲
رد شده	۶۰	۱,۲	-	-	-
جمع کل	۵۰۰	-	-	-	-

تایید کننده:

شماره نمونه: ۹۲-۱۱۵
تاریخ: ۹۲/۱۱/۱۵
مختصات: ۵۶°۵۳'۲۱٫۳۷" E
۳۳°۳۱'۵۶٫۹۳" N

کارفرما: ...
مختصات: ...
پیمانکار: ...
نوع مصالح: ...

آزمایشگاه همکار اداره استاندارد و نظایات صنعتی
پیش نویس فایله بندی

مردم نمونه برداری: ...
روش نمونه برداری: ...
مردم نمونه برداری: ...
روش نمونه برداری: ...

شماره الک	وزن ماده روی الک (g)	درصد ماده روی الک	درصد رد شده نسبت به کل	درصد شکستگی یک جهت □ دو جهت □ وزن ماده های شکسته وزن انتخاب شده	درصد شکستگی
۳	-	-	-	-	-
۳/۱	-	-	-	-	-
۳/۲	-	-	-	-	-
۱	-	-	-	-	-
۱/۱	۱۸۷	۶,۱۳	۹۳,۸۷	-	-
۱/۲	۸	۰,۲۴	۹۳,۹۱	-	-
۱/۳	۱۳۳	۴,۲۶	۸۹,۲۵	-	-
۱/۴	۱۰۹	۳,۵۸	۸۵,۶۷	-	-
۱/۵	-	-	-	-	-
۱/۶	-	-	-	-	-
۱/۷	-	-	-	-	-
۱/۸	-	-	-	-	-
۱/۹	-	-	-	-	-
۱/۱۰	-	-	-	-	-
۱/۱۱	-	-	-	-	-
۱/۱۲	-	-	-	-	-
۱/۱۳	-	-	-	-	-
۱/۱۴	-	-	-	-	-
۱/۱۵	-	-	-	-	-
۱/۱۶	-	-	-	-	-
۱/۱۷	-	-	-	-	-
۱/۱۸	-	-	-	-	-
۱/۱۹	-	-	-	-	-
۱/۲۰	-	-	-	-	-
۱/۲۱	-	-	-	-	-
۱/۲۲	-	-	-	-	-
۱/۲۳	-	-	-	-	-
۱/۲۴	-	-	-	-	-
۱/۲۵	-	-	-	-	-
۱/۲۶	-	-	-	-	-
۱/۲۷	-	-	-	-	-
۱/۲۸	-	-	-	-	-
۱/۲۹	-	-	-	-	-
۱/۳۰	-	-	-	-	-
رد شده	۲۲۸	۷,۴۹	-	-	-
جمع کل	۳۰۵۱	-	-	-	-

درصد شکستگی:

شماره الک	وزن ماده روی الک (g)	درصد ماده	درصد رد شده نسبت به کل	درصد شکستگی یک جهت □ دو جهت □ وزن ماده های شکسته وزن انتخاب شده	درصد شکستگی
۸-۱۰	۵۴,۷	۱,۰۹	۸۹,۰۴	۸۹,۰۴	۸۹,۰۴
۱۴-۱۶	۶۲,۶	۱,۲۵	۷۶,۵۴	۷۶,۵۴	۷۶,۵۴
۳۰	۳۸,۱	۰,۷۶	۶۸,۱۲	۶۸,۱۲	۶۸,۱۲
۴۰	۲۳,۱	۰,۴۶	۶۴,۳۰	۶۴,۳۰	۶۴,۳۰
۵۰	۱۳,۶	۰,۲۷	۶۰,۸۰	۶۰,۸۰	۶۰,۸۰
۱۰۰	۲۲,۴	۰,۴۵	۳۰,۵۶	۳۰,۵۶	۳۰,۵۶
۳۰۰	۱۲۳,۸	۲,۴۷	۵,۱۸	۵,۱۸	۵,۱۸
رد شده	۲۹	۰,۵۸	-	-	-
جمع کل	۵۰۰	-	-	-	-

تایید کننده:

شماره نمونه: ۹۲-۱۱۵
تاریخ: ۹۲/۱۱/۱۵
مختصات: ۵۶°۵۳'۲۱٫۳۷" E
۳۳°۳۱'۵۶٫۹۳" N

کارفرما: ...
مختصات: ...
پیمانکار: ...
نوع مصالح: ...

آزمایشگاه همکار اداره استاندارد و نظایات صنعتی
پیش نویس فایله بندی

مردم نمونه برداری: ...
روش نمونه برداری: ...
مردم نمونه برداری: ...
روش نمونه برداری: ...

شماره الک	وزن ماده روی الک (g)	درصد ماده روی الک	درصد رد شده نسبت به کل	درصد شکستگی یک جهت □ دو جهت □ وزن ماده های شکسته وزن انتخاب شده	درصد شکستگی
۳	-	-	-	-	-
۳/۱	-	-	-	-	-
۳/۲	-	-	-	-	-
۱	-	-	-	-	-
۱/۱	۱۳۹	۳,۵۸	۹۶,۴۲	-	-
۱/۲	۱۸۲	۴,۷۹	۹۱,۶۳	-	-
۱/۳	۳۹۰	۱۰,۰۵	۸۱,۶۸	-	-
۱/۴	۳۴۲	۸,۸۲	۷۲,۸۶	-	-
۱/۵	-	-	-	-	-
۱/۶	-	-	-	-	-
۱/۷	-	-	-	-	-
۱/۸	-	-	-	-	-
۱/۹	-	-	-	-	-
۱/۱۰	-	-	-	-	-
۱/۱۱	-	-	-	-	-
۱/۱۲	-	-	-	-	-
۱/۱۳	-	-	-	-	-
۱/۱۴	-	-	-	-	-
۱/۱۵	-	-	-	-	-
۱/۱۶	-	-	-	-	-
۱/۱۷	-	-	-	-	-
۱/۱۸	-	-	-	-	-
۱/۱۹	-	-	-	-	-
۱/۲۰	-	-	-	-	-
۱/۲۱	-	-	-	-	-
۱/۲۲	-	-	-	-	-
۱/۲۳	-	-	-	-	-
۱/۲۴	-	-	-	-	-
۱/۲۵	-	-	-	-	-
۱/۲۶	-	-	-	-	-
۱/۲۷	-	-	-	-	-
۱/۲۸	-	-	-	-	-
۱/۲۹	-	-	-	-	-
۱/۳۰	-	-	-	-	-
رد شده	۲۰۰	۵,۱۵	-	-	-
جمع کل	۳۸۸۰	-	-	-	-

درصد شکستگی:

شماره الک	وزن ماده روی الک (g)	درصد ماده	درصد رد شده نسبت به کل	درصد شکستگی یک جهت □ دو جهت □ وزن ماده های شکسته وزن انتخاب شده	درصد شکستگی
۸-۱۰	۴۹,۸	۰,۹۹	۹۰,۰۴	۹۰,۰۴	۹۰,۰۴
۱۴-۱۶	۳۴,۶	۰,۷۰	۸۲,۳۴	۸۲,۳۴	۸۲,۳۴
۳۰	۳۷,۵	۰,۷۵	۷۵,۲۲	۷۵,۲۲	۷۵,۲۲
۴۰	۵۹,۱	۱,۱۸	۶۳,۰۴	۶۳,۰۴	۶۳,۰۴
۵۰	۴۲,۱	۰,۸۴	۵۴,۱۸	۵۴,۱۸	۵۴,۱۸
۱۰۰	۱۱۷	۲,۳۴	۳۰,۷۸	۳۰,۷۸	۳۰,۷۸
۳۰۰	۱۰۴,۸	۲,۰۹	۹,۸۲	۹,۸۲	۹,۸۲
رد شده	۴۹,۱	۰,۹۸	-	-	-
جمع کل	۵۰۰	-	-	-	-

تایید کننده:

شماره نمونه: ۹۲-۱۱۵
تاریخ: ۹۲/۱۱/۱۵
مختصات: ۵۶°۵۳'۲۱٫۳۷" E
۳۳°۳۱'۵۶٫۹۳" N

کارفرما: ...
مختصات: ...
پیمانکار: ...
نوع مصالح: ...

آزمایشگاه همکار اداره استاندارد و نظایات صنعتی
پیش نویس فایله بندی

مردم نمونه برداری: ...
روش نمونه برداری: ...
مردم نمونه برداری: ...
روش نمونه برداری: ...

شماره الک	وزن ماده روی الک (g)	درصد ماده روی الک	درصد رد شده نسبت به کل	درصد شکستگی یک جهت □ دو جهت □ وزن ماده های شکسته وزن انتخاب شده	درصد شکستگی
۳	-	-	-	-	-
۳/۱	-	-	-	-	-
۳/۲	-	-	-	-	-
۱	-	-	-	-	-
۱/۱	۱۲۴	۱,۷۶	۹۸,۲۴	-	-
۱/۲	۲۱۲	۳,۰۴	۹۵,۲۰	-	-
۱/۳	۵۱۵	۷,۳۸	۸۷,۸۲	-	-
۱/۴	۸۶۰	۱۲,۳۸	۷۵,۴۹	-	-
۱/۵	۵۵۹	۷,۸۱	۶۷,۴۸	-	-
۱/۶	-	-	-	-	-
۱/۷	-	-	-	-	-
۱/۸	-	-	-	-	-
۱/۹	-	-	-	-	-
۱/۱۰	-	-	-	-	-
۱/۱۱	-	-	-	-	-
۱/۱۲	-	-	-	-	-
۱/۱۳	-	-	-	-	-
۱/۱۴	-	-	-	-	-
۱/۱۵	-	-	-	-	-
۱/۱۶	-	-	-	-	-
۱/۱۷	-	-	-	-	-
۱/۱۸	-	-	-	-	-
۱/۱۹	-	-	-	-	-
۱/۲۰	-	-	-	-	-
۱/۲۱	-	-	-	-	-
۱/۲۲	-	-	-	-	-
۱/۲۳	-	-	-	-	-
۱/۲۴	-	-	-	-	-
۱/۲۵	-	-	-	-	-
۱/۲۶	-	-	-	-	-
۱/۲۷	-	-	-	-	-
۱/۲۸	-	-	-	-	-
۱/۲۹	-	-	-	-	-
۱/۳۰	-	-	-	-	-
رد شده	۳۵۷۲	۵۱,۱۹	-	-	-
جمع کل	۶۹۷۸	-	-	-	-

درصد شکستگی:

شماره الک	وزن ماده روی الک (g)	درصد ماده	درصد رد شده نسبت به کل	درصد شکستگی یک جهت □ دو جهت □ وزن ماده های شکسته وزن انتخاب شده	درصد شکستگی
۸-۱۰	۸۶,۷	۱,۷۳	۸۲,۶۶	۸۲,۶۶	۸۲,۶۶
۱۴-۱۶	۷۴	۱,۴۸	۶۷,۸۹	۶۷,۸۹	۶۷,۸۹
۳۰	۷۵,۸	۱,۵۱	۵۲,۷۰	۵۲,۷۰	۵۲,۷۰
۴۰	۵۶	۱,۱۲	۴۱,۵۰	۴۱,۵۰	۴۱,۵۰
۵۰	۳۷,۸	۰,۷۶	۳۳,۹۴	۳۳,۹۴	۳۳,۹۴
۱۰۰	۸۴,۸	۱,۶۹	۱۶,۹۸	۱۶,۹۸	۱۶,۹۸
۳۰۰	۵۲,۸	۱,۰۵	۶,۴۲	۶,۴۲	۶,۴۲
رد شده	۳۲,۱	۰,۶۴	-	-	-
جمع کل	۵۰۰	-	-	-	-

تایید کننده:

ادامه‌ی پیوست ۳-

کارفرما: ...
 منقایی: ...
 پیمانکار: ...
 نوع مصالح: ...

شماره نمونه: ۷
 تاریخ: ۹۲/۱/۱۵
 مختصات: ۵۶°۵۴'۰۹"۸۸"E : ۳۳°۳۴'۰۶"۸۷"N

آزمایشگاه همکار اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی
 پیش نویس داده بندی

محور برابری: ...
 جهت: ...

شماره الک	وزن ماده روی الک (gr)	درصد ماده روی الک	درصد رد شده نسبت به کل	درصد شکستگی یک جبهه <input type="checkbox"/> دو جبهه <input type="checkbox"/>	وزن ذرات شکسته و وزن انتخاب شده
۳	-	-	-	-	-
۳-۱	-	-	-	-	-
۳-۲	-	-	-	-	-
۳-۳	-	-	-	-	-
۱	-	-	-	-	-
۱-۱	-	-	-	-	-
۱-۲	۲۱۱	۴,۹۲	۹۵,۰۸	-	-
۲	-	-	-	-	-
۲-۱	۱۸۴	۴,۲۹	۹۰,۷۹	-	-
۲-۲	-	-	-	-	-
۲-۳	۴۲۳	۱۰,۰۹	۸۰,۷۰	-	-
۴	-	-	-	-	-
۴-۱	۲۷۸	۲,۴۸	۷۴,۲۲	-	-
۴-۲	-	-	-	-	-
۴-۳	-	-	-	-	-
۴-۴	۵۵۵	۱۲,۹۳	۲۱,۳۰	-	-
۸	-	-	-	-	-
رد شده	۲۶۲۱	۴۱,۳۰	-	-	-
جمع کل	۴۲۹۲	-	-	-	-

درصد شکستگی: ...

ارزش ماسه ای نمونه ۱	درصد رد شده نسبت به کل	درصد ماده	وزن ماده (gr)	شماره الک
۸-۱۰	۵۲,۵۹	۸۵,۸۰	۱,۴۲۰	۷۱
۱۴-۱۶	۴۴,۶۲	۷۲,۸۰	۱,۳	۶۵
۳۰	۳۹,۱۵	۵۸,۹۸	۱۲,۸۲	۶۹,۱
۴۰	۲۹,۴۶	۳۸,۰۶	۱,۰۹۲	۵۴,۶
۵۰	۲۵,۱۹	۴۱,۰	۶,۹۶	۳۴,۸
۱۰۰	۱۴,۱۸	۲۲,۱۴	۱۲,۹۶	۸۹,۸
۲۰۰	۵,۴۳	۸,۸۲	۱,۴۲۸	۷۱,۴
رد شده	-	-	۸,۸۶	۴۴,۳
جمع کل	-	-	۵۰	-

کارفرما: ...
 منقایی: ...
 پیمانکار: ...
 نوع مصالح: ...

شماره نمونه: ۸
 تاریخ: ۹۲/۱/۱۵
 مختصات: ۵۶°۵۳'۴,۶۵"E : ۳۳°۳۴'۰۰"۳۸"N

آزمایشگاه همکار اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی
 پیش نویس داده بندی

محور برابری: ...
 جهت: ...

شماره الک	وزن ماده روی الک (gr)	درصد ماده روی الک	درصد رد شده نسبت به کل	درصد شکستگی یک جبهه <input type="checkbox"/> دو جبهه <input type="checkbox"/>	وزن ذرات شکسته و وزن انتخاب شده
۳	-	-	-	-	-
۳-۱	-	-	-	-	-
۳-۲	-	-	-	-	-
۳-۳	-	-	-	-	-
۱	-	-	-	-	-
۱-۱	-	-	-	-	-
۱-۲	-	-	-	-	-
۱-۳	-	-	-	-	-
۲	-	-	-	-	-
۲-۱	-	-	-	-	-
۲-۲	-	-	-	-	-
۲-۳	-	-	-	-	-
۴	-	-	-	-	-
۴-۱	-	-	-	-	-
۴-۲	-	-	-	-	-
۴-۳	-	-	-	-	-
۴-۴	۹۰	۳,۹۲	۹۶,۰۸	-	-
۸	-	-	-	-	-
رد شده	۲۲۰۴	۹۶,۰۸	-	-	-
جمع کل	۲۲۹۴	-	-	-	-

درصد شکستگی: ...

ارزش ماسه ای نمونه ۲	درصد رد شده نسبت به کل	درصد ماده	وزن ماده (gr)	شماره الک
۸-۱۰	۸۲,۲۶	۱۵,۰۲	۷۵,۱	۷۱
۱۴-۱۶	۶۹,۹۱	۱۲,۲۲	۴۱,۱	۶۵
۳۰	۶۰,۹۵	۹,۴۲	۴۹,۶۰	۶۹,۱
۴۰	۵۴,۱۷	۷,۰۶	۳۵,۳۰	۵۴,۶
۵۰	۴۷,۹۱	۹,۵۲	۳۶,۶۰	۳۴,۸
۱۰۰	۲۳,۲۷	۲۵,۲۳	۱۲,۹۱	۸۹,۸
۲۰۰	۹,۳۳	۱,۴۹۴	۷۱,۴	۷۱,۴
رد شده	-	۹,۱۷	۴,۸۵	۴۴,۳
جمع کل	-	-	۵۰	-

کارفرما: ...
 منقایی: ...
 پیمانکار: ...
 نوع مصالح: ...

شماره نمونه: ۹
 تاریخ: ۹۲/۱/۱۵
 مختصات: ۵۶°۵۳'۳۷,۵۵"E : ۳۳°۳۴'۰۵,۶۲"N

آزمایشگاه همکار اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی
 پیش نویس داده بندی

محور برابری: ...
 جهت: ...

شماره الک	وزن ماده روی الک (gr)	درصد ماده روی الک	درصد رد شده نسبت به کل	درصد شکستگی یک جبهه <input type="checkbox"/> دو جبهه <input type="checkbox"/>	وزن ذرات شکسته و وزن انتخاب شده
۳	-	-	-	-	-
۳-۱	-	-	-	-	-
۳-۲	-	-	-	-	-
۳-۳	-	-	-	-	-
۱	-	-	-	-	-
۱-۱	-	-	-	-	-
۱-۲	-	-	-	-	-
۱-۳	-	-	-	-	-
۲	-	-	-	-	-
۲-۱	-	-	-	-	-
۲-۲	-	-	-	-	-
۲-۳	-	-	-	-	-
۴	-	-	-	-	-
۴-۱	-	-	-	-	-
۴-۲	-	-	-	-	-
۴-۳	-	-	-	-	-
۴-۴	۷۹	۲,۵۸	۹۶,۴۲	-	-
۸	-	-	-	-	-
رد شده	۲۱۳۰	-	-	-	-
جمع کل	۱۴۷۲	-	-	-	-

درصد شکستگی: ...

ارزش ماسه ای نمونه ۳	درصد رد شده نسبت به کل	درصد ماده	وزن ماده (gr)	شماره الک
۸-۱۰	۹۷,۶۸	۹۷,۶۸	۲,۴۲	۷۱
۱۴-۱۶	۹۱,۳۲	۹۱,۳۲	۶,۳۹	۶۵
۳۰	۸۱,۱۸	۸۱,۱۸	۱۰,۱۴	۶۹,۱
۴۰	۶۷,۴۶	۴۷,۴۶	۱۳,۷۲	۶۸,۶
۵۰	۶۱	۶۱	۹,۴۶	۲۲,۳
۱۰۰	۳۱,۸۰	۳۱,۸۰	۲۹,۲	۱۴
۲۰۰	۱۸,۱۲	۱۸,۱۲	۱۶,۶۸	۶۸,۴
رد شده	-	-	۹,۰۶	۹,۰۶
جمع کل	-	-	۵۰	-

کارفرما: ...
 منقایی: ...
 پیمانکار: ...
 نوع مصالح: ...

شماره نمونه: ۱۰
 تاریخ: ۹۲/۱/۱۵
 مختصات: ۵۶°۵۳'۲۱,۴۶"E : ۳۳°۳۴'۰۹,۰۸"N

آزمایشگاه همکار اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی
 پیش نویس داده بندی

محور برابری: ...
 جهت: ...

شماره الک	وزن ماده روی الک (gr)	درصد ماده روی الک	درصد رد شده نسبت به کل	درصد شکستگی یک جبهه <input type="checkbox"/> دو جبهه <input type="checkbox"/>	وزن ذرات شکسته و وزن انتخاب شده
۳	-	-	-	-	-
۳-۱	-	-	-	-	-
۳-۲	-	-	-	-	-
۳-۳	-	-	-	-	-
۱	-	-	-	-	-
۱-۱	-	-	-	-	-
۱-۲	-	-	-	-	-
۱-۳	-	-	-	-	-
۲	-	-	-	-	-
۲-۱	-	-	-	-	-
۲-۲	-	-	-	-	-
۲-۳	-	-	-	-	-
۴	-	-	-	-	-
۴-۱	-	-	-	-	-
۴-۲	-	-	-	-	-
۴-۳	-	-	-	-	-
۴-۴	۷۹	۲,۵۸	۹۶,۴۲	-	-
۸	-	-	-	-	-
رد شده	۲۱۳۰	-	-	-	-
جمع کل	۲۲۰۹	-	-	-	-

درصد شکستگی: ...


ارزش ماسه ای نمونه ۴	درصد رد شده نسبت به کل	درصد ماده	وزن ماده (gr)	شماره الک
۸-۱۰	۸۵,۲۷	۸۸,۴۴	۱۱,۵۶	۷۱
۱۴-۱۶	۷۷,۴۱	۷۷,۴۱	۱۵,۴۲	۶۵
۳۰	۵۸,۴۳	۶۰,۶۸	۱۲,۴۲	۶۹,۱
۴۰	۵۷,۷۲	۵۴,۶۸	۹,۹۲	۶۸,۶
۵۰	۴۵,۹۵	۴۷,۶۶	۷,۰۲	۳۵,۱
۱۰۰	۳۴,۹۳	۳۵,۲۰	۱۲,۴۶	۶۷,۳
۲۰۰	۱۰,۰۲	۱۰,۴۰	۲۴,۸۰	۱۴
رد شده	-	-	۵۲	۱۰,۴۰
جمع کل	-	-	۵۰	-

شماره نمونه: 11 بازرس 11

تاریخ: $15/1/92$

$52^{\circ}53'35.18''E$

$33^{\circ}36'08.03''N$: *مختصات*



آزمایشگاه همکار اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی

تبت: ۹۰۰

پیش نویس دانه بندی

کارفرما:

مقاضی: *سعید...*

پیمانکار:

نوع مصالح:

محل نمونه برداری = رویای دولت آباد - مرقصیت نسبت به شهر شمال غربی - عمق نمونه برداری: 35 متر

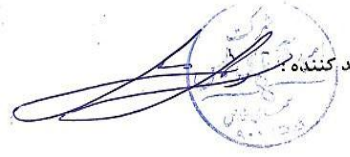
شماره الک	وزن مانده روی الک (gr)	درصد مانده روی الک	درصد رد شده نسبت به کل	درصد شکستگی	
				وزن دانه های شکسته	وزن انتخاب شده
۳	—	—	—	—	—
$2 \frac{1}{2}$	—	—	—	—	—
۲	—	—	—	—	—
$1 \frac{1}{2}$	—	—	—	—	—
۱	—	—	—	—	—
$\frac{3}{4}$	—	—	—	—	—
$\frac{1}{2}$	—	—	—	—	—
$\frac{1}{4}$	—	—	—	—	—
$\frac{3}{16}$	—	—	—	—	—
$\frac{2}{16} = \frac{1}{8}$	۳۳	۱,۵۳	۹۸,۴۷	—	—
۸	—	—	—	—	—
رد شده	۲۱۳۵	۹۸,۴۷	—	—	—
جمع کل	۲۱۶۳	—	—	—	—

درصد شکستگی:

شماره الک	وزن مانده (gr)	درصد مانده	درصد رد شده	درصد رد شده نسبت به کل	ارزش ماسه ای	
					نمونه ۱	نمونه ۲
۸-۱۰	۵۹,۳	۱۱,۸۶	۸۸,۱۴	۸۶,۷۹	—	—
۱۴-۱۶	۶۹,۵	۱۳,۹۰	۷۴,۲۴	۷۳,۱۰	—	—
۳۰	۵۴,۱۸	۱۰,۹۶	۶۳,۲۸	۶۲,۳۱	—	—
۴۰	۲۷	۵,۴۰	۵۷,۸۸	۵۶,۹۹	—	—
۵۰	۱۵,۳	۳,۰۶	۵۴,۸۲	۵۳,۹۸	—	—
۱۰۰	۱۱۱	۲۲,۲۰	۳۲,۶۲	۳۶,۰۶	—	—
۲۰۰	۱۱۷	۲۳,۴۰	۹,۲۲	۹,۰۷	—	—
رد شده	۴۶,۱	۹,۲۲	—	—	—	—
جمع کل	۵۰۰	—	—	—	—	—

ارزش ماسه ای

تایید کننده:



منابع

منابع فارسی

- ادیب، ا.، مهرنهاد، ح.، (۱۳۸۸)، "ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای شهر طبس"، پژوهشکده سوانح طبیعی، سازمان مسکن و شهرسازی استان یزد، ۲۹۸ صفحه.
- حائری، س. م.، حاجی علیلو، م.، (۱۳۸۴)، "ریزپهنه بندی لرزه‌ای و تهیه طیف طراحی برای شهرهای بزرگ (شهر تبریز)"، پژوهشکده سوانح طبیعی، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی ایران.
- حافظی مقدس، ن.، قائم‌مقامیان، م. ر.، (۱۳۸۸)، "ارزیابی ضخامت آبرفت در شهر مشهد بر اساس بررسی‌های میکروترمور"، نشریه زمین‌شناسی مهندسی، جلد سوم، شماره ۱.
- غفوری، م.، لشگری پور، غ.، حافظی مقدس، ن.، اکبری، م.، یزدانفر، ر.، (۱۳۸۶)، "ارزیابی اثرات ساختگاه در شرق شهر مشهد با استفاده از ریزارتعاشات"، اولین کنگره زمین‌شناسی کاربردی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد.
- فرزانگان، ا.، (۱۳۸۳)، "مفاهیم بنیادین زلزله با نگاهی به لرزه‌خیزی ایران"، سمینار آموزشی مبانی لرزه‌زمین‌ساخت و تحلیل خطر نسبی زمین لرزه، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- قلندرزاده، ع.، معتمد، ر.، (۱۳۸۳)، "اندازه‌گیری‌های میکروترمور ابزاری مناسب در مطالعات پاسخ ساختگاه"، نشریه دانشکده فنی، شماره ۶، صفحه‌های ۷۹۰-۷۷۷.
- لشگری پور، غ.، صادقی، ح.، سویزی، ز.، (۱۳۸۵)، "مقایسه تعیین فرکانس غالب شهر بم با استفاده از پروفیل‌های لرزه‌ای و روش نسبت طیفی افقی به قائم پس لرزه‌های زلزله بم"، دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- موسسه‌ی جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی، (۱۳۸۵)، "نقشه‌ی راه‌های ایران"، مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰.

- میرزائی، ن.، قیطانچی، م. ر.، ناصریه، س.، رئیسی، م.، ظریفی، ز.، طبائی، ق.، (۱۳۸۱)، " پارامترهای مبنایی زمین‌لرزه‌های ایران"، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۳۱.
- نبوی، م. ح.، (۱۳۵۵)، "دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۰۹ صفحه.
- نواب‌پور، پ.، سعیدی، ع.، قاسمی، م.، (۱۳۸۲)، "زمین‌ساخت پویای باختر کوهستان شتری"، فصلنامه علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور، شماره ۵۰-۴۹، صفحه ۱۳-۲.
- وزارت راه و شهرسازی، اداره‌ی کل راه و شهرسازی استان یزد، مهندسین مشاور شهرساز زیست بوم پروژه یزد، (۱۳۹۰)، "طرح توسعه و عمران جامع شهر و حوزه‌ی نفوذ شهر طبس".

منابع لاتین

- Aki, K., (1957), Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to Microtremors, Bull. Earthquake. Res Inst. Tokyo, Vol. 35, pp. 415-457.
- Al Yuncha, Z., & Luzon, F., (2000), On horizontal to vertical spectral ratio in sedimentary basins. Bull. Seismo. Soci. Am., 90:11011106.
- Ambraseys, N.N., Melville, C.P., (1982), A History of Persian Earthquakes. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 219.
- Asten, M., (1978), Geological control on the three-component spectra of Rayleigh wave microtremors, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 68, No. 6, pp. 1623-1636.

- Bard, P. Y. (1994), Discussion session: Lessons, Issues, needs and Prospects, Special theme session on Turkey flat and Ashigara Valley experiments, Tenth World Conference on earthquake Engineering, Madrid, July 10-14, Post conference volume.
- Berberian, M., (1972), Statistics on earthquakes in Iran during 1971, Geol. Surv. Iran, Internal Report, 20p.
- Berberian, M., (1979), Earthquake faulting and bedding thrust associated with the Tabas-e-Golshan (Iran) earthquake of September 16, 1978. Bulletin of the Seismological Society of America 69, 1861-1887.
- Berberian, M., (1982), Aftershock tectonics of the 1978 Tabas-e-Golshan (Iran) earthquake sequence: a documented active 'thin- and thick-skinned tectonic' case. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society 68, 499-530.
- Berilgen M.M., (2007), Evaluation of local site effects on Earthquake damages of Fatih Mosque, Elsevier, Engineering Geology, 91, pp. 240-253.
- Borchardt RD., (1970), Effects of local geology on ground motion near San Francisco Bay, Bull. Seism. Soc. Am. 60, pp. 29-61.
- Borchardt, R., & Glassmoyer, G., (1992), On the characteristics of local geology and their influence on ground motion generated by the Loma Prieta earthquake in the San Francisco, Bull. Seism. Soc. Am., 82, pp. 603-641.
- Bour, M., Fouissac, D., Dominique, P., Martin, C., (1998), On the use of microtremor recordings in seismic microzonation, Soil dynamic and Earthquake Engineering, Vol. 17, pp. 465-474.

- Brambati, A., Faccioli, E., Carulli, E. B., Culchi, F., Onofri, R., Stefanini, S., and Ulcigari, F. (١٩٨٠), Studio de microzonizzazione sismica dell'area di Tarcento (Friuli), Edito da Regione Autonoma Friuli-Venezia-Giulia (in Italian)
- Celebi, M. (1987), Topographical and geological amplification determined from strong-motion and aftershock records of the 3 March 1985 Chile earthquake, *Bulletin of siesmological society of America*, Vol. 77, pp. 1147-1157.
- Chavez-Garcia, F. J., Sanchez, R. L., and Hatzfeld, D., (1996), Topographic site effects and HVSR. A comparison between observation and theory, *Bulletin of siesmological society of America*, Vol. 86, No. 5, pp. 1559-1573.
- Dikmen, U, Mirzaoglu, M., (2005), "The Seismic Microzonation Map of Yenisehir-Bursa, NW of Turkey by Means Of Ambient Noise Measurements". *Journal of Balkan Geophysical Society*, Vol. 8, No.2, pp. 53-62.
- Ergin, M., Zalaybey, S.O., Aktar, M., & Yalc, M.N., (2004), Site amplification at AvcVlar, stanbul. *Tectonophysics*, 391:335-346.
- Field, E.H. and Jacob, K. (1995), A comparison and test of various site response estimation techniques, including three that are non reference-site dependent, *Bull. Seism. Soc. Am.* Vol. 85, pp. 1127-1143.
- Finn, W. D. L. (1991), Geotechnical Engineering aspects of microzonation, *Proc. Ath Int. Conf. on Siesmic Zonation, Stanford*, Vol. I, pp. 199-259.
- Frantti, G., (1963), The nature of high frequency earth noise spectra, *Geophysics*, Vol. 28-4, 547-562.

- Gallipoli, M.R., Mucciarelli, M., Castro, R.R., Mochavesi, G., Contri, P., (2004a), Structure, soil-structure response and effects of damage based on observations of horizontal-to-vertical spectral ratios of microtremors. *Soil Dyn. Earthqu. Eng.* 24, pp. 487-495.
- Geli, L., Bard, P. Y. and Jullien, B. (1988), The effect of topography on earthquake ground motion: a review and new results, *Bulletin of siesmological society of America*, Vol, 78, pp. 42-63.
- Gonzalez, J., Schmitz M., Audemard F., Contreras R., Mocquet A., Delgado J. and De Santis, F., (2003), Site effects of the 1997 Cariaco, Venezuela earthquake, Elsevier, *Engineering Geology*, 72, pp. 143-177.
- Gosar, A., (2010), Site effects and soil-structure resonance study in the Kobarid basin (NW Slovenia) using microtremors. *Nat Hazards Earth Syst. Sci.* Vol. 10, pp. 761-772.
- Gutenberg, B., (١٩٥٨), Microseisms. *Advances in Geophysics* 5, 53-92.
- Horike, M. (1985), Inversion of phase velocity of long-period microtremors to the S-wave-velocity structure down to the basement in urbanized area, *J. Phys. Earth* 33, pp. 59-96.
- Ibs-von Seht, M., Wohlenberg, J., (1999), Microtremor Measurements Used to Map Thickness of Soft Sediments .*Bull. Seism. Soc. Am.* Vol. 89 No.1, PP. 250-259.
- Jafari, M. K., Ghayamghamian, M. R., Davoodi, M., Kamalian, M., Sohrabi-Bidar, A., (2005), Site Effects of the (2003), Bam, Iran, Earthquake, *Earthquake Spectra*, Volume 21, No. S1, pages S125-S136.
- JSCE Earthquake Report (2001), Recent damaging earthquakes around the world, Japan Society of Civil Engineers, Japan.

- Kagami, H., Okada S., Shiono K., Oner M., Dravinski M., and Mal A. K., (1986), Observation of 1- and 5-second microtremors and their application to earthquake engineering. Part III, A two-dimensional study of site effects in the San Fernando Valley, Bull. Seism. Soc. Am. 76, 1801-1812.
- Kockar, M. K. and Akgun, H., (2012), Evaluation of the site effects of the Ankara basin, Turkey, Applied Geophysics Vol. 83, pp. 120-134.
- Komak Panah, A., Hafezi Moghaddas, N., Ghayamghamian, M. R., Motosaka, M., Jafari, M. K. and Uromieh, A., (2002), Site Effect Classification in East-Central of Iran, JSEE, Vol. 4, No. 1 / 37.
- Konno, K., Ohmachi T., (1998), Ground-motion characteristics estimated from spectral ratio between Horizontal and vertical components of Microtremor, Bull. Seism. Soc. Am, Vol. 88:1, pp. 228- 241.
- Kramer, S. L., (1996), "Geotechnical Earthquake Engineering", Published by Prentice Hall international Series, New Jersey, 653 pp.
- Kristek, J., Moczo, P. P., and Bystricky, E., (1998), Effect of neighboring topography on seismic motion in the sediment valley, Contributions to Geophysics and Geodesy, Vol. 28/1, pp. 144.162.
- Lachet, C., Hatzfeld, D., Bard, P.Y.,Theodulidis, N., Papaioannou, C., and Savvaidis, A. (1996), Site effect and Microzonation in the city of Thessalonica (Greece). Comparison of different approaches, Bull. Seism. Soc. Am.Vol. 86. pp. 1692-1703.
- Lermo and Chavez-Garcia (1993), Site effects evaluation using spectral ratios with only one station, Bull. Seism. Soc. Am., 83, pp. 1574 - 1594.

- Lermo, J. and Chavez-Garcia, F. J., (1994), "Are microtremors useful in site response evaluation?" Bulletin of siesmological society of America, Vol. 84, pp.1350-1364.
- Levret, A., loup, C., and Goula, X., (1986), "The provence earthquake of June 11th, 1909 (France): New assessment of near field effect, Proceeding of the 8th European Conference of Earthquake Engineering, Lisbon, September, Vol. 2, pp. 42-79.
- Lozano, L., Herraiz, M., Krishna Singh, S., (2008) "Site effect study in central Mexico using H/V and SSR techniques: Independence of seismic site effects on source characteristics, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 29, pp. 504-516.
- Mac Murdo, J. (1824), "Papers relating to the earthquake which occurred in India in 1819, Philosophical Magazine, Vol. 63, pp. 105-107.
- Mohajer-Ashjai, A., Behzadi, H., Berberian, M., (1975), "Reflections on the rigidity at the Lut block and recent crustal deformation in eastern Iran, Tectonophysics, 25, 281-301.
- Mucciarelli, M., (1998), "Reliability and applicability of Nakamura's technique using microtremors on the ground surface: an experimental approach, J. Earthquake Eng. 2, 625-638.
- Mundepi, A. K., Galiana-Merino, J. J., Kamal, Lindholm C., (2010), "Soil characteristics and site effect assessment in the city of Dehli (India) using H/V and f-k methods, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 30, pp. 591-599.

- Nakamura, Y., (1989), A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface, Quarterly reports of the Railway Technical Research Institute Tokyo, Vol 30, pp. 25-33.
- Nakamura, Y., (1997), Seismic vulnerability indices for ground and structures using Microtremor, World congress on railway research, Florence-Italy, 16-19 November.
- Nakamura, Y., (2000). Clear identification of fundamental idea of Nakamura's technique and its applications. Proceedings of the 12th World Conference on Earthquake Engineering. Auckland, New Zealand.
- Navarro, M., Enomoto, T., Sanchez, F. J., Matsuda, I., Iwatate, T., Posadas, A.M., Luzon, F., Vidal, F., Seo, K, (2001), Surface soil study using short-period microtremors observation in Almeria city, southern Spain", Pure Appl. Geophys. Vol. 158. PP. 2481-2497.
- Niazi, M. and Kanamori, H., (1981), Source parameters of 1978 Tabas And 1979 Qainat, Iran, earthquake from long-period surface waves, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 71, No. 4, pp. 1201-1213.
- Nogoshi, M., Igarashi, T., (1970), On the propagation characteristics estimations of subsurface using microtremors on the ground surface. J., Seismol. Soc. Jpn. 23, 264-280.
- Nowroozi, A. A., (1971), Siesmotectonics of the Persian Plateau, eastern Turkey, Caucasus and Hindu-Kush region, Bull. Seism. Soc. Am. Vol. 61, pp. 317-341.

- Nowroozi, A. A., (1976), Siesmotectonic province of Iran, National Earthquake Information Service (NEIS), U.S.G.S., Colorado, Bull. Seism. Soc. Am. Vol. 66, pp. 1249-1276.
- Okada, H., (2003), The Microtremor survey method. Geophysical Monograph Series, Society of Exploration Geophysicists. Vol. 12. 34-56.
- Okuma, Y., Harada, T., Yamazaki, F., and Matsuoka, M., (2000), Site Amplification Characteristics in Miyazaki Prefecture, Japan Using Microtremor and Seismic Records. Proceedings of the 6th International Conference on Seismic Zonation, pp. 551-556.
- Ranjan, R. (2005), Seismic Response Analysis of Dehradun City, India, MSc thesis, Indian Institute of Remote Sensing, National Remote Sensing Agency, Dehradun Dep. of Space, Govt. of India.
- Reid, H.F. (1910),The California Earthquake Of April 18, 1906," Publication 87, Vol. 21, Carnegie Institute of Washington, Washington, D.C.
- Rodriguez, M., Chavez-Garcia, F. J. and Stephenson, W. R., (2000), Site Effects in an Alluvial Valley : A Comparison of Estimates from Earthquake and Microtremor Records. Proc. ١٣th World Conf. on Earthquake Engineering, Auckland. Paper No. 1441.
- Ruttner, A., Nabavi, M., and Hajian, J. (1968), Geology of the Shirgesht area (Tabas area, East Iran). Geological Survey of Iran, Report No. 4:1-133.
- Sanchez-Sesma, F. J., and Campillo, M., (1991), Diffraction of P, SV and Rayleigh waves by Topographical features: a boundary integral formulation, Bulletin of siesmological society of America, Vol. 81, pp. 2234-2253.

- Seed, H. B., Ugas, C., Lysmer, J., (1976), Site-dependent spectra for earthquake-resistant design, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 66, pp. 221-243.
- Seed, R. B., Dickenson, S. E., Remer, M. F., Bray, J. D., Sttar, N., Mitchell, J. K., Idriss, I. M., Kayen, R E., Kropp, A., Harder, L. F., and Power, M. S., (1990), Preliminary report on the principal geotechnical aspects of the October 17, 1989 Loma Prieta earthquake, report UCB/EERC-90/05, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, 137 pp.
- SESAME, (2004a), Guidelines for the implementation of the h/v spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, Processing and Interpretation", Sesame European research project WP12 – Deliverable D 23.12.
- SESAME, (2004b), Site effects assessment using ambient excitations", European commission, research general directorate project no. EVG1-CT-2000-00026 SESAME, WP08, Nature of noise wave field.
- Shafique, M., (2008), Master. Thesis, Pridicting topographic aggravation of seismic ground shaking using geospatial tools (a case study of Kashmir earthquake), ITC university, Netherlands.
- Siro, L. (1982), Southern Italy November 23, 1980 earthquake, Proceeding of the 7th European Conference on Earthquake Engineering, Athens, Greece, September 20-25.
- Stocklin, J., Eftekhar-Nezhad, J., Hushmand-Zadeh, A., (1965). Geology of the Sotori Range (Tabas area, East Iran), Geological Survey of Iran, Report No. 3, pp. 133.

- Teves-Costa, P., Almeida, I. M., Silva. P.L., (2001), "Microzonation of Lisbon: 1-D Theoretical Approach". Pure Appl. Geophys. Vol. 158, pp. 2579-2596.
- Tezcan, S., Kaya, E., Bal, I. E., Ozdemir, Z., (2002), Seismic amplification at Avcilar, Istanbul, Engineering Structure Vol. 24, pp. 661-667.
- Tsubai, S., Saito, M., Ishihara, Y, (2001), Verification of horizontal to vertical spectral ratio technique for estimation of site response using borehole seismographs, Bull. Seism. Soc. Am. 91, No. 3, pp. 499-510.
- Tuladhar, R. (2002), Seismic Microzonation of the Greater Bangkok with Microtremor Observations, thesis for degree of Master of Engineering, Asian Institute of Technology, School of Civil Engineering.
- Tuladhar, R., Yamazaki, F., Warnitchai, P. and Saita, J., (2004), Seismic microzonation of the greater Bangkok area using microtremor observations, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 33, pp. 211-255.
- Walker R.T., Khatib, M. M., Bahroudi, A., Rodes, A., Schnabel, C., Fattahi, M., Talebian, M. and Bergman, E., (2013), Co-seismic, geomorphic, and geologic fold growth associated with the 1978 Tabas-Golshan earthquake fault in eastern Iran, Elsevier, Geomorphology, pp. 02-16.
- Wood, H.O. (1908), Distribution of apparent intensity in San Francisco, in the California earthquake of April 18, 1906, Report of the State Earthquake Investigation Commission, Carnegie Institute of Washigton, Washington, D.C., Vol. 1, pp. 220-245.

- Woolery, E., Street, R., (2002), 3D near-surface soil response from H/V ambient-noise ratios, *Soil Dynamic and Earthquake Engineering* 22, 865-876.
- Yamazaki, F. and Ansary, M., (1997), Horizontal to Vertical Spectrum Ratio of Earthquake Ground Motion for Site Characterization. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, vol 26, pp 671-689.

Abstract

Existence of abundant evidences of quaternary faults activity and background seismicity such as September 16, 1978 earthquake ($M_s=7.4$) have explicitly demonstrated that Tabas city is located in a seismic zone with high seismicity potential. This city is situated on the quaternary alluvium sediments that capable to amplify the ground motion. Recent major earthquakes have clearly demonstrated that near-surface local site conditions that can generate significant amplifications and play a major role in the level of ground shaking. It is therefore highly desirable to develop methods to identify and characterize regions that are prone to this type of site amplification. To determine the subsurface sediment characteristics over the studied area, measurement and analyses of microtremor have been employed at about 80 sites and the spectral ratio between the horizontal and vertical components (H/V) of the microtremor measurements at the ground surface has been used to estimate the fundamental periods and amplification factors of the site. Old microtremor measurements related to “geotechnical earthquake microzonation of Tabas” project (2009) that had been employed in about 52 sites, in order to make reliable final result, were analyzed. To assessing the efficiency of microtremor waves for determination of site characteristics, the H/V spectrum ratio shape from microtremor waves with spectrum ratio of Tabas governor accelerometer station records, related to 1978 Tabas earthquake ($M_s=7.4$) and its next years were compared and predominant frequency and amplification factor value were obtained. The results showed significant similarity in spectrum ratio shape and site characteristics values in both microtremor and ground motion spectrum. Soil texture map which shows the soil distribution in the different parts of this area was extracted using the aerial photos. This map was compared with iso-period map in order to correlating the soil texture and predominant period distribution. Despite the matching in most cases, This study showed that there is not a complete correlation between these parameters. This study also showed that about 60% of this area are long period (>1) regions. There is possibility of long period ground vibrations in Tabas area due to long distant earthquakes, which might have severe effects on the structures especially those with long natural period like high-rise buildings. Finally, based on the results, safest direct for future development of city were recommended and also results demonstrated the role and the importance of site effect study in urban planning and development.

Keywords: Site effects, Tabas, microtremor, H/V Spectral ratio, Predominant Period



Sharood University Of Technology

Faculty of Earth Science

Hidrology & Environmental geology Group

M. Sc. Thesis

Assessments of earthquake site effects in Tabas city

Saeid Goraneyan

Supervisors

Dr. N. Hafezi Moghaddas

Dr. M. Aryamanesh

January 2014