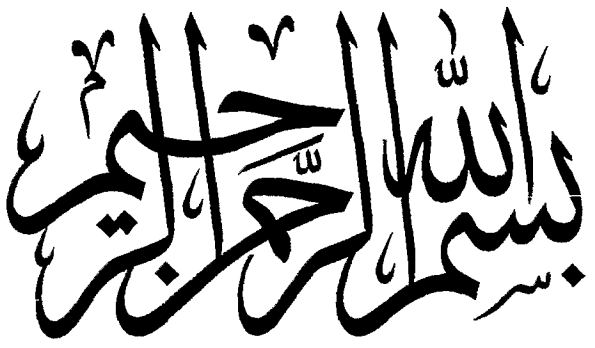

٤٨٠٤٢

۱۳۸۲ /۵/ ۳۰

دانشگاه علم و صنعت ایران
دانشکده مهندسی عمران

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
قسمت مدارک

تعیین اثر ساختگاه با استفاده از اندازه‌گیری های میکروترمورها

رامین معتمد چابکی

پایان نامه کارشناسی ارشد
در رشته
عمران – مهندسی زلزله

اساتید راهنما : دکتر غلامرضا قدرتی امیری — دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر عباس قلندرزاده — دانشگاه تهران

آبان ۱۳۸۱

۴۸۰۹۲

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

و

برادر و خواهر مهربانم

چکیده :

وقوع زمینلرزه های مخربی چون ۱۹۸۵ مکزیک، ۱۹۸۹ لوماپریتا کالیفرنیا و ۱۹۹۵ کوبه ژاپن همگی به نوعی پتانسیل تاثیرگذاری زمین شناسی سطحی زمین را بر جنبش نیرومند آن بیان کرده اند. لایه های رسوب در نزدیکی سطح زمین قادرند به میزان زیادی حرکت زمین ناشی از زمینلرزه را تقویت کنند که این موضوع به اثر ساختگاه (Site Effect) معروف می باشد.

هدف از این تحقیق بررسی روشهای مختلف تعیین اثر ساختگاه با استفاده از اندازه گیری های میکروترمور می باشد. در این راستا ابتدا روشهای مختلف پردازش سیگنالهای میکروترمور با رویکردی به مباحث پردازش سیگنالهای دیجیتال مورد بررسی قرار گرفته اند. برای این منظور پارامترهای مختلفی چون طول پنجره زمانی، میزان همپوشانی و نوع پنجره مورد توجه قرار گرفته اند. از این قسمت اینگونه نتیجه گرفته شده است که طول پنجره زمانی ۲۰ ثانیه، میزان همپوشانی ۱۰٪ و نوع پنجره Hamming مناسب ترین بوده و نتایج حاصله ثبات بهتری دارند. سپس کاربرد میکروترمورها در تخمین اثر توپوگرافی بر پاسخ ساختگاه مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه نشان داده شده است که میکروترمورها قادر به تخمین اثر توپوگرافی به عنوان یکی دیگر از مضامین اثر ساختگاه می باشند. سپس روشهای مختلف محاسبه طیف در آنالیز داده های میکروترمور و تاثیر آنها بر نتایج حاصله مورد بحث قرار گرفته است. در این راستا انواع مختلف طیف از قبیل طیف فوریه، طیف توان، طیف ضربی و طیف ضربی قطعه ای بررسی شده و به وضوح نشان داده شده است که طیف ضربی قطعه ای بهترین گزینه جهت آنالیز داده های میکروترمور می باشد و مشخصات ساختگاه را بهتر نشان می دهد. بعلاوه روشهای با استفاده و بدون استفاده از نقطه مرجع نیز در آنالیز داده های میکروترمور مطالعه گردیده و مناسب تر بودن روش H/V برای آنالیز میکروترمورها به خوبی به اثبات رسیده است. نشان داده شده است که مقادیر پریود غالب و ضریب تقویت بدست آمده با استفاده از این روش صحیح تر و واقعگرایانه تر می باشد. در پایان نیز نتایج بدست آمده از داده های میکروترمور با نتایج بدست آمده از داده های گمانه ای مقایسه گردیده و پتانسیل اندازه گیری های میکروترمور در تعیین اثر ساختگاه و مشخصات آن به اثبات رسیده است.

سپاسگزاری

در اینجا برخود لازم می دانم که از زحمات استاد راهنمای خود جناب آقای دکتر قدرتی که از بدو شروع تحصیل در دوره کارشناسی ارشد و همچنین در تمامی مراحل انجام پروژه با حمایت های خود اینجانب را همراهی و راهنمایی نموده اند صمیمانه تشکر و قدردانی بنمایم. همچنین تشکر و سپاسگزاری ویژه خود را از استاد راهنمای دیگر خود جناب آقای دکتر قلندرزاده که در تمامی مراحل کار با راهنمایی ها و تصحیحات به موقع کمک شایانی را به اینجانب نمودند و همچنین با قرائت دقیق پیش نویس پایان نامه، نظرات ارزشمندی را جهت تصحیح و بهبود آن بیان داشتند ابراز مینمایم. از استاد گرامی جناب آقای دکتر زاهدی نیز که در طول مدت تحصیل همواره اینجانب را با بزرگواری راهنمایی و حمایت نموده اند و نیز زحمت داوری این پایان نامه را تقبل کردند سپاسگزاری می نمایم. از آقای دکتر برگی نیز به سبب حضورشان در جلسه دفاعیه به عنوان داور مدعو علی رغم مشغله فراوان کمال قدردانی و تشکر را دارم. از آقای دکتر شاهنظری نیز که با بزرگواری در جلسه دفاعیه حضور بهم رساندند کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم. از آقای مهندس سدید خوی از موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران نیز که در تمامی مراحل انجام پروژه چه در زمان اندازه گیری داده های میکروترمور و چه پس از آن همواره کمک و راهنمای اینجانب بوده اند تشکر فراوان دارم. همچنین از آقای دکتر Papaioannou از مرکز تحقیقات زلزله ITSAK یونان ، آقای دکتر Roumelioti از دانشگاه ایالتی Iowa و جناب آقای دکتر قائم مقائیان از پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله نیز که با ارسال مقاله و ارائه نظرات خود اینجانب را یاوری کردند تشکر می نمایم. در این پایان نامه از داده های میکروترمور اندازه گیری شده طی پروژه ریزپهنه بندی لرزه شهر استفاده شده است که مجری طرح جناب آقای دکتر قلندرزاده با کمال سخاوت آنها را در اختیار اینجانب قرار دادند. پروژه ریزپهنه بندی لرزه شهر ارومیه تحت حمایت های مالی سازمان مدیریت و برنامه ریزی و همچنین سازمان مسکن و شهرسازی استان آذربایجان غربی صورت گرفته است که بدینوسیله قدردانی میگردد. بعلاوه افراد زیادی در انجام این پروژه همکاری داشتند که بدون کمک آنها به سرانجام رساندن آن امری دور از انتظار می بود. تشکر خودرا از آقایان مهندس علیزاده و مهندس علیجانی از آزمایشگاه مکانیک خاک دانشکده فنی دانشگاه تهران جهت همکاری در عملیات گمانه زنی و انجام آزمایشات مکانیک خاک ابراز می نمایم. همچنین از آقایان مهندس نصراللهی، مهندس رجبی و مهندس کشتیبان که در عملیات اندازه گیری میکروترمور همکاری و مشارکت داشتند سپاسگزاری می نمایم. از آقای دنیایی نیز که کار تایپ و آماده سازی اشکال و متن را بعهده داشتند کمال تشکر را دارم.

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه

۱-۱ تاریخچه ۲

۱-۲ ساختار کلی تحقیق ۳

فصل دوم : بررسی ادبیات فنی موضوع اثر ساختگاه

۲-۱ تئوری انتشار امواج برشی در خاک ۵

۲-۱-۱ حالت لایه خاک به ضخامت H بر روی سنگ بستر (خاک فاقد میرایی) ٦

۲-۱-۲ حالت لایه خاک به ضخامت H بر روی سنگ بستر (خاک دارای میرایی) ۸

۲-۱-۳ حل معادله انتشار موج برای محیط‌های چند لایه‌ای ۹

۲-۱-٤ استفاده از روش حل معادله موج برای یک تاریخچه شتاب واقعی ۱۲

۲-۲ روشهای مختلف تعیین اثر ساختگاه ۱۲

۲-۲-۱ تقسیم‌بندی کلی روشهای موجود ۱۳

۲-۲-۱-۱ روشهای عملی ۱۳

۲-۲-۱-۱-۱ روشهای با استفاده از نقطهٔ مرجع ۱٤

۲-۲-۱-۱-۲ روش بدون استفاده از نقطهٔ مرجع ۱۵

۲-۲-۱-۲ روشهای تئوری و عددی ۱٦

۲-۲-۲ میکروترمورها ۱۸

۲-۲-۳ روشهای مختلف آنالیز میکروترمورها ۱۹

۲-۲-۳-۱ روش دامنه طیفی ۲۰

۲-۲-۳-۲ روش نسبت طیفی نسبت به ایستگاه مرجع ۲۱

۲-۲-۳-۳ نسبت طیفی مؤلفه افقی به مؤلفه قائم ۲۲

۲-۳ روشهای مختلف پردازش میکروترمورها و عوامل موثر بر آنها ۲٤

۲-۳-۱ عوامل تاثیرگذار بر پردازش میکروترمورها ۲٥

۲-۳-۱-۱ شرایط رکوردگیری میکروترمورها ۲٦

۲-۳-۱-۲ طول پنجره ۲۷

۲-۳-۱-۳ همپوشانی ۳۰

۲-۳-۱-٤ نوع پنجره ۳۱

۲-٤ تأثیر توپوگرافی بر پاسخ ساختگاه ۳۲

۲-٤-۱ زلزله Quindio 1999 کلمبیا ۳۳

۲-٤-۲ زلزله 2001 السالوادور ۳۸

۲-٤-۳ تعیین اثر توپوگرافی با استفاده از اندازه‌گیریهای میکروترمور ٤۱

۲-٥ روشهای مختلف تهیه طیف در مطالعات تعیین اثر ساختگاه ٥۲

۲-٥-۱ مفاهیم پایه محاسبه طیف ٥۲

۲-٥-۲ تحقیقات صورت گرفته در این زمینه ٥٦

۲-٦ مقایسه میان تکنیک های مختلف آنالیز میکروترمورها ٦۱

فصل سوم : نحوه اندازه گیری داده های میکروترمور

۳-۱ دستگاههای مورد استفاده برای اندازه گیری های میکروترمور ۷۲

۳-۲ عملیات اندازه گیری میکروترمورها ۷۷

۳-۳ داده های میکروترمور برداشت شده ۷۹

فصل چهارم : آنالیز و تفسیر داده های میکروترمور

٤-۱ بررسی روشهای مختلف پردازش داده های میکروترمور ۸۲

٤-۱-۱ بررسی نتایج حاصل از تاثیر طول پنجره ۸۳

٤-۱-۲ بررسی نتایج حاصل از تاثیر همپوشانی ۸۸

٤-۱-۳ بررسی نتایج حاصل از تأثیر نوع پنجره ۹۱

٤-١-٤ نتیجه‌گیری ٩٣
٤-٢ بررسی اثر توپوگرافی بر پاسخ ساختگاه با استفاده از اندازه گیری های میکروترمور ٩٥
٤-٢-١ بررسی تأثیر توپوگرافی بر نقاط مرجع ٩٦
٤-٢-٢ بررسی اثر توپوگرافی در شهر ارومیه با استفاده از اندازه گیری های میکروترمور ١٠٣
٤-٢-٣ نتیجه گیری ١٠٦
٤-٣ بررسی روشهای مختلف تهیه طیف جهت آنالیز داده های میکروترمور ١٠٦
٤-٣-١ نتیجه گیری ١١١
٤-٤ مقایسه تکنیک های مختلف آنالیز داده های میکروترمور ١١٢
٤-٤-١ نتیجه گیری ١٢١
٤-٥ مقایسه نتایج بدست آمده از اندازه گیری های میکروترمور و داده های گمانه ای ١٢١
٤-٥-١ شناسایی های ژئوتکنیکی ١٢٢
٤-٥-٢ آنالیز دینامیکی پاسخ ساختگاه به روش خطی معادل ١٢٧
٤-٥-٣ مقایسه نتایج بدست آمده با داده های میکروترمور ١٢٧

فصل پنجم : جمع بندی و ارائه پیشنهادات ١٣٠

مراجع ١٣٣

فهرست اشکال:

فصل دوم

شکل ۲-۱ لایهٔ رسوب خاک به ضخامت H بر روی سنگ بستر (Kramer, 1996) ٦

شکل ۲-۲ تابع انتقال خاک در حالت خطی الاستیک بدون میرایی (Kramer,1996) ۷

شکل ۲-۳ تابع انتقالی خاک در حالت خطی الاستیک با میرایی(Kramer, 1996) ۹

شکل ۲-٤ مدل فرضی خاک چند لایه بکار گرفته شده در آنالیز یک بعدی ساختگاه (Baredt et al., 2000) ۱۰

شکل ۲-۵ نمای شماتیکی از مطالعات تحلیل ریسک زلزله (Midorikawa, 1998) ۱۳

شکل ۲-٦ طرح شماتیکی از یک زلزله ۱٤

شکل ۲-۷ بررسی اثر زمان بر نتایج حاصله از داده‌های میکروترمور(Midorikawa, 1998) ۱٦

شکل ۲-۸ نمای شماتیکی از مدل تنش-کرنش بکار گرفته شده در روش معادل خطی (Bardet et al., 2000) ۱۸

شکل۲-۹ یک نمای شماتیک از فرضیات بکار گرفته شده در روشهای مختلف تعیین اثر ساختگاه (Nakamura, 2000) ۲۰

شکل ۲-۱۰ مدل سادهٔ فرض شده توسط Nakamura, 1989 برای تفسیر میکروترمورها ۲۳

شکل ۲-۱۱ طیف توان کل رکورد (MATLAB User s Guide) ۲۸

شکل۲-۱۲ طیف توان یک بخش از رکورد (MATLAB User s Guide) ۲۹

شکل ۲-۱۳ طیف توان میانگیری شده(MATLAB User s Guide) ۳۰

شکل ۲-۱٤ طیف توان میانگیری شده با همپوشانی ۵۰٪(MATLAB User s Guide) ۳۰

شکل ۲-۱۵ طیف توان میانگیری شده با همپوشانی ۵۰٪ و پنجره Hanning (MATLAB User s Guide) ۳۱

شکل ۲-۱٦ موقعیت زلزله ۱۹۹۹Quindio کلمبیا (JSCE Earthquake Reports, 2001) ۳۳

شکل ۲-۱۷ مشخصات زلزله ۱۹۹۹Quindio کلمبیا(JSCE Earthquake Reports, 2001) ۳٤

شکل ۲-۱۸ مقطع عرضی از توپوگرافی و خسارت ساختمانها (JSCE Earthquake Reports, 2001) ۳۵

شکل ۲-۱۹ ناحیه خسارت دیده و موقعیت گسلها (JSCE Earthquake Reports, 2001) ۳٦

شکل ۲-۲۰ ترکهای کششی در دامنه شیبها (JSCE Earthquake Reports, 2001) ۳٦

شکل ۲-۲۱ مقطع عرضی نقاط خسارت دیده (JSCE Earthquake Reports, 2001) ۳۷

شکل ۲-۲۲ رابطه میان عرض ناحیه خسارت دیده و ارتفاع تپه‌ها (JSCE Earthquake Reports, 2001) ۳۸

شکل ۲-۲۳ رابطه میان شیب تپه‌ها و L/H (JSCE Earthquake Reports, 2001) ۳۸
شکل ۲-۲٤ نمایی از زمین‌لغزش Las Colinas در السالوادر (JSCE Earthquake Reports, 2001) ۳۹
شکل ۲-۲۵ طیف فوریه میکروترمورها در بالای تپه (JSCE Earthquake Reports, 2001) ۳۹
شکل ۲-۲٦ طیف فوریه میکروترمورها در پای تپه (JSCE Earthquake Reports, 2001) ٤۰
شکل ۲-۲۷ بررسی اثر توپوگرافی با مدلهای ساده شده (Kramer, 1996) ٤۱
شکل ۲-۲۸ شتابهای ماکزیمم نرمال شده در کوه Matsuzaki ژاپن(Kramer, 1996) ٤۲
شکل ۲-۲۹ نقشه ناحیه و تپه مورد مطالعه (Chavez-Garcia et al., 1996) ٤٤
شکل ۲-۳۰ توزیع مکانی نقاط در امتداد خط S (Chavez-Garcia et al., 1996) ٤۵
شکل ۲-۳۱ نقشه نقاط لرزه ثبت شده طی عملیات (Chavez-Garcia et al., 1996) ٤۵
شکل ۲-۳۲ مقایسه میان نسبت طیفی دو مولفه افقی (Chavez-Garcia et al., 1996) ٤٦
شکل ۲-۳۳ منحنی های نسبت طیفی برای مولفه N-S (Chavez-Garcia et al., 1996) ٤٦
شکل ۲-۳٤ منحنی های نسبت طیفی برای مولفه E-W (Chavez-Garcia et al., 1996) ٤۷
شکل ۲-۳۵ نقشه شهر Acapulco بهمراه نقاط اندازه گیری شده (Chavez-Garcia and Cuenca, 1998) ٤۹
شکل ۲-۳٦ توابع انتقال بدست آمده با استفاده از حرکات ضعیف زمین در ایستگاه LLL (Chavez-Garcia and Cuenca, 1998) ۵۰
شکل ۲-۳۷ توابع انتقال بدست آمده با استفاده از میکروترمورها در ایستگاه LLL (Chavez-Garcia and Cuenca, 1998) ۵۰
شکل ۲-۳۸ مقایسه طیف دو مولفه افقی (Dimitriu et al., 1998) ۵۱
شکل ۲-۳۹ سه نمونه از فرآیند تصادفی شتاب زمین (Solnes, 1997) ۵٤
شکل ۲-٤۰ میانگین و انحراف معیار در توزیع نرمال(Solnes, 1997) ۵٤
شکل ۲-٤۱ مثالی از تابع خودهمبستگی (Solnes, 1997) ۵۵
شکل ۲-٤۲ مدل ساده خاک به همراه تابع انتقال تحلیلی آن (Ghayamghamian and Kawakami, 1997) ۵۸
شکل ۲-٤۳ مقایسه نتایج محاسبات عددی بدست آمده برای دو طیف توان و ضربی قطعه ای (Ghayamghamian and Kawakami, 1997) ۵۸
شکل ۲-٤٤ داده های میکروترمور بکار رفته در آنالیز(Ghayamghamian and Kawakami, 1997) ۵۹
شکل ۲-٤۵ نحوه انتخاب قطعات برای آنالیز (Ghayamghamian and Kawakami, 1997) ۵۹

شکل ۲-٤٦ نتایج بدست آمده از روشهای مختلف تهیه طیف(Ghayamghamian and Kawakami, 1997)
٦٠
شکل ۲-٤٧ توزیع ایستگاهها در Mexico City (Lermo and Chavez-Garcia, 1994)
٦٢
شکل ۲-٤٨ نتایج آنالیز داده های میکروترمور برای مولفه E-W در شهر Mexico City, (Lermo and , 1994) Chavez-Garcia
٦٣
شکل ۲-٤٩ نتایج آنالیز داده های میکروترمور برای مولفه N-S در شهر Mexico City, (Lermo and , 1994) Chavez-Garcia
٦٤
شکل۲-٥٠ نقشه زمین شناسی شهر Acapulco (Chavez-Garcia and Cuenca, 1998)
٦٥
شکل ۲-٥١ توابع انتقالی بدست آمده با استفاده از داده های حرکت ضعیف زمین در ایستگاه LLL (Chavez-Garcia and Cuenca, 1998)
٦٦
شکل ۲-٥٢ توابع انتقالی بدست آمده با استفاده از داده های میکروترمور در ایستگاه LLL (Chavez-Garcia and Cuenca, 1998)
٦٦
شکل۲-٥٣ نقشه پریود غالب شهر Acapulco (مقادیر پریود به ثانیه می باشند) (Chavez-Garcia and Cuenca, 1998)
٦٧
شکل ۲-٥٤ نقشه ضریب تقویت خاک شهر Acapulco (Chavez-Garcia and Cuenca, 1998)
٦٨
شکل ۲-٥٥ نقشه ژئومورفولوژی و موقعیت ایستگاههای ثبت حرکت قوی زمین شهرOdawara (Midorikawa, 1998)
٦٨
شکل ۲-٥٦ مقایسه بین منحنی های نسبت طیفی داده های حرکت قوی زمین و میکروترمورها(Midorikawa, 1998)
٦٩
شکل ۲-٥٧ مقایسه ای بین نتایج بدست آمده از حرکات قوی زمین و داده های میکروترمور (Midorikawa, 1998)
٦٩
شکل ۲-٥٨ نقشه توزیع مقادیر پریود غالب و ضریب تقویت بدست آمده از میکروترمورها(Midorikawa, 1998)
٧٠

فصل سوم

عکس ۳-۱ لرزه نگار
٧٣
عکس ۳-۲ لرزه سنج
٧٣
عکس ۳-۳ کابل رابط
٧٤

عکس ۳-٤ شارژر ۷٤
عکس ۳-۵ مجموعه دستگاه اندازه گیری میکروترمور ۷۵
عکس ۳-٦ دستگاه GPS ۷٦
عکس ۳-۷ مجموع وسایل ثبت مختصات جغرافیایی (GPS) ۷۷
عکس ۳-۸ نحوه نصب و عملیات اندازه گیری میکروترمورها ۷۸
عکس ۳-۹ برداشت موقعیت نقطه اندازه‌گیری میکروترمور توسط دستگاه GPS ۷۸
شکل۳-۱ نمونه رکوردهای ۱۲۰ ثانیه ای میکروترمورها در سه جهت مختلف در نقطه MT100 ۷۹
شکل۳-۲ نمونه رکوردهای ۱۲۰ ثانیه ای میکروترمورها در سه جهت مختلف در نقطه MT103 ۸۰

فصل چهارم

شکل ٤-۱ میکروترمور رکورد شده در نقطهٔ MT103 (مؤلفهٔ E-W) ۸۳
شکل ٤-۲ موقعیت نقاط انتخابی در سطح شهر ارومیه ۸٤
شکل ٤-۳ آنالیز با پنج طول پنجره مختلف برای نقاط انتخابی ۸۵
شکل ٤-٤ تغییرات دامنه نسبت طیفی با طول پنجره برای نقاط با فرکانس غالب کوچک ۸۷
شکل ٤-۵ تغییرات دامنه نسبت طیفی با طول پنجره برای نقاط با فرکانس غالب بزرگ ۸۷
شکل٤-٦ منحنی نسبت طیفی H/V در دو نقطهٔ MT103 و MT28 ۸۹
شکل٤-۷ مقادیر انحراف معیار در دو نقطهٔ MT103 و MT28 ۸۹
شکل ٤-۸ منحنی نسبت طیفی به ازای حالات مختلف همپوشانی ۹۰
شکل ٤-۹ مقادیر انحراف معیار به ازای حالات مختلف همپوشانی ۹۰
شکل ٤-۱۰ منحنی نسبت طیفی به ازای پنجره های مختلف ۹۲
شکل ٤-۱۱ تغییر در مقادیر دامنه نسبت طیفی به ازای پنجره های مختلف ۹۲
شکل ٤-۱۲ تغییرات فرکانس غالب به ازای پنجره های مختلف ۹۲
شکل ٤-۱۳ مقادیر انحراف معیار به ازای پنجره‌های مختلف ۹۳
شکل ٤-۱٤ منحنی نسبت طیفی H/V محاسبه شده ۹٤
شکل ٤-۱۵ حرکات زمین مورد استفاده در آنالیز پاسخ ساختگاه (Bardet et al., 2000) ۹٦
شکل ٤-۱٦ موقعیت نقاط مرجع در سطح شهر ارومیه ۹۷
شکل ٤-۱۷ نمایش کل نتایج بدست آمده از داده های آنالیز شده در نقطه RT13 به همراه منحنی میانگین ۹۸
شکل ٤-۱۸ نتایج حاصله در ایستگاه مرجع بند ۹۹
شکل ٤-۱۹ نتایج حاصله در ایستگاه مرجع شیخ تپه ۱۰۰

شکل ٤-٢٠ نتایج حاصله در ایستگاه مرجع باغ رضوان ١٠١
شکل ٤-٢١ نمای سه بعدی تپه شهرک الکترونیک ارومیه به همراه موقعیت نقاط برداشت شده ١٠٣
شکل ٤-٢٢منحنی های مربوط به نقطه Topo1 ١٠٤
شکل ٤-٢٣منحنی های مربوط به نقطه Topo4 ١٠٥
شکل ٤-٢٤منحنی های مربوط به نقطه Topo5 ١٠٥
شکل ٤-٢٥منحنی های مربوط به نقطه MT105 ١٠٥
شکل ٤-٢٦منحنی های بدست آمده از تمامی داده های موجود به همراه منحنی میانگین در نقطه MT105 ١٠٧
شکل ٤-٢٧ منحنی های نسبت طیفی و انحراف معیار به ازای روشهای مختلف تهیه طیف ١٠٧
شکل ٤-٢٨ مقادیر فرکانس غالب به ازای روشهای مختلف تهیه طیف ١١٠
شکل ٤-٢٩ مقادیر نسبت طیفی به ازای روشهای مختلف تهیه طیف ١١١
شکل ٤-٣٠ مقادیر انحراف معیار در فرکانس غالب به ازای روشهای مختلف تهیه طیف ١١١
شکل ٤-٣١ نتایج محاسبه شده به ازای تمامی داده های ثبت شده در نقطه MT66 ١١٣
شکل ٤-٣٢ منحنی های نسبت طیفی و انحراف معیار نقاط دور از نقطه مرجع ١١٤
شکل ٤-٣٣ مقایسه مقادیر فرکانس غالب بدست آمده از دو روش Hs/Hr و H/V برای حالت دور از نقطه مرجع ١١٦
شکل ٤-٣٤ مقایسه مقادیر ضریب تقویت بدست آمده از دو روش Hs/Hr و H/V برای حالت دور از نقطه مرجع ١١٦
شکل ٤-٣٥ مقایسه مقادیر انحراف معیار بدست آمده از دو روش Hs/Hr و H/V برای حالت دور از نقطه مرجع ١١٧
شکل ٤-٣٦ منحنی های نسبت طیفی و انحراف معیار نقاط نزدیک به نقطه مرجع ١١٨
شکل ٤-٣٧ مقایسه مقادیر فرکانس غالب بدست آمده از دو روش Hs/Hr و H/V برای حالت نزدیک به نقطه مرجع ١٢٠
شکل ٤-٣٨ مقایسه مقادیر ضریب بزرگنمایی بدست آمده از دو روش Hs/Hr و H/V برای حالت نزدیک به نقطه مرجع ١٢٠
شکل ٤-٣٩ مقایسه مقادیر انحراف معیار بدست آمده از دو روش Hs/Hr و H/V برای حالت نزدیک به نقطه مرجع ١٢١
شکل ٤-٤٠ منحنی های میرایی برای خاک رس ١٢٣
شکل ٤-٤١ منحنی های نسبت سختی برشی برای خاک رس ١٢٣
عکس ٤-١ دستگاه حفاری مورد استفاده ١٢٤

عکس ٤-٢ گل حفاری جهت جلوگیری از ریزش دیواره گمانه ١٢٥
عکس ٤-٣ نمونه گیری بوسیله SPT ١٢٥
عکس ٤-٤ نمونه گیر شلبی ١٢٦
عکس ٤-٥ انواع سرمته جهت حفاری ١٢٦
شکل ٤-٤٢ تابع انتقال ساختگاه در محل گمانه شماره چهار ١٢٧
شکل ٤-٤٣ تابع انتقال ساختگاه در محل گمانه شماره پنج ١٢٨

فهرست جداول:

فصل دوم

جدول ۲-۱ انواع مختلف پنجره‌های موجود در پردازش سیگنالها(MATLAB User s Guide) ۳۱

جدول ۲-۲ تابع همبستگی و تعاریف مرتبط با آن ٥٦

جدول ۲-۳ زمینلرزه های رکورد شده در Mexico City (Lermo and Chavez-Garcia, 1994) ٦۲

جدول ۲-٤ نتایج پریود غالب و ضریب تقویت بدست آمده از روشهای مختلف (Chavez-Garcia and Cuenca, 1998) ٦۷

فصل چهارم

جدول ٤-۱ نتایج بدست آمده از آنالیز ده نقطهٔ انتخابی ۹٤

جدول ٤-۲ نقاط مرجع و تعداد دفعات مورد استفاده هر ایستگاه ۹۸

جدول ٤-۳ مشخصات نقاط برداشتی جهت بررسی اثر توپوگرافی ۱۰۳

جدول ٤-٤ نقاط آنالیز شده بهمراه تعداد داده مورد استفاده ۱۰۷

جدول ٤-٥ مشخصات نقاط آنالیز شده ۱۱۲

جدول ٤-٦ مقایسه نتایج بدست آمده از دو روش H/V و Hs/Hr برای حالت دور از نقطه مرجع ۱۱۳

جدول ٤-۷ مقایسه نتایج بدست آمده از دو روش H/V و Hs/Hr برای حالت نزدیک به نقطه مرجع ۱۱۷

جدول ٤-۸ مشخصات عمق گمانه های حفر شده ۱۲۲

جدول ٤-۹ مقایسه فرکانس غالب محاسبه شده از روش خطی معادل و میکروترمور ۱۲۸