دانشکده علوم

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد در رشته‌ی زمین شناسی- تکتونیک

کاربرد امواج سطحی (امواج ریلی) در مطالعات لیتوسفر

به وسیله‌ی

مینا شورانگیز

اساتید راهنما

دکتر احمد زمانی

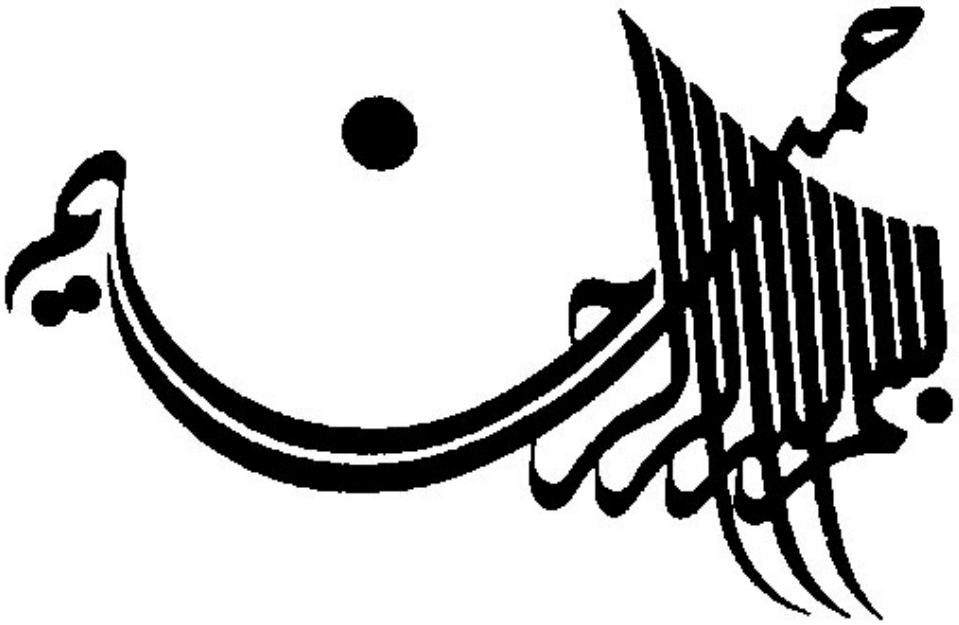
دکتر محمدعلی رجب زاده

اساتید مشاور

دکتر علی فقیه

دکتر فرید مر

شهریور ماه 1391


بسم الله الرحمن الرحيم

بــه نــام خــدا

اظــهارنــامــه

اینجانب مینا شورانگیز دانشجوی رشته‌ی زمین شناسی گرایش تکتونیک دانشکده‌ی علوم اظهار می‌کنم که این پایان‌نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام. همچنین اظهار می‌کنم که تحقیق و موضوع پایان‌نامه‌ام تکراری نیست و تعهد می نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه‌ی حقوق این اثر مطابق با آیین‌نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: مینا شورانگیز

تاریخ و امضاء: 1391/06/31

به نام خدا

کاربرد امواج سطحی (امواج ریلی) در مطالعات لیتوسفر

به کوشش

مینا شورانگیز

پایان نامه ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی

از فعالیت های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته:

زمین شناسی – تکتونیک

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی

دکتر احمد زمانی، استاد بخش علوم زمین (رئیس کمیته) .....

دکتر محمدعلی رجب زاده، استادیار بخش علوم زمین .....

دکتر فرید مُر، استاد بخش علوم زمین .....

دکتر علی فقیه، استادیار بخش علوم زمین .....

مهر ماه ۱۳۹۱

تقدیم به:

به مادرم، بلندتکیه گاهم، مظهر صبر و مهربانی که هرچه دارم از اوست

وجود مقدسی که توانش رفت تا من به توانایی رسم

و موهایشان سپیدی گرفت تا من سپیدروی شوم

و تقدیم به تمام عزیزانی که به بهای دردشان آموختم آئین تلاش را

سپاسگزاری

الهی مرا مدد کن تا دانش اندکم نه نردبانی باشد برای فزونی تکبر و غرور، نه حلقه ای برای اسارت و نه دست مایه ای برای تجارت، بلکه گامی باشد برای تجلیل از تو و متعالی ساختن زندگی خود و دیگران .

خدایا متشکرم و باید بگویم که بعد از سپاس، از محبت بی کران تو

می باید قدر دان محبت های مادرم باشم که تا به امروز دستم بگرفت و پا به پا برد و اما

اگر راه گشای علمم استادی چون دکتر احمد زمانی نبود، این چنین نشاط علم وعمل در من به وجود نمی آمد.برای سلامتی و موفقیتشان دعا می کنم

و سپاس از محبت استاد عزیزم، دکتر علی فقیه و دوستان و همکلاسی هایم که در پیمودن اید مسیر همواره رانمایم بودند.

بدانید هرگز محبت های هیچ کدامتان را فراموش نمی کنم و خاطره ها را حفظ خواهم کرد.

چکیده

کاربرد امواج سطحی (امواج ریلی) در مطالعات لیتوسفر

به کوشش

مینا شورانگیز

امواج ریلی امواج سطحی به شمار می روند که در محیط لایه ای پاششی اند. این امواج در محیطی ایده آل و همگن، همراه با ویژگی های الاستیکی ثابت، هیچ گونه پاششی از خود بروز نمی دهند در حالی که با تغییر در چگالی و جنس مواد دچار پاشش می شوند. از آنجا که پاشش امواج ریلی تابعی از خواص الاستیکی، چگالی، ضخامت و جنس مواد می باشد بنابراین برای دستیابی و درک خصوصیات پوسته ایران در جهات متفاوت از ویژگی پاشش امواج ریلی و محاسبه سرعت گروه و سرعت فاز بر حسب پریود (دوره) استفاده کردیم.

در این تحقیق کاربرد سرعت امواج سطحی زلزله (امواج ریلی) در بررسی ساختار و ضخامت پوسته که از اهمیت بالایی برخوردار است و بر اساس گفته Aki در 1961 با استفاده از نمودار عمق _سرعت موج برشی می توان به ضخامت و چگالی پوسته منطقه مورد مطالعه با تبدیل سرعت موج ریلی به سرعت موج برشی دست یافت پرداخته شده است

نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان می دهد که :

- ✓ با استفاده از سرعت فاز امواج ریلی می توان به ضخامت یک منطقه پی برد و تطابق بین ساختار و سن تکتونیکی با الگوهای در دسترس بررسی گردد. در کل سرعت فاز اطلاعات دقیق تر و بیشتری را نسبت به داده های سرعت گروه در اختیار ما قرار می دهد.
- ✓ در حالی که سرعت گروه تنها اطلاعات اندکی راجع به وضعیت هموژنیتی پوسته به ما می دهد چون سرعت گروه یک سیر نزولی را طی می کند که ناشی از کاهش انرژی با افزایش مسافت است و بر اساس تغییرات سرعت گروه به قدیمی یا جدید بودن لیتوسفر یک منطقه پی می بریم.

واژه‌های کلیدی: امواج ریلی – پاشش– سرعت گروه – سرعت فاز- پوسته قاره ای – پوسته اقیانوسی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول

فیزیک موج 2

مقدمه 2

1-1- چگونگی ثبت زمین لرزه ها توسط لرزه نگارها 3

2-1- منحنی های زمان سیر 4

3-1- توضیح برخی از پارامترهای مربوط به موج 6

1-3-1- بسامد 6

2-3-1- دوره تناوب 7

3-3-1- طول موج 7

4-3-1- عدد موج 8

4-1- امواج زمین لرزه 8

1-4-1- امواج پیکری 8

4-1- 2- امواج سطحی 10

1-2-4-1- آنالیز امواج ریلی 12

3-4-1- تفاوت عمده امواج سطحی با پیکری 13

5-1- موج ریلی 15

1-5-1- خصوصیات موج ریلی 15

2-5-1- ناحیه تشکیل امواج ریلی 16

6-1- ویژگی مهم امواج ریلی 17

1-6-1- پاشش امواج ریلی 18

فصل دوم

مطالعات پیشین و روش کار 21
2-1- مطالعات پیشین و متدولوژی 21
2-2-شبکه لرزه نگاری مؤسسه ژئوفیزیک 26
2-3 کاربرد امواج ریلی در مطالعات لیتوسفر 28
2-4 داده ها 30

فصل سوم

نتایج زمین شناختی حاصل از مطالعات 33
3-1- زمین شناسی ایران 33
3-2- سایزموتکتونیک ایران 34
3-2-1-البرز 36
3-2-2- کپه داغ 37
3-2-3- شرق ایران 38
3-2-4- مکران 38
3-2-5- زاگرس 39
3-3- ضخامت پوسته در ایران 40
3-4- تاریخچه چینه ای و زمین ساختی واحد های سنگی ایران 42
3-4-1- البرز 42
3-4-2- کپه داغ 44
3-4-3- شرق ایران که شامل بلوک لوت و حوضه فلیشی شرق ایران است 46
3-4-4- مکران 49
3-4-5- زاگرس 51

3-5- کاربرد پاشش امواج ریلی، سرعت گروه و سرعت فاز در زمین شناسی..... 53
3-6- اطلاعات بدست آمده از پردازش ها 57
3-6-1- نتایج حاصل از زمین لرزه سال 2006 اردبیل 58
3-6-2- نتایج حاصل از زمین لرزه سال 2006 فارس..... 60
3-6-3- نتایج حاصل از زمین لرزه سال 2006 هرمزگان 62
3-6-4- نتایج حاصل از زمین لرزه سال 2006 بوشهر 65
3-6-5- نتایج حاصل از زمین لرزه سال 2008 خراسان رضوی 67
3-6-6- نتایج حاصل از زمین لرزه سال 2008 هرمزگان..... 70
3-6-7- نتایج حاصل از زمین لرزه سال 2009 خوزستان 73
3-6-8- نتایج حاصل از زمین لرزه سال 2009 سیستان و بلوچستان 74
3-6-9- نتایج حاصل از زمین لرزه سال 2009 خوزستان 77
3-6-10- نتایج حاصل از زمین لرزه سال 2010 بوشهر 79
3-6-11- نتایج حاصل از زمین لرزه سال 2010 کرمان 81
3-6-12- نتایج حاصل از زمین لرزه سال 2011 کرمان..... 85

فصل چهارم

4-1- بحث و نتیجه گیری 90
4-2- پیشنهادات..... 92

پیوست

I جدول مشخصات شبکه ها و ایستگاه های لرز ه نگاری مؤسسه ژئوفیزیک 94
II نرم افزار Seisan100..... 97

منابع

منابع لاتین 98
منابع فارسی..... 99

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول 2-1 اطلاعات مربوط به زلزله های مورد استفاده..... 30
جدول 3-1 سرعت گروه بدست آمده از زمین لرزه اردبیل..... 59
جدول 3-2 سرعت گروه بدست آمده از زمین لرزه فارس..... 61
جدول 3-3 سرعت گروه بدست آمده از زمین لرزه هرمزگان..... 63
جدول 3-4 سرعت گروه بدست آمده از زمین لرزه هرمزگان..... 64
جدول 3-5 سرعت فاز بدست آمده از زمین لرزه هرمزگان..... 65
جدول 3-6 سرعت گروه بدست آمده از زمین لرزه بوشهر..... 67
جدول 3-7 سرعت گروه بدست آمده از زمین لرزه خراسان رضوی..... 69
جدول 3-8 سرعت فاز بدست آمده از زمین لرزه خراسان رضوی..... 70
جدول 3-9 سرعت گروه بدست آمده از زمین لرزه هرمزگان..... 71
جدول 3-10 سرعت فاز بدست آمده از زمین لرزه هرمزگان..... 72
جدول 3-11 سرعت گروه بدست آمده از زمین لرزه خوزستان..... 74
جدول 3-12 سرعت گروه بدست آمده از زمین لرزه سیستان و بلوچستان..... 76
جدول 3-13 سرعت فاز بدست آمده از زمین لرزه سیستان و بلوچستان..... 77
جدول 3-14 سرعت گروه بدست آمده از زمین لرزه خوزستان..... 78
جدول 3-15 سرعت گروه بدست آمده از زمین لرزه بوشهر..... 80
جدول 3-16 سرعت گروه بدست آمده از زمین لرزه بوشهر..... 81
جدول 3-17 سرعت گروه بدست آمده از زمین لرزه کرمان..... 83
جدول 3-18 سرعت گروه بدست آمده از زمین لرزه کرمان..... 84

جدول 3-19 سرعت گروه بدست آمده از زمین لرزه کرمان..... 85
جدول 3-20 سرعت گروه بدست آمده از زمین لرزه کرمان..... 86
جدول 3-21 سرعت گروه بدست آمده از زمین لرزه کرمان..... 87
جدول 3-22 سرعت گروه بدست آمده از زمین لرزه کرمان..... 88

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل 1-1 لرزه نگارها و چگونگی ثبت زمین لرزه 4

شکل 1-2 منحنی زمان سیر Jeffreys-Bullen برای زلزله های سطحی 5

شکل 1-3 بسامد یا فرکانس یک موج 6

شکل 1-4 نمایی از طول موج و دوره تناوب 7

شکل 1-5 شکل لرزه نگاشت و تفکیک امواج زمین لرزه 14

شکل 1-6 وجود همزمان انرژی P و S_v انتشار یافته به طور افقی، در سطح آزاد،
تولید امواج تداخلی سطحی به نام امواج ریلی می نمایند 15

شکل 1-7 نحوه اتشار امواج ریلی 16

شکل 1-8 مسیر حرکت یک موج سطحی از منبع o با سرعت v. که بعد از گذشت زمان t،
منطقه استوانه ای جبهه موج برابر $2\pi vtz = 2\pi xz$ می باشد و انرژی به نسبت مربع
دامنه تغییر می کند 18

شکل 1-9 منحنی های استاندارد پاشش امواج سطحی برای مسیرهای قاره ای و
اقیانوسی 19

شکل 2-1 روش دو ایستگاه برای محاسبه سرعت فاز 22

شکل 2-2 هندسه منحنی جبهه امواج عبوری از یک مسیر مثلثی 25

شکل 2-3 توزیع شبکه ها و ایستگاه های فعال لرزه نگاری در کشور 28

شکل 2-4 نقشه توزیع و پراکندگی ایستگاه های ثبت و رومرکز زلزله های مورد استفاده 31

شکل 3-1- نقشه تقسیم بندی تکتونیک ایران (اشتوکلین 1977-1968) 35

شکل 3-2 ضخامت پوسته ایران بر اساس نقشه ژرفای گرانی سنجی موهو 41
شکل 3-3 زیرپهنه های ساختاری البرز با توجه به عملکرد گسل ها و راندگی های عمده..... 44
شکل 3-4: زمین درز سیستان و جایگاه دو مجموعه افیولیتی و مجموعه رسوبی میان دو
بلوک لوت وافغان 48
شکل 3-5- ساز و کار حرکتی در گسل های طولی و گسل های همگرای مکران 50
شکل 3-6 منحنی های پاشیدگی مربوط به سرعت گروه امواج اصلی ریلی و لاو که در مسیر
قاره ای و اقیانوسی عبور کرده اند 55
شکل 3-7 رومرکز زمین لرزه اردبیل همراه با مسیر امواج ثبت شده در
ایستگاه های مربوطه 58
شکل 3-8 رومرکز زمین لرزه فارس همراه با مسیر امواج ثبت شده در ا
یستگاه های مربوطه 60
شکل 3-9 رومرکز زمین لرزه هرمزگان همراه با مسیر امواج ثبت شده در
ایستگاه های مربوطه 62
شکل 3-10 رومرکز زمین لرزه بوشهر همراه با مسیر امواج ثبت شده در
ایستگاه های مربوطه 66
شکل 3-11 رومرکز زمین لرزه خراسان رضوی همراه با مسیر امواج ثبت شده در
ایستگاه های مربوطه 68
شکل 3-12 رومرکز زمین لرزه هرمزگان همراه با مسیر امواج ثبت شده در
ایستگاه های مربوطه 70
شکل 3-13 رومرکز زمین لرزه خوزستان همراه با مسیر امواج ثبت شده در
ایستگاه های مربوطه 73
شکل 3-14 رومرکز زمین لرزه سیستان و بلوچستان همراه با مسیر امواج ثبت شده
در ایستگاه های مربوطه 75
شکل 3-15 رومرکز زمین لرزه خوزستان همراه با مسیر امواج ثبت شده در
ایستگاه های مربوطه 77
شکل 3-16 رومرکز زمین لرزه بوشهر همراه با مسیر امواج ثبت شده در

ایستگاه های مربوطه 79
شکل 3-17 رومرکز زمین لرزه کرمان همراه با مسیر امواج ثبت شده در
ایستگاه های مربوطه 82
شکل 3-18 رومرکز زمین لرزه کرمان همراه با مسیر امواج ثبت شده در
ایستگاه های مربوطه 85

فهرست نمودار

عنوان **صفحه**

نمودار 3-1 منحنی پاششی حاصله از زمین لرزه سال 2006 اردبیل ایستگاه KOO واقع در کوشاه استان بیرجند، KRD کارده دراستان مشهد، MYA در میامه در مشهد، MON مناند در مشهد 59
نمودار 3-2 منحنی پاششی حاصله از زمین لرزه سال 2006 فارس ایستگاه FIR واقع در فیروزکوه در استان تهران، GLO گلوگاه در ساری، GZV قزوین در تهران 61
نمودار 3-3 منحنی پاششی حاصله از زمین لرزه سال 2006 هرمزگان ایستگاه SHB واقع در شبستر تبریز، TEH تهران، VRN ورامبن در تهران، FIR فیروزکوه در تهران، PRN پران در ساری، GLO گلوگاه در ساری، MYA در میامه در مشهد، RAZ رازقان در تهران، SHV شیروان در قوچان 63
نمودار 3-4 منحنی پاششی حاصله از زمین لرزه سال 2006 هرمزگان (سرعت فاز) 64
نمودار 3-5 منحنی پاششی حاصله از زمین لرزه سال 2006 بوشهر ایستگاه HRSواقع در هریس استان تبریز، MRD مرند در تبریز، BST بستان آباد در تبریز، SHV شیروان در قوچان 66
نمودار 3-6 منحنی پاششی حاصله از زمین لرزه سال 2008 خراسان رضوی ایستگاه HRSواقع در هریس استان تبریز، SHB در شبستر تبریز، SRB سراب در تبریز، KOM کماسی در کرمانشاه 68
نمودار 3-7 منحنی پاششی حاصله از زمین لرزه سال 2008 خراسان رضوی (سرعت فاز) 69

نمودار 3-8 منحنی پاششی حاصله از زمین لرزه سال 2008 هرمزگان ایستگاه BST واقع در بستان آباد استان تبریز، MRD مرند در تبریز، LIN لاین در کرمانشاه، ANJ انجیلو در سمنان، DMV دماوند در تهران 71
نمودار 3-9 منحنی پاششی حاصله از زمین لرزه سال 2008 هرمزگان (سرعت فاز) 72
نمودار 3-10 منحنی پاششی حاصله از زمین لرزه سال 2009 خوزستان ایستگاه PAY پایه در مشهد 73
نمودار 3-11 منحنی پاششی حاصله از زمین لرزه سال 2009 سیستان و بلوچستان ایستگاه ANJ انجیلو در استان سمنان، PRN پران در ساری، SHB در شبستر تبریز، KLH کلاهرود در اصفهان، KRD کارده دراستان مشهد 75
نمودار 3-12 منحنی پاششی حاصله از زمین لرزه سال 2009 سیستان و بلوچستان (سرعت فاز) 76
نمودار 3-13 منحنی پاششی حاصله از زمین لرزه سال 2009 خوزستان ایستگاه AKL واقع در آخلماد در استان قوچان، EMG امام قلی در قوچان، KOO کوشاه در بیرجند، MYA میامه در مشهد 78
نمودار 3-14 منحنی پاششی حاصله از زمین لرزه سال 2010 بوشهر ایستگاه SFR واقع دراسفریان در استان قوچان، KRD کارده دراستان مشهد، AKL آخلماد در قوچان، GZV قزوین در تهران، HRS هریس در تبریز، SRB سراب در تبریز، LIN لاین در کرمانشاه 80
نمودار 3-15 منحنی پاششی حاصله از زمین لرزه سال 2010 کرمان ایستگاه ANJ انجیلو در استان سمنان، PIR پیرپیر در اصفهان، EMG امام قلی در قوچان، AFJ افجه در تهران 82
نمودار 3-16 پاششی حاصله از زمین لرزه سال 2010 کرمان ایستگاه KLH کلاهرود در اصفهان، SFRاسفریان در قوچان، PAY پایه در مشهد 83
نمودار 3-17 منحنی پاششی حاصله از زمین لرزه سال 2010 کرمان (سرعت فاز) 84
نمودار 3-18 منحنی پاششی حاصله از زمین لرزه سال 2011 کرمان ایستگاه BST واقع در بستان آباد استان تبریز، QAM و QAM1 قمصر،SHB در شبستر تبریز، PIR پیرپیر در اصفهان، VIS ویس در کرمانشاه، AKL آخلماد در قوچان، SFRاسفریان در قوچان، KRD کارده دراستان مشهد 86

نمودار 3-19 منحنی پاششی حاصله از زمین لرزه سال 2011 کرمان (سرعت فاز).....87

فصل اول

مقدمه

فیزیک موج

موج های الاستیک که پس از وقوع زازله در داخل زمین انتشار می یابند، مشخصات متفاوتی دارند، و چنانکه دیدیم به چند دسته گوناگون تقسیم می شوند، که مهم ترین آنها موج های طولی، عرضی، لاو و ریلی است. هر گروه موج به نوبه خود از موج های مختلفی که دارای طول موج و دوره های متفاوتی هستند تشکیل شده است. در داخل یک جسم جامد همگن، ارتعاش های مختلف یگ گروه موج عرضی، طولی، یا ریلی عینا مانند حرکت موج های نوری در خلا یا حرکت موج های صوتی در یک جسم جامد همگن، دارای سرعت های متشابهی هستند. به عبارت دیگر، در داخل این اجسام سرعت موج های نامبرده تابع دوره موج نیست. در چنین حالتی اندازه گیری سرعت موج (سرعت فاز) کار ساده و روشنی است، و برای محاسبه سرعت کافی است فاصله پیموده شده را بر زمان حرکت موج از مرکز زلزله به ایستگاه تقسیم کنیم. اما در مورد حرکت امواج سطحی در داخل محیط ناهمگنی که خصوصیات الاستیکی آن با افزایش عمق تغییر می کند، عینا مانند حرکت نور در ماده، وضع طور دیگری است. در این جا سرعت تابع دوره موج است و نوسان های مختلف در زمان های متفاوتی به ایستگاه می رسند. هر نوسانی برای خود سرعت به خصوصی دارد که سرعت آن نوسان نامیده می شود.

اصطلاحا تغییر سرعت موج در اثر تغییر طول موج را پدیده پاشش گویند. به این ترتیب کاملا روشن است که وقتی پدیده پاشش وجود دارد سرعت گروه و سرعت فاز دو مفهوم کاملا