





معاونت پژوهش و فن آوری

به نام خدا

## مشور اخلاق پژوهش

یادری از خداوند جهان و اعتماد بر این که عالم حاضر خداست و همواره ناظر بر اعمال انسان و به منظور پاس داشت مقام بلند دانش و پژوهش و نظریه آیهت جانگناه و دانشگاه اسلامی فرنگ و تمدن بشری، دانشمندان و اصناف بیات علمی

و اصدای دانشگاه آزاد اسلامی متعهد می گردیم اصول زیر را در انجام فعالیت های پژوهشی مد نظر قرار داده و از آن تخطی نکنیم:

۱- اصل حقیقت جویی: تلاش در راستای پی جویی حقیقت و وفاداری به آن و دوری از حرکت پنهان سازی حقیقت.

۲- اصل رعایت حقوق: التزام به رعایت کامل حقوق پژوهشگران و پژوهشگران (انسان، حیوان و نبات و سایر صاحبان حق.

۳- اصل مالکیت ملی و مسئولیت: تعهد به رعایت کامل حقوق ملی و مسئولیت دانشگاه و کلیه همکاران پژوهش.

۴- اصل منافع ملی: تعهد به رعایت مصالح ملی و در نظر داشتن پیشبرد و توسعه کشور در کلیه مراحل پژوهش.

۵- اصل رعایت انصاف و نایبیت: تعهد به اجتناب از حرکت جانب داری غیر علمی و صفاقت از اموال، تمیزات و منافع در اختیار.

۶- اصل رازداری: تعهد به صیانت از اسرار و اطلاعات محرمانه افراد، سازمان ها و کشور و کلیه افراد و نهاد های مرتبط با تحقیق.

۷- اصل احترام: تعهد به رعایت حریم ها و حرمت ها در انجام تحقیقات و رعایت جانب تعدد و خودداری از حرکت حرمت شکنی.

۸- اصل ترویج: تعهد به رواج دانش و ارائه نتایج تحقیقات و انتقال آن به همکاران علمی و دانشمندان به غیر از مولودی که منفع قانونی دارد.

۹- اصل برکت: التزام به برکت جویی از حرکت رفتار غیر حرفه ای و اعلام موضع نسبت به کسانی که حوزه علم پژوهش را به مثابه ای غیر علمی می آنگیند.



## دانشگاه آزاد اسلامی

### علوم و تحقیقات شاهرود

#### تعهد نامه اصالت رساله یا پایان نامه

اینجانب حسین علی پرست ممقانی دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته / دکتری تخصصی در رشته عمران که در تاریخ ۹۳،۷،۱۰ از پایان نامه / رساله خود تحت عنوان " ترکیب داده های ۱ هرتز GPS و داده های لرزه نگار به منظور تعیین حرکات قبل از لرزه " با کسب نمره ..... و درجه ..... دفاع نموده ام بدینوسیله متعهد می‌شوم :

۱) این پایان نامه / رساله حاصل تحقیق و پژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران ( اعم از پایان نامه، کتاب، مقاله و ....) استفاده نموده‌ام، مطابق ضوابط و رویه موجود، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آنرا در فهرست مربوطه ذکر و درج کرده‌ام.

۲) این پایان نامه / رساله قبلاً برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی ( هم سطح، پایین تر یا بالاتر) در سایر دانشگاهها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است.

۳) چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده و هرگونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب، ثبت اختراع و ... از این پایان نامه یا رساله را داشته باشم، از حوزه معاونت پژوهشی واحد، مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم.

۴) چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن را می‌پذیرم و دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی‌ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت.

نام و نام خانوادگی:

تاریخ و امضاء:



دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد علوم تحقیقات شاهرود  
دانشکده فنی مهندسی، گروه عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته عمران (M.Sc)  
گرایش: ژئودزی

عنوان:  
ترکیب داده‌های 1 هرتز GPS و داده‌های لرزه‌نگار به منظور تعیین  
حرکات قبل از لرزه

استاد راهنما:  
دکتر حمیدرضا تانکلی

استاد مشاور:  
دکتر فرخ توکلی

نگارش:  
حسین علی پرست ممقانی

پاییز ۱۳۹۳



**Islamic Azad University**  
**SCIENCE AND RESEARCH BRACH - SHAHROOD**  
**Faculty of Engineering – Department of Civil**

**Thesis for receiving «M.Sc» degree on Geodesy**

Subject:

**Combination of 1 Hz GPS and seismic data for pre seismic  
motion**

Thesis Advisor:

**H.Nankali Ph.D.**

Consulting Advisor:

**F.Tavakoli Ph.D.**

By:

**H.Aliparast Mamaghani**

**Autumn 2014**

## تشکر و قدردانی

سپاس بی‌شمار خداوند یکتا را که همواره مرا از الطاف بی‌دریغش به‌رمند ساخته و یگانه پشتیبان من در تمام لحظات زندگی‌ام بوده است. از پدر و مادرو برادرو همسر عزیزم به خاطر زحمات فراوان و همچنین حمایت‌ها و صبر بی‌پایانشان از صمیم قلب سپاسگزارم.

بر خود لازم می‌دانم از استاد گران‌قدرم جناب آقای دکتر حمیدرضا نانکلی که به واقع همانند یک پدر، دلسوزانه با صبوری ستودنی تمام این مسیر را گام به گام همراه من پیمودند، کمال تشکر را به عمل آورم. بی‌شک بدون راهنمایی‌های ایشان این تحقیق توفیق نمی‌یافت. همچنین مراتب سپاسگزاری خود را خدمت اعضای محترم هیأت داوران، اساتید گرامی جناب آقای دکتر فرخ توکلی و جناب آقای دکتر علی سلطان پور که در تصحیح این پایان‌نامه و ارتقای سطح آن از راهنمایی‌های ارزنده ایشان بهره‌بردم، تقدیم می‌دارم.

از جناب آقای اشعری از کارشناسان پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله که در دریافت داده‌های لرزه‌نگاری راهنمایی‌ها و کمک‌های شایانی به بنده کردند، و مرا در انجام این پایان‌نامه یاری رساندند، بسیار سپاسگزارم.

از دوستان بسیار خوبم که حضورشان در زندگی‌ام موجب دلگرمی من بود، صمیمانه تشکر می‌کنم. لازم به ذکر است که این پایان‌نامه با استفاده از داده‌های GPS سازمان نقشه‌برداری کشور و لرزه‌نگاری پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله انجام شده است. از این مراکز به خاطر فراهم نمودن داده‌ها و سرویس‌هایی که در اختیار کاربران قرار می‌دهد کمال تشکر را دارم.

# تقدیم به

پدر بزرگوار و مادر و برادر و هم  
سر دلسوز و مهربانم!

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u> چکیده
.....	
۱.....	
<b>فصل اول: کلیات تحقیق</b>	
مقدمه	-۱-۱
.....	
مسئله	۲.....
بیان	۲-۱
.....	
۳.....	
تحقیق	۳-۱
اهمیت	-
و	ضرورت
.....	
تحقیق	۴.....
اهداف	-
.....	
۵.....	
مطالب	۵-۱
رئوس	-
.....	
۵.....	
<b>فصل دوم: مبانی نظری و پیشینه تحقیق</b>	
تحقیق	-۱-۲
نظری	مبانی
.....	
۶.....	
لرزه	-۲-۲
زمین	-
.....	
۷.....	
زلزله	-۱-۲-۲
کانون	-
.....	
۸.....	
زلزله	-۲-۲-۲
مرکز	-
.....	
۹.....	
زلزله	-۳-۲-۲
عمق	-
.....	
۹.....	
زلزله	-۴-۲-۲
امواج	-
.....	
۱۰.....	
لرزه	-۵-۲-۲
زمین	شدت
.....	
۱۱.....	
زلزله	-۶-۲-۲
قدرت	-
.....	
۱۱.....	





سخت	مرزگذاري	۱-۵-۲-۳
۴۳		
هموار	مرزگذاري	۲-۵-۲-۳
۴۵		
مرز	انتخاب	۱-۵-۲-۳
۴۵	مقدار	
سیگنال	بازسازي	۶-۲-۳
۴۶		
آنالیز	کاربردهاي	۷-۲-۳
۴۷		موجک

### فصل چهارم: ارائه نتایج

مقدمه		۱-۴	
		۴۹	
اهر-	لرزه‌هاي	زمین	۲-۴
۴۹			ورزقان
منطقه	اطلاعات	زمین	۳-۴
۵۱	ساخت		
موجود	کاتالوگ‌هاي لرزه‌اي	بر اساس	۴-۴
		مورد مطالعه	۵۲
حسب	فرآواني	نمودار	۱-۴-۴
۵۲	بر		بزرگی
منطقه	آزاد شده در	نمودار فرآواني بر حسب	۲-۴-۴
		انرژی ارتعاشي	۵۴
مورد	سطح منطقه	آزاد شدن	۳-۴-۴
		انرژی در	مطالعه
		۵۵	۵-۴
اي	لرزه	حرکات	
			۵۶
استفاده	مورد	داده	۶-۴
		هاي	۵۹
AHAR	ایستگاه	زمانی	۱-۶-۴
	۶۸		
AMND	ایستگاه	زمانی	۲-۶-۴
	۸۵		
KHJE	ایستگاه	زمانی	۳-۶-۴
	۸۸		
TABZ	ایستگاه	زمانی	۴-۶-۴
	۹۰		
نگار	لرزه	داده	۷-۴
۹۵			

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتیجه‌گیری	خلاصه	و	پیشنهادات	ادامه	کار	مآخذ	منابع
۱۱۱	.....						
۱۱۴	.....						
							۱۱۵
							پیوست الف
							۱۱۸

### فهرست جدول‌ها

<u>عنوان</u>						<u>صفحه</u>
جدول ۱-۲- فرکانس و طول موج سیگنال‌های حامل سیستم GPS						۱۴
جدول ۲-۲- خلاصه‌ای از خصوصیات مدار ماهواره‌های GPS						۱۸
جدول ۱-۳- تجزیه موجک گسسته در پنج سطح						۳۹
جدول ۱-۴- خلاصه‌ای از دو زمین لرزه ۲۱ مرداد ۱۳۹۱ آذربایجان شرقی						۵۰
جدول ۲-۴- اطلاعات مربوط به ایستگاه لرزه نگار GRMI						۹۵

### فهرست شکل‌ها

عنوان	شماره	تصویر	شماتیکی	از	مکانیسم	زمین	لرزه	صفحه
شکل ۱-۲		تصویر	شماتیکی	از	مکانیسم	زمین	لرزه	۸
شکل ۲-۲		نمایی	از	رو	مرکز	و	کانون	۹
شکل ۳-۲		تصویری	از	امواج S و P	(سمت چپ	موج S	و سمت راست	۱۰
شکل ۴-۲		ساختمان ساده	یک	لرزه نگار	شامل	پایه، جرم، فنر،	قلم و کاغذ	۱۲
شکل ۵-۲		نمونه	ای	از	یک	لرزه نگاشت	با بیشینه دامنه	۲۳
شکل ۶-۲		اساس	تعیین	موقعیت	با	GPS		۱۶
شکل ۷-۲		آرایش	ماهواره‌های	GPS				۱۷
شکل ۱-۳		تابع	مقیاس	هار				۲۶
شکل ۲-۳		تابع	موجک	هار				۲۷
شکل ۳-۳		مفهوم انتقال	و مقیاس در	آنالیز	موجک	به	طور شماتیک	۲۹
شکل ۴-۳		ارتباط	مقیاس	و	میزان	فشرده‌گی	موجک	۳۰
شکل ۵-۳		سیگنال (الف)	مقدار (ب)	ضرایب	در	موقعیت‌ها	و مقیاس‌های مختلف	۳۲
شکل ۶-۳		تجزیه سیگنال	به دو	قسمت تقریبی	و جزئیات	به	روش آنالیز موجک در سطح اول	۳۶
شکل ۷-۳		تجزیه	سیگنال	در	سطوح	مختلف		۳۶

شکل ۳-۸- مثالی از تجزیه یک سیگنال با استفاده از آنالیز موجک در پنج سطح  
..... ۳۸

شکل ۳-۹- نمودار درختی تجزیه سیگنال  
..... ۳۹

شکل ۳-۱۰- هفت نوع تابع موجک سیملت (2 Sym تا Sym8)  
..... ۴۱

شکل ۳-۱۱- مثالی از نویزدایی به روش آنالیز موجک  
..... ۴۳

شکل ۳-۱۲- سیگنال ورودی جهت اعمال مرزگذاری  
..... ۴۴

شکل ۳-۱۳- اعمال مرزگذاری سخت بر روی سیگنال ورودی شکل ۳-۱۲  
..... ۴۴

شکل ۳-۱۴- اعمال مرزگذاری هموار بر روی سیگنال ورودی شکل ۳-۱۲  
..... ۴۵

شکل ۴-۱- رومرکز زمین لرزه ۲۱ مرداد ۱۳۹۱ اهر-ورزقان -آذربایجان  
شرقی..... ۵۰

شکل ۴-۲- نمایش پراکندگی زمین لرزه‌های رخ داده در منطقه آذربایجان در طول صد سال گذشته برگرفته از کاتالوگ لرزه‌ای پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی  
..... ۵۱

شکل ۴-۳- فراوانی لرزه‌ای بر حسب بزرگی بر اساس داده‌های کاتالوگ پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی  
زلزله مربوط به سال ۲۰۱۲..... ۵۳

شکل ۴-۴- موقعیت کانون زمین لرزه و بزرگی آن  
..... ۵۴

شکل ۴-۵- فراوانی لرزه‌ای بر حسب انرژی ارتعاشی آزاد شده در مقیاس لگاریتمی بر اساس داده‌های کاتالوگ پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله مربوط به سال  
۲۰۱۲..... ۵۵

شکل ۴-۶- نمایش نحوه آزاد شدن انرژی ارتعاشی بر اساس داده‌های کاتالوگ پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله مربوط به سال  
۲۰۱۲..... ۵۶

شکل ۴-۷- حرکات همگرا و واگرا  
..... ۵۶

شکل ۴-۸- زمین لرزه وقوع  
..... ۵۷

شکل ۹-۴- حرکات بین لرزه‌ای و حرکات حین لرزه به صورت شماتیک  
۵۸ .....

شکل ۱۰-۴- نمودار استرین بر حسب زمان برای سه نوع حرکت بین لرزه‌ای، حین لرزه و بعد از لرزه  
۵۹ .....

شکل ۱۱-۴- میدان سرعت ایستگاه‌های دائمی GPS واقع در منطقه آذربایجان (بر گرفته از گزارش سازمان نقشه برداری از زمین لرزه اهر-ورزقان)  
۶۰ .....

شکل ۱۲-۴- جابجایی ناشی از زمین لرزه بر روی ایستگاه‌های GPS (بر گرفته از گزارش سازمان نقشه برداری از زمین لرزه اهر-ورزقان)  
۶۱ .....

شکل ۱۳-۴- موقعیت تقریبی چهار ایستگاه دائمی GPS مورد استفاده  
۶۲ .....

شکل ۱۴-۴- سری زمانی مختصات ایستگاه AHAR در سال ۲۰۱۲  
۶۴ .....

شکل ۱۵-۴- سری زمانی مختصات ایستگاه AMND در سال ۲۰۱۲  
۶۵ .....

شکل ۱۶-۴- سری زمانی مختصات ایستگاه KHJE در سال ۲۰۱۲  
۶۶ .....

شکل ۱۷-۴- سری زمانی مختصات ایستگاه TABZ در سال ۲۰۱۲  
۶۷ .....

شکل ۱۸-۴- تجزیه سری زمانی مولفه شرقی ایستگاه AHAR با موجک سیملت هشت در هشت سطح تجزیه  
۶۹ .....

شکل ۱۹-۴- ضرایب تقریبات سطح هشتم نشانگر رفتار تغییر شکل منظم سری زمانی مولفه شرقی AHAR  
۷۱ .....

شکل ۲۰-۴- ضرایب جزئیات سطح هشتم (D8) نشانگر تغییرات فصلی با پیوند حدود یک سال سری زمانی مولفه شرقی AHAR  
۷۱ .....

شکل ۲۱-۴- ترند خطی (ضرایب تقریب سطح هشتم) را برای هر سه مولفه شمالی، شرقی و ارتفاعی ایستگاه AHAR  
۷۲ .....

شکل ۲۲-۴- سطوح تجزیه D4، D5 و D6 مربوط به مولفه شرقی ایستگاه AHAR  
۷۳ .....

شکل ۲۳-۴- سیگنال بازسازی شده پس از اعمال مرزگذاری به ضرایب سطح اول تجزیه  
۷۴ .....

- شکل ۲۴-۴- سیگنال بازسازی شده به همراه سیگنال اصلی ..... ۷۵
- شکل ۲۵-۴- ضرایب سطح دوم تجزیه (d2) مربوط به سیگنال مولفه شرقی ایستگاه اهر ..... ۷۶
- شکل ۲۶-۴- سیگنال بازسازی شده که در آن مرزگذاری تا سطح سوم تجزیه دنبال شده ..... ۷۷
- شکل ۲۷-۴- سیگنال بازسازی شده شکل ۲۶-۴ به همراه سیگنال اصلی ..... ۷۸
- شکل ۲۸-۴- تجزیه سری زمانی مولفه شمالی ایستگاه AHAR با موجک سیملت هشت در هشت سطح تجزیه ..... ۷۹
- شکل ۲۹-۴- سیگنال بازسازی شده مولفه شمالی ایستگاه AHAR به همراه سیگنال اصلی ..... ۸۰
- شکل ۳۰-۴- تجزیه سری زمانی مولفه ارتفاعی ایستگاه AHAR با موجک سیملت هشت در هشت سطح تجزیه ..... ۸۱
- شکل ۳۱-۴- سیگنال بازسازی شده مولفه ارتفاعی ایستگاه AHAR به همراه سیگنال اصلی ..... ۸۲
- شکل ۳۲-۴- نمودار همبستگی متقابل مولفه شرقی و مولفه شمالی در سطوح مختلف جزییات تجزیه ..... ۸۴
- شکل ۳۳-۴- نمودار همبستگی متقابل مولفه شرقی و مولفه ارتفاعی در سطوح مختلف جزییات تجزیه ..... ۸۵
- شکل ۳۴-۴- تجزیه سری زمانی مولفه شرقی ایستگاه AMND با موجک سیملت هشت در هشت سطح تجزیه ..... ۸۶
- شکل ۳۵-۴- سیگنال بازسازی شده مولفه شرقی ایستگاه AMND به همراه سیگنال اصلی ..... ۸۷
- شکل ۳۶-۴- سیگنال بازسازی شده مولفه شمالی ایستگاه AMND به همراه سیگنال اصلی ..... ۸۷
- شکل ۳۷-۴- سیگنال بازسازی شده مولفه ارتفاعی ایستگاه AMND به همراه سیگنال اصلی ..... ۸۸
- شکل ۳۸-۴- سیگنال بازسازی شده مولفه شرقی ایستگاه KHJE به همراه سیگنال اصلی ..... ۸۹
- شکل ۳۹-۴- سیگنال بازسازی شده مولفه شمالی ایستگاه KHJE به همراه سیگنال اصلی ..... ۸۹



- شکل ۴-۴۰- سیگنال بازسازی شده مولفه ارتفاعی ایستگاه KHJE به همراه سیگنال اصلی..... ۹۰
- شکل ۴-۴۱- سیگنال بازسازی شده مولفه شرقی ایستگاه TABZ به همراه سیگنال اصلی..... ۹۱
- شکل ۴-۴۲- سیگنال بازسازی شده مولفه شمالی ایستگاه TABZ به همراه سیگنال اصلی..... ۹۲
- شکل ۴-۴۳- سیگنال بازسازی شده مولفه ارتفاعی ایستگاه TABZ به همراه سیگنال اصلی..... ۹۲
- شکل ۴-۴۴- سطوح تجزیه D4، D5 و D6 مربوط به مولفه‌های شرقی، شمالی و ارتفاعی ایستگاه‌های AHAR، AMND و KHJE..... ۹۴
- شکل ۴-۴۵- سری زمانی استخراج شده شتاب، سرعت و جابجایی برای روزهای ۲۷، ۲۸ و ۲۹ جولای ۲۰۱۲ در ساعت ۱۲ ظهر..... ۹۷
- شکل ۴-۴۶- سری زمانی استخراج شده شتاب، سرعت و جابجایی برای روزهای ۳۰، ۳۱ جولای و اول آگوست ۲۰۱۲ در ساعت ۱۲ ظهر..... ۹۸
- شکل ۴-۴۷- سری زمانی استخراج شده شتاب، سرعت و جابجایی برای روزهای دوم، سوم و چهارم آگوست ۲۰۱۲ در ساعت ۱۲ ظهر..... ۹۹
- شکل ۴-۴۸- سری زمانی استخراج شده شتاب، سرعت و جابجایی برای روزهای پنجم، ششم و هفتم آگوست ۲۰۱۲ در ساعت ۱۲ ظهر..... ۱۰۰
- شکل ۴-۴۹- سری زمانی استخراج شده شتاب، سرعت و جابجایی برای روزهای ۸، ۹ و ۱۰ آگوست ۲۰۱۲ در ساعت ۱۲ ظهر..... ۱۰۱
- شکل ۴-۵۰- سری زمانی استخراج شده شتاب، سرعت و جابجایی برای روزهای ۱۱، ۱۲ و ۱۳ آگوست ۲۰۱۲ در ساعت ۱۲ ظهر..... ۱۰۲
- شکل ۴-۵۱- سری زمانی استخراج شده شتاب، سرعت و جابجایی برای روزهای ۱۴، ۱۵ و ۱۶ آگوست ۲۰۱۲ در ساعت ۱۲ ظهر..... ۱۰۲

..... ۱۰۳

شکل ۴-۵۲- سري زماني استخراج شده شتاب، سرعت و جابجايي براي روزهاي ۱۷، ۱۸ و ۱۹ آگوست  
۲۰۱۲ در ساعت ۱۲  
ظهر

..... ۱۰۴

شکل ۴-۵۳- سري زماني استخراج شده شتاب، سرعت و جابجايي براي روزهاي ۲۰، ۲۱ و ۲۲ آگوست  
۲۰۱۲ در ساعت ۱۲  
ظهر

..... ۱۰۵

شکل ۴-۵۴- سري زماني استخراج شده شتاب، سرعت و جابجايي براي روزهاي ۲۳، ۲۴ و ۲۵ آگوست  
۲۰۱۲ در ساعت ۱۲  
ظهر

..... ۱۰۶

شکل ۴-۵۵- سري زماني استخراج شده شتاب، سرعت و جابجايي براي روز ۲۶ آگوست ۲۰۱۲ در ساعت  
۱۲  
ظهر

..... ۱۰۷

شکل ۴-۵۶- جابجايي هاي روزانه محاسبه شده بر اساس مشاهدات لرزه نگار براي ايستگاه

..... GRMI ۱۰۸

شکل ۴-۵۷- سرعت هاي روزانه محاسبه شده بر اساس مشاهدات لرزه نگار براي ايستگاه GRMI  
..... ۱۰۹

شکل ۴-۵۸- شتاب هاي روزانه محاسبه شده بر اساس مشاهدات لرزه نگار براي ايستگاه

..... GRMI ۱۰۹

## چکیده

شناخت پدیده زمین‌لرزه مستلزم دستیابی هر چه دقیق‌تر به مدل‌های دینامیکی و کینماتیکی برای توضیح چگونگی گسیختگی در گسل است. با پیشرفت روزافزون سامانه تعیین موقعیت جهانی GPS، امروزه استفاده از آن به عنوان ابزاری نیرومند در این زمینه به شمار می‌رود. زلزله‌های ویرانگر رخ داده در طول تاریخ در ایران باعث شد تا از سال ۲۰۰۵ یک شبکه سراسری ژئودینامیک به منظور پایش حرکات پوسته زمین و نیز ثبت دقیق فعالیت تکنونیک و ژئودینامیکی ایجاد شود. در این پایان‌نامه بر روی زمین‌لرزه موردی اهر-ورزقان تحقیق شد. در این تحقیق از داده‌های چهار ایستگاه دائمی در منطقه (شبکه ژئودینامیک کشور) با نام‌های AHAR (اهر)، AMND (آمند)، KHJE (خواجه) و TABZ (تبریز) به منظور بررسی دقیق‌تر زمین‌لرزه مورد بررسی استفاده نمودیم (خروجی نرم‌افزار GAMIT/GLOBK). از آنجایی که، دو ایستگاه AHAR و KHJE واقع در منطقه زمین‌لرزه هستند، بنابراین جابجایی‌های بزرگتری توسط این دو ایستگاه مشاهده می‌شود. با توجه به اینکه نویز این سری‌های زمانی زیاد است و اطلاعات مورد نیاز (در اینجا اطلاعات زلزله) قابل دسترسی نیست، ابتدا با تکنیک‌های موجود هموارسازی سیگنال، اقدام به نویززدایی و بازسازی سیگنال نمودیم. بدین منظور از روش آنالیز موجک گسسته استفاده شد. موجک مورد استفاده در این تحقیق، موجک سیمپلت ۸ (موجک سیمپلت با هشت درجه اعتبار) می‌باشد. پس از تجزیه سیگنال (در اینجا دوازده سری زمانی مربوط به چهار ایستگاه)، مرزگذاری را تا سطح سوم تجزیه دنبال کرده و سپس با ضرایب جدید اقدام به بازسازی سیگنال نویززدایی شده می‌نماییم. با توجه به نتایج مشخص است زمان وقوع زمین‌لرزه در سری‌های زمانی مسطح‌تری (شمالی و شرقی) نسبت به مولفه ارتفاعی واضح‌تر است و علت آن می‌تواند پایین‌تر بودن دقت مولفه ارتفاعی GPS باشد. نتایج بدست آمده از آنالیز موجک گسسته حاکی از این مطلب است که قبل از لرزه تغییراتی در دامنه سیگنال‌های D4، D5 و D6 مشاهده می‌شود (بخصوص در D5) که می‌تواند نشانگر حرکات قبل از لرزه باشد. همچنین حرکات قبل از لرزه (تغییرات دامنه) در ایستگاه‌های AHAR، KHJE و TABZ نسبت به AMND بهتر مشاهده شد. بعلاوه برای مولفه ارتفاعی بر خلاف مولفه‌های شمالی و شرقی تغییر فاحشی در دامنه سیگنال‌های سطح تجزیه D5 قبل از زمین‌لرزه مشاهده نشد. همچنین همبستگی متقابل بین سطوح تجزیه پایین‌تر (مثل D1) ناچیز است در حالیکه همبستگی متقابل بین سطوح تجزیه بالاتر (مثل D8) به چشم می‌خورد. علت آن هم این است که سطوح تجزیه بالاتر مثل D8 حاوی اطلاعات با فرکانس پایین است (ترند خطی) که بین هر دو مولفه (هر دو سیگنال) مشترک است. در حالیکه سطوح تجزیه پایین‌تر مانند D1 حاوی اطلاعات با فرکانس بالا مثل نویز هستند که در هر مولفه‌ای الگوی متفاوتی دارد. در ادامه با استفاده از مشاهدات مربوط به ایستگاه لرزنگاری گرمی واقع در اردبیل، جابجایی بدست آمده برای هر سه مولفه شرقی، شمالی و ارتفاعی را در بازه ۳۱ روزه (۲۱ جولای ۲۰۱۲ تا ۲۶ آگوست ۲۰۱۲) بررسی کردیم. همان‌طور که از نتایج بدست آمده مشاهده شد، در روزهای قبل و بعد از زلزله (به غیر از روز ۱۱ آگوست ۲۰۱۲)، تغییرات شتاب حس شده در حد صدم میلی‌متر بر مجذور ثانیه (با میانگین حدود صفر) در هر سه مولفه شمالی، شرقی و ارتفاعی و تغییرات سرعت حس شده در حد هزارم میلی‌متر بر ثانیه بوده است. این در حالی است که در روز زمین‌لرزه یعنی ۱۱ آگوست ۲۰۱۲ تغییرات فاحشی در مقادیر شتاب، سرعت و جابجایی در سه مولفه خواهیم داشت. بطوری که مقدار شتاب در مولفه شرقی، ماکزیمم مقدار شتاب حدود ۹۰ میلی‌متر بر مجذور ثانیه، در مولفه شمالی به حدود ۱۰۰ میلی‌متر بر مجذور ثانیه و در مولفه ارتفاعی به حدود هفتاد میلی‌متر بر مجذور ثانیه خواهد رسید. همچنین در سرعت و جابجایی هر سه مولفه تغییراتی مشاهده می‌شود.

**کلمات کلیدی:** سامانه تعیین موقعیت جهانی (GPS)، لرزنگار، تبدیل موجک گسسته، زمین‌لرزه اهر-ورزقان.

## فصل اول

### کلیات تحقیق