

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بناام خدا

مرکز اطلاعات و آرشیو علمای ایران
موسسه تخصصی زبان

دانشگاه تهران

دانشکده فنی

گروه مهندسی نقشه برداری

۱۳۸۰ / ۹ / ۲۰

آشکار سازی پدیده جهش فاز در مشاهدات
ماهواره ای GPS با استفاده از تبدیلات
موجک (Wavelet)

گردآورنده :

مهرداد صالحی

015237

استاد راهنما :

دکتر حسین نهاوندچی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی نقشه برداری - ژئودزی

مرداد ماه ۱۳۸۰

۳۸۹۴۷

دانشگاه تهران
دانشکده فنی
گروه مهندسی نقشه برداری

کتابخانه اسناد و کتابخانه مرکزی
گروه مهندسی نقشه برداری

پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی نقشه برداری-ژئودزی

نویسنده:
مهرداد صالحی

موضوع:
آشکار سازی پدیده جهش فاز در مشاهدات ماهواره ای GPS
با استفاده از تبدیلات موجک (Wavelet)

از این پایان نامه در تاریخ ۱۳۸۰/۵/۲۷ در مقابل هیئت داوران دفاع به عمل آمد و مورد تصویب قرار گرفت.

گروه اردلان

مدیر گروه آموزشی: دکتر علیرضا آزموده اردلان

سرپرست تحصیلات تکمیلی گروه: دکتر محمد رضا سراجیان

استاد راهنما: دکتر حسین نهلوندجی

استاد مدعو: دکتر علیرضا آزموده اردلان

استاد مدعو: دکتر بهزاد وثوقی

آزموده اردلان

رنگه

تقدیر و تشکر

در گردآوری و انجام این پایان نامه افراد مختلفی مرا یاری دادند که در اینجا لازم میدانم از آنها تشکر و قدردانی نمایم .

از استاد گرامی جناب آقای دکتر حسین نهاوندچی که در هدایت و رفع اشکالات این مجموعه مرا یاری دادند سپاسگزارم .

همچنین از دوست گرامی جناب آقای مهندس مجید عباسی که با در اختیار قرار دادن منابعی از تبدیلات موجک کمک شایانی به اینجانب نمودند تشکر می کنم .

همچنین لازم می دانم از شرکت ژئوتک بویژه همکار گرامی جناب آقای مهندس آرام یریت سیان که در جمع آوری بخشی از اطلاعات و انجام برخی آنالیزها مرا همراهی کردند تشکر نمایم .

در پایان لازم می دانم از خانواده عزیزیم بویژه پدر و مادر گرامی ام که همواره در طول مراحل تحصیل مشوق و یاری دهنده من بوده اند ، قدردانی نمایم .

مهر داد صالحی

فهرست مندرجات

صفحه

۱	چکیده
۱	عبارت های کلیدی پایان نامه
۲	بخش اول : مقدمه ای بر GPS
۲	۱-۱-بخش فضایی
۴	۱-۲- بخش کنترل
۵	۱-۳- بخش کاربران
۶	۱-۴- سیگنال های GPS
۶	۱-۴-۱- امواج حامل
۷	۱-۴-۲- کدها
۷	۱-۴-۲-۱- کد C/A
۸	۱-۴-۲-۲- کد P
۸	۱-۴-۲-۳- کد Y
۸	۱-۴-۳- پیام
۸	۱-۵-۱- مشاهدات GPS
۸	۱-۵-۱-۱- شبه فاصله
۹	۱-۵-۲- فاز موج حامل
۱۰	۱-۶-۱- خطاهای GPS
۱۰	۱-۶-۱-۱- اشتباهات
۱۰	۱-۶-۲- خطاهای سیستماتیک
۱۰	۱-۶-۳- خطاها
۱۲	۱-۶-۳-۱- چند مسیره شدن
۱۲	۱-۶-۳-۲- جهش فاز

فصل دوم: آنالیز موجک

۱۴

- ۱۷-۲ آنالیز طیفی
- ۱۸-۲-۱-۱ آنالیز طیفی فوریه
- ۱۹-۲-۱-۲ تبدیل فوریه زمان کوتاه
- ۲۲-۲-۲ تاریخچه تئوری موجک
- ۲۳-۲-۳ ویژگی توابع موجک
- ۲۵-۲-۴ تبدیل موجک پیوسته
- ۲۷-۲-۴-۱ محاسبه ضرایب تبدیل موجک پیوسته
- ۲۸-۲-۴-۲ آنالیز طیفی موجک
- ۲۹-۲-۴-۳ نحوه انتخاب پارامتر مقیاس
- ۲۹-۲-۴-۴ رویه و نقشه موجک
- ۳۰-۲-۴-۵ رابطه بین مقیاس موجک و فرکانس فوریه
- ۳۰-۲-۵ از تبدیل موجک پیوسته تا تبدیل موجک گسسته
- ۳۱-۲-۶ تئوری چارچوب ها
- ۳۳-۲-۷ توابع مقیاس و موجک
- ۳۶-۲-۸ تبدیل موجک گسسته
- ۴۴-۲-۹ برخی کاربردهای تبدیلات موجک
- ۴۴-۲-۹-۱ آشکارسازی ناپیوستگی های موجود در سری های اطلاعاتی
- ۴۴-۲-۹-۲ آنالیز طیفی سری های اطلاعاتی
- ۴۵-۲-۹-۳ فشرده سازی سری های اطلاعاتی

بخش سوم: آشکارسازی پدیده جهش فاز با استفاده از

۴۶

تبدیلات موجک

- ۴۷-۱-۳ علت نیاز به آشکارسازی و حل جهش فاز
- ۴۷-۲-۳ علت بوجود آمدن جهش فاز
- ۴۷-۳-۲-۱ دلایل وابسته به گیرنده

- ۴۷ ۳-۲-۱-۱- ضعیف سیگنال دریافتی
- ۴۷ ۳-۲-۱-۲- دوران یا انحراف آنتن در حالت کینماتیک
- ۴۸ ۳-۲-۱-۳- مشکل در پردازش سیگنال
- ۴۸ ۳-۲-۲- دلایل وابسته به مشاهدات
- ۴۸ ۳-۲-۲-۱- وجود مانع بر سر راه دریافت سیگنال
- ۴۸ ۳-۲-۲-۲- وجود نویز
- ۴۸ ۳-۲-۲-۳- ارتفاع پایین ماهواره ها
- ۴۸ ۳-۳- آشکار سازی جهش فاز با استفاده از تبدیلات موجک
- ۴۹ ۳-۳-۱- تشکیل کمیت تست
- ۴۹ ۳-۳-۱-۱- روش باقی مانده های یونوسفریک
- ۵۱ ۳-۳-۱-۲- ترکیب اندازه گیری فاز و شبه فاصله
- ۵۲ ۳-۳-۲- بررسی کمیت تست
- ۵۳ ۳-۳-۳- استفاده از تبدیلات موجک

۵۶ بخش چهارم : محاسبات

- ۵۶ ۴-۱- استفاده از تبدیل موجک پیوسته برای آنالیز سری های زمانی ایستا
- ۵۸ ۴-۲- استفاده از تبدیل موجک پیوسته برای آنالیز سری های زمانی نایستا
- ۵۹ ۴-۳- محاسبه ضرایب تبدیل موجک گسسته یک سری اطلاعاتی
- ۶۲ ۴-۴- آنالیز مشاهدات GPS بدون خطای جهش فاز
- ۶۵ ۴-۵- آشکار سازی جهش فاز در مشاهدات گیرنده های تک فرکانسه Trimble 4000SSE
- ۶۷ ۴-۶- آشکار سازی جهش فاز در مشاهدات گیرنده های دو فرکانسه Trimble 4000SSE
- ۶۷ ۴-۷- آشکار سازی جهش فاز در مشاهدات گیرنده های تک فرکانسه Leica System 500
- ۶۸ ۴-۸- آشکار سازی جهش فاز در مشاهدات گیرنده های دو فرکانسه Leica System 500
- ۶۹ ۴-۹- مقایسه آنالیز مشاهدات حاصل از ماهواره های با ارتفاع متفاوت

۹۱

۹۳

۹۳

۹۵

۹۵

۹۷

بخش پنجم : نتیجه گیری

بخش ششم : ضمائم

۱-۶- آنالیز تابعی

۲-۶- قضیه تلفیق

۳-۶- نمونه هایی از توابع موجک مادر

منابع

فهرست اشکال

صفحه

۲۴	شکل ۱-۲- نمایش تابع موجک Morlet و شکل تابع در سه مقیاس مختلف .
۲۵	شکل ۲-۲- نمایش تابع موجک Morlet و شکل تابع به ازای سه مقدار انتقال مختلف .
	شکل ۳-۲- نمایش تابع موجک Morlet در مقیاس های مختلف و وضعیت
۲۶	این تابع نسبت به سری زمانی مورد بررسی .
	شکل ۴-۲- نمایش تابع موجک Morlet و انتقال یافته این تابع بر روی یک سری
۲۶	زمانی نایستا .
۳۵	شکل ۵-۲- تابع مقیاس هار .
۳۵	شکل ۶-۲- تابع موجک هار .
۳۹	شکل ۷-۲- فیلتر نمونه گیر پایین .
۴۱	شکل ۸-۲- آلوگوریتم هرمی .
۴۲	شکل ۹-۲- نمایش اثر بانک فیلتر بر روی طیف سری اطلاعاتی .
۵۳	شکل ۱-۳- قابلیت تفکیک زمانی - فرکانسی در تبدیل موجک .
۷۱	شکل ۱-۴- سری زمانی ایستا با فرکانس های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ هرتز .
۷۲	شکل ۲-۴- رویه و نقشه موجک (مقیاس - زمان) سری زمانی شکل ۱-۴ .
۷۳	شکل ۳-۴- رویه و نقشه موجک (فرکانس - زمان) سری زمانی شکل ۱-۴ .
	شکل ۴-۴- سری زمانی نایستا با فرکانس ۲۰ هرتز در ۰ تا ۰/۲ ثانیه ، ۴۰ هرتز
۷۴	در ۰/۲ تا ۰/۵ ثانیه ۶۰ هرتز در ۰/۵ تا ۰/۸ ثانیه .
۷۵	شکل ۵-۴- رویه و نقشه موجک (مقیاس - زمان) سری زمانی شکل ۴-۴ .
۷۶	شکل ۶-۴- رویه و نقشه موجک (فرکانس - زمان) سری زمانی شکل ۴-۴ .
۷۷	شکل ۷-۴- مشاهده موج L_1 بدون جهش فاز .
۷۷	شکل ۸-۴- سری اطلاعاتی در گیرنده های تک فرکانسه ، بدون جهش فاز .
	شکل ۹-۴- رویه و نقشه موجک سری اطلاعاتی بدون جهش فاز در
۷۸	گیرنده های تک فرکانسه .

- شکل ۴-۱۰- خروجی فیلترهای پایین گذر و بالا گذر که روی سری اطلاعاتی بدون جهش فاز در گیرنده های تک فرکانسه اعمال شده اند . ۷۸
- شکل ۴-۱۱- کمیت تست در گیرنده های دو فرکانسه ، بدون جهش فاز . ۷۹
- شکل ۴-۱۲- نقشه و رویه موجک در گیرنده های دو فرکانسه ، بدون جهش فاز . ۷۹
- شکل ۴-۱۳- ضرایب تبدیل موجک گسسته یا اثر فیلترهای پایین گذر و بالا گذر بر روی سری اطلاعاتی بدون جهش فاز در گیرنده های دو فرکانسه . ۸۰
- شکل ۴-۱۴- مشاهده فاز A_1 همراه با جهش فازی به میزان یک دور در مبدا زمانی صدم . ۸۰
- شکل ۴-۱۵- سری اطلاعاتی در گیرنده تک فرکانسه Trimble همراه با یک دور جهش فاز در مبدا زمانی صدم . ۸۱
- شکل ۴-۱۶- نقشه و رویه موجک در گیرنده تک فرکانسه Trimble همراه با یک دور جهش فاز در مبدا زمانی صدم . ۸۱
- شکل ۴-۱۷- خروجی های فیلترهای بالاگذر و پایین گذر سری اطلاعاتی گیرنده تک فرکانسه ، Trimble همراه با جهش فاز در مبدا زمانی صدم . ۸۲
- شکل ۴-۱۸- سری اطلاعاتی در گیرنده تک فرکانسه Trimble همراه با ۵ دور جهش فاز در مبدا زمانی صدم . ۸۲
- شکل ۴-۱۹- نقشه و رویه موجک در گیرنده تک فرکانسه Trimble همراه با ۵ دور جهش فاز در مبدا زمانی صدم . ۸۳
- شکل ۴-۲۰- خروجی فیلترهای پایین گذر و بالاگذر سری اطلاعاتی در گیرنده های تک فرکانسه Trimble با ۵ دور جهش فاز در مبدا زمانی صدم . ۸۳
- شکل ۴-۲۱- سری اطلاعاتی در گیرنده دو فرکانسه Trimble همراه با یک دور جهش فاز در مبدا زمانی صدم . ۸۴
- شکل ۴-۲۲- نقشه و رویه موجک سری اطلاعاتی در گیرنده دو فرکانسه Trimble همراه با یک دور جهش فاز در مبدا زمانی صدم . ۸۴
- شکل ۴-۲۳- خروجی فیلترهای پایین گذر و بالا گذر سری اطلاعاتی در گیرنده دو فرکانسه Trimble همراه با یک دور جهش فاز در مبدا زمانی صدم . ۸۵
- شکل ۴-۲۴- سری اطلاعاتی در گیرنده های تک فرکانسه Leica همراه با یک دور جهش فاز در مبدا زمانی صدم . ۸۵
- شکل ۴-۲۵- نقشه و رویه موجک سری اطلاعاتی در گیرنده های تک فرکانسه ۸۵

- ۸۶ Leica با یک دور جهش فاز در مبدا زمانی صدم .
 شکل ۴-۲۶- خروجی فیلترهای پایین گذر و بالاگذر اطلاعاتی در گیرنده های
- ۸۶ تک فرکانسه Leica با یک دور جهش فاز در مبدا زمانی صدم .
 شکل ۴-۲۷- سری اطلاعاتی در گیرنده های تک فرکانسه Leica همراه با چهار
- ۸۷ دور جهش فاز در مبدا زمانی صدم .
 شکل ۴-۲۸- نقشه و رویه موجک سری اطلاعاتی در گیرنده های تک فرکانسه
- ۸۷ Leica همراه با چهار دور جهش فاز در مبدا زمانی صدم .
 شکل ۴-۲۹- خروجی فیلترهای بالاگذر و پایین گذر سری اطلاعاتی در گیرنده های
- ۸۸ تک فرکانسه Leica همراه با چهار دور جهش فاز در مبدا زمانی صدم .
 شکل ۴-۳۰- سری اطلاعاتی در گیرنده های دو فرکانسه Leica همراه با یک دور
- ۸۸ جهش فاز در مبدا زمانی صدم .
 شکل ۴-۳۱- نقشه و رویه موجک سری اطلاعاتی در گیرنده دو فرکانسه Leica همراه
- ۸۹ با یک دور جهش فاز در مبدا زمانی صدم .
 شکل ۴-۳۲- خروجی فیلترهای پایین گذر و بالاگذر سری اطلاعاتی در گیرنده
- ۸۹ دو فرکانسه Leica همراه با یک دور جهش فاز در مبدا زمانی صدم .
- ۹۰ شکل ۴-۳۳- خروجی فیلتر بالا گذر و نقشه موجک سری اطلاعاتی ماهواره شماره ۵ .
- ۹۰ شکل ۴-۳۴- خروجی فیلتر بالاگذر و نقشه موجک سری اطلاعاتی ماهواره شماره ۲۹ .

فهرست جداول

صفحه

جدول ۴-۱- مشاهدات فاز L_1 ، کد P و کمیت تست حاصل از ترکیب آنها برای تعداد ده فاصله زمانی .	۶۲
جدول ۴-۲- مشاهدات فاز L_1 ، فاز L_2 و کمیت تست حاصل از ترکیب آنها برای تعداد ده فاصله زمانی	۶۴
جدول ۶-۱- مشخصات چند تابع موجک .	۹۶

چکیده

استفاده از GPS به منظور تعیین موقعیت دقیق نیازمند بکارگیری مشاهدات فاز موج حامل است. عوامل زیادی بر روی مشاهدات فاز موج حامل اثر می گذراند و باعث کاهش دقت این مشاهدات می گردند. یکی از این عوامل پدیده جهش فاز است. بنابراین برای رسیدن به دقت مطلوب در تعیین موقعیت نیازمند آشکارسازی و حل این پدیده هستیم.

برای آشکارسازی پدیده جهش فاز، با توجه به نوع گیرنده، خواه تک فرکانسه یا دو فرکانسه، ابتدا باید کمیت تست تشکیل داده شود. سپس با بررسی این کمیت تست ناپیوستگی های موجود در آنها که همان پدیده جهش فاز می باشد، آشکار می شود. روش های مختلفی جهت آشکارسازی این ناپیوستگی ها وجود دارد که استفاده از تبدیلات موجک یکی از این روش ها است. در تبدیل موجک پیوسته با استفاده از انتقال و مقیاس تابع موجک مادر، ضرایب تبدیل موجک پیوسته کمیت تست محاسبه می گردد و سپس از این ضرایب برای نمایش طیف کمیت تست استفاده می گردد. وجود ناپیوستگی در کمیت تست باعث جهش ناگهانی در طیف حاصل از این تبدیل می گردد.

با استفاده از تبدیل موجک گسسته و استفاده از خروجی فیلترهای بالاگذر این تبدیل نیز امکان آشکارسازی پدیده جهش فاز وجود دارد. زیرا جهش فاز پدیده ای با فرکانس بالا است و جهش ناگهانی در خروجی فیلتر نشان دهنده وجود این پدیده است.

در این پایان نامه اطلاعات دریافتی توسط گیرنده های تک فرکانسه و گیرنده های دو فرکانسه Trimble 4000SSE و Leica System 500 در دو فاصله زمانی مختلف مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج حاصله از آنالیز این اطلاعات نشان می دهد که پدیده جهش فاز در گیرنده های دو فرکانسه دقیق تر از گیرنده های تک فرکانسه قابل آشکارسازی است و در گیرنده های تک فرکانسه نیز Leica System 500 نویز کمتری دارد. همچنین استفاده از تبدیل موجک گسسته نسبت به تبدیل موجک پیوسته به منظور آشکارسازی ناپیوستگی ها به دلیل تفکیک فرکانس های بالا و پایین در تبدیل موجک گسسته، ارجحیت دارد.

عبارت های کلیدی پایان نامه: جهش فاز، تبدیل موجک پیوسته، تبدیل موجک گسسته،

فیلتر پایین گذر، فیلتر بالاگذر، کمیت تست، سری اطلاعاتی.

فصل اول

مقدمه ای بر GPS

سیستم تعیین موقعیت جهانی، سیستمی است که امکان تعیین موقعیت را به طور پیوسته بر روی سطح زمین و بالای آن فراهم آورده است. این سیستم در ابتدا به منظور کاربری نظامی و تعیین موقعیت آبی با دقت ۱۰ متر طراحی گردید ولی رفته رفته در تعیین مختصات غیرنظامی نیز نقش مؤثری ایفا نموده است.

با بکارگیری روش های مختلف مشاهداتی، امکان بدست آوردن مختصات نقاط و تعیین موقعیت با دقت بیشتر نیز وجود دارد، بنابراین بکارگیری این سیستم در ژئودزی و ژئودینامیک نقش مؤثری پیدا کرده است. این سیستم از ۳ بخش عمده تشکیل شده است که عبارتند از [17]:

۱-۱- بخش فضایی^۱

بخش فضایی این سیستم شامل ۲۱ ماهواره (و ۳ ماهواره ذخیره فعال) می باشد. این ماهواره ها در ۶ صفحه مداری تقریبا دایره ای با زاویه میل مداری 55° قرار گرفته اند. ارتفاع ماهواره ها از زمین حدود ۲۰۲۰۰ کیلومتر می باشد و پریود حرکت ماهواره ها ۱۲ ساعت نجومی است ، بنابراین هندسه ماهواره ها هر روز ۴ دقیقه زودتر نسبت به زمان جهانی تکرار می شود.

ماهواره های این سیستم به ۳ دسته تقسیم بندی می شوند :

ماهواره های بلوک I: یازده ماهواره این بلوک بین سالهای ۱۹۷۸ تا ۱۹۸۵ در دو صفحه مداری پرتاب شدند. طول عمر ۵ سال برای این ماهواره ها پیش بینی شده بود ولی در عمل عمر بیشتری داشتند.

ماهواره های بلوک II: اولین سری از این ماهواره ها در فوریه سال ۱۹۸۹ به فضا پرتاب شدند ، تعداد این ماهواره ها جمعا ۲۸ عدد بود که به منظور پشتیبانی از ترکیب ۲+۳ ماهواره طراحی شده بودند.

ماهواره های بلوک IIR : و در نهایت ۲۰ ماهواره بلوک IIR جانشین ماهواره های بلوک II شدند.

ماهواره های بلوک IIF: این ماهواره ها نسل جدیدی از ماهواره های GPS هستند که در آینده به منظور پیشرفته تر کردن این سیستم به فضا پرتاب خواهند شد. (تعداد ماهواره های موجود در فضا در حال حاضر ۲۸ دستگاه است.) استفاده از کد C/A بر روی موج حامل L_2 از ویژگی های این ماهواره ها می باشد. علاوه بر این ، این ماهواره ها موج حامل سومی به نام L_5 ارسال خواهند کرد. این موج با فرکانس ۱۱۷۶/۴۵ MHz فرستاده خواهد شد [18] .

اساس ساختمان سیگنال L_5 مشابه سیگنال L_1 است ، در واقع موج حاملی است که یک نویز شبه تصادفی با استفاده از مدولاسیون فازی روی آن سوار شده است. موج شبه تصادفی سیگنال L_5 با کدهای C/A و P که بر روی امواج L_1 و L_2 فرستاده می شود متفاوت است [18] .