دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی نقشه‌برداری

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

رشته و گرایش

مهندسی نقشه‌برداری- ژئودزی

عنوان

آنالیز نویز سری‌های زمانی حاصل از مشاهدات ایستگاه‌های دائمی GPS در ایران

دانشجو

حسن صادقی

استاد راهنما

دکتر بهزاد وثوقی

استاد مشاور

دکتر مسعود مشهدی حسینعلی

بهار ۱۳۸۹

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به پدر و مادرم

تشکر و قدردانی

ابتدا لازم می‌دانم، از زحمات خانواده عزیز و ارجمندم که با حمایت‌ها و مساعدت‌هایشان مشوق اصلی من برای کسب علم و دانش بودند، سپاسگذاری نمایم.

در تدوین این پایان‌نامه لازم می‌دانم که نسبت به استاد گرامی جناب آقای دکتر وثوقی، استاد راهنمای پایان‌نامه که در ارائه خط‌مشی‌های پایان‌نامه و چگونگی تدوین آن تقبل زحمت فرموده و راهنمایی‌های ارزنده‌ای ارائه فرمودند، مراتب سپاس و قدردانی خویش را ابراز دارم. از جناب آقای دکتر مشهدی حسینعلی استاد مشاور این پایان‌نامه نیز به خاطر مشاوره و ارائه راهنمایی‌های ارزنده تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از اساتید محترم، جناب آقای دکتر جمور و جناب آقای دکتر ملک که با صبر و حوصله فراوان به مطالعه دقیق به ویرایش پایان نامه اینجانب پرداخته و در جلسه دفاعیه به عنوان داور حضور بهم رساندند، تشکر ویژه دارم.

از جناب آقای دکتر علیرضا امیری-سیمکویی استاد گروه مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه اصفهان که راهنمایی‌های ارزنده‌ای و مفیدی در زمینه برآورد کمترین مربعات مولفه‌های واریانس و آنالیز نویز سری‌های زمانی ارائه فرمودند، کمال تشکر را دارم.

چکیده

مطالعه‌ی سری‌های زمانی موقعیت‌های روزانه‌ی GPS ایستگاه‌های دائمی ایران در فضای زمان با استفاده از روش برآورد مولفه‌های واریانس و در فضای فرکانس با استفاده از تابع چگالی طیف توانی نشاندهنده‌ی این مطلب است که منابع خطایی نظیر خطای مدل کردن مدار ماهواره‌ها، نقص مدل‌های مورد استفاده در حذف منابع خطای مربوط به محیط انتشار امواج الکترومغناطیسی باعث تحمیل نویز رنگی به موقعیت‌های روزانه‌ی ایستگاه‌های دائمی GPS می‌شوند.

در این تحقیق جهت توصیف رفتار نویز ۴ مدل نویز نویز سفید (WN)، ترکیب نویز سفید و نویز صورتی (W+FN)، نویز سفید و نویز رنگی با شاخص طیفی متغیر (W+PL) و ترکیب نویز سفید و نویز براونی (W+RW) در نظر گرفته شده است. مدل نویز سفید (WN) به عنوان فرض صفر و سایر مدل‌ها را به عنوان فرض جایگزین در نظر گرفته شد. با استفاده از اختلاف MLE در روش برآورد ماکزیمم درست‌نمایی و آماره‌ی w تست در روش برآورد کمترین مربعات، بهترین مدل نویز تعیین شد. نتایج نشان می‌دهد، که مدل‌های نویز (W+FN) و (W+PL) ، مدل‌های مناسب‌تری جهت توصیف رفتار نویز سری‌های زمانی موقعیت‌های روزانه‌ی GPS می‌باشد. میانگین شاخص‌های طیفی برآورد شده سری‌های زمانی موقعیت‌های روزانه‌ی GPS شبکه‌ی دائمی ایران در فضای فرکانس برابر با ۰/۹ می‌باشد، که نشانگر وجود نویز صورتی در این مشاهدات می‌باشد. واریانس سرعت در حالت مدل (W+FN) تقریباً ۸ مرتبه از واریانس حاصل از مدل (WN) بزرگتر برآورد شد.

کاهش سه تا پنج مرتبه‌ای مولفه‌های واریانس نویز و در نتیجه کاهش دو تا چهار مرتبه‌ای واریانس سرعت ایستگاه‌های شبکه‌ی خراسان با استفاده از حذف خطای مشترک نشانگر این مطلب است که خطاهایی مانند خطاهای مدل کردن مدار ماهواره‌ها، خطای تعیین پارامترهای دورانی زمین و تعیین پارامترهای اتمسفری وجود دارند، که بین ایستگاه‌های شبکه مشترک بوده و همبستگی مکانی بین مشاهدات موقعیت‌های روزانه را ایجاد می‌کنند.

بررسی این مشاهدات در فضای فرکانس وجود تغییرات تناوبی با دوره تناوب ۳۶۵/۲۵ و هارمونیک‌های آن و همچنین ۳۵۲ روز و هارمونیک‌های آن را نشان می‌دهد. در نظر گرفتن تغییرات مذکور در مدل تابعی سری‌های زمانی باعث کاهش مولفه‌های واریانس نویز می‌شود.

واژه‌های کلیدی: GPS، آنالیز نویزسری‌های زمانی، نویز رنگی، نویز سفید، نویز صورتی، شاخص طیفی، برآورد کمترین مربعات مولفه‌های واریانس-کوواریانس، برآورد ماکزیمم درست نمایی، واریانس سرعت

فهرست مطالب

تقدیم
تشکر و قدردانی
چکیده
فهرست مطالب ..... الف
فهرست اشکال ..... ه
فهرست جداول ..... ز
واژگان اختصاری ..... ح
فصل اول :مقدمه ۱
۱-۱- مروری بر تحقیقات انجام شده ۲
۱-۲ اهداف تحقیق ۴
۱-۳ مروری بر رئوس مطالب ۴
فصل دوم:مروری بر روش‌های برآورد و آزمون‌های آماری ۶
۲ -۱ - ویژگی‌های بهینه‌ی برآورد کننده‌ها ۶
۲-۱-۱- ناااریبی ۶
۲-۱-۲- مینیمم واریانس ۶
۲-۱-۳- ماکزیمم درست نمایی ۸
۲-۲- روش‌های برآورد ۸
۲-۲-۱- برآورد کمترین مربعات وزن‌دار ۸
۲-۲-۲- بهترین برآورد خطی نااریب ۱۰
۲-۲-۳- برآورد ماکزیمم درست نمایی ۱۰
۲-۳- معادلات مدل شرط ۱۲
۲-۴- آزمون‌های آماری ۱۲
۲-۴-۱- فرض ساده‌ی نسبت درست نمایی ۱۳
۲-۴-۲- فرض تعمیم یافته‌ی درست نمایی ۱۳
۲-۴-۳- آزمون‌های آماری مدل های خطی ۱۳
فصل سوم:برآورد مولفه‌های واریانس- کوواریانس ۱۵
۳-۱- مدل مولفه‌های واریانس ۱۵
۳-۲- برآورد مولفه‌های واریانس به روش کمترین مربعات ۱۶
۳-۲-۱- تعاریف اولیه ۱۶
۳-۲-۲- تشکیل معادلات مشاهدات مدل خطی مولفه‌های واریانس ۱۸
۳-۲-۳- برآورد مولفه‌های واریانس ۲۱

۳-۲-۳-۱- برآورد کمترین مربعات وزن‌دار ۲۱
۳-۲-۳-۲- برآورد مینیمم واریانس ۲۲
۳-۲-۴- برآورد مولفه‌های واریانس در حالت استفاده از معادلات مشاهدات ۲۳
۳-۲-۴-۱- برآورد کننده کمترین مربعات وزن دار ۲۳
۳-۲-۴-۲- برآورد کننده مینیمم واریانس ۲۴
۳-۲-۵- برآورد مولفه واریانس در حالت تک مولفه ۲۴
۳- ۲-۶- برآورد مولفه‌های واریانس-کوواریانس ۲۵
۳-۲-۶-۱- روش کلی محاسبه مولفه های واریانس – کوواریانس ۲۶
۳-۲-۶-۲- مدل خاص محاسبه مولفه های واریانس – کوواریانس ۲۷
۳-۳- روش برآورد ماکزیمم درست نمایی ۲۹
فصل چهارم :مفاهیم پایه‌ی آنالیز سری‌های زمانی ۳۲
۴-۱- میانگین، واریانس و کوواریانس ۳۲
۴-۲- نویز سفید و نویز براونی ۳۳
۴-۳- فرآیند گوس- مارکوف ۳۴
۴-۴ - چگالی طیف توانی فرآیندهای گوس- مارکوف ۳۵
۴-۵- نویز صورتی ۳۶
۴-۶- فرآیندهای جزئی گوسی نویز ۳۷
۴-۷- تعیین ماتریس کوواریانس انواع نویز ۳۷
۴-۸- فرآیند نویز گوس- مارکوف ۳۹
فصل پنجم:آنالیز نویز سری‌های زمانی موقعیت‌های روزانه‌ی GPS ۴۱
۵-۱- سیکل تغییر شکل زلزله ۴۱
۵-۲- مدل تابعی سری‌های زمانی ۴۲
۵-۳- تعیین مشاهدات اشتباه ۴۳
۵-۴- محاسبه‌ی طیف توانی ۴۴
۵-۵- مدل نویز سری‌های زمانی ۴۵
۵-۵-۱- مدل‌های نویز و تعیین مولفه‌های واریانس ۴۶
۵-۵-۲ - تعیین بهترین مدل نویز ۴۶
۵-۵-۲-۱- آماره‌ی w تست ۴۶
۵-۵-۲-۲- آماره‌ی تست نسبت درست نمایی ۴۷
۵-۶- برآورد مولفه‌های کوواریانس بین مولفه‌های مختصاتی ۴۷
۵-۷- کاهش دامنه‌های نویز ۴۷
۵-۷-۱- فیلترینگ مکانی ۴۷
۵-۷-۲ - آنالیز هارمونیک کمترین مربعات ۴۸
۵-۸- تعیین دقت پارامترهای مجهول مدل تابعی ۵۰

فصل ششم:آنالیز نویز سری‌های زمانی موقعیت‌های روزانه‌ی GPS شبکه‌یBARGEN ۵۲
۶-۱- معرفی شبکه‌ی BARGEN ۵۲
۶-۲- محاسبه‌ی ضرایب مجهول مدل و حذف مشاهدات اشتباه ۵۳
۶-۳- برآورد شاخص طیفی ۵۵
۶-۴- مدل‌های نویز و تعیین مولفه‌های واریانس ۵۵
۶-۵- تعیین مولفه‌های کوواریانس ۵۹
۶-۶- فیلترینگ مکانی(حذف خطای مشترک) ۶۰
۶-۷- مقایسه‌ی روش‌های برآورد کمترین مربعات و ماکزیمم درست نمایی ۶۲
۶-۸- مقایسه با نتایج سایر تحقیقات ۶۳
۶-۹- آنالیز هارمونیک کمترین مربعات ۶۴
۶-۱۰- تاثیر نویز بر روی سرعت و دقت آن ۷۰
فصل هفتم:آنالیز نویز سری‌های زمانی موقعیت‌های روزانه‌ی GPS شبکه‌ی دائمی ایران ۷۲
۷-۱- طراحی و توزیع ایستگاههای شبکه ژئودینامیک ۷۳
۷-۱-۱- شبکه تهران ۷۳
۷-۱-۲- شبکه تبریز ۷۳
۷-۱-۳- شبکه خراسان ۷۳
۷-۱-۴- شبکه همدان ۷۴
۷-۱-۵- شبکه خوزستان ۷۴
۷-۲- ایستگاه‌های مورد استفاده ۷۴
۷-۳ – برآورد دامنه‌های مولفه‌های تغییرات سالیانه و نیم‌سالانه و شاخص‌های طیفی ۷۵
۷-۴ - تعیین مولفه‌های واریانس نویز و تاثیر آن بر روی دقت سرعت ایستگاه‌ها ۷۶
۷-۵ – محاسبه‌ی مولفه‌های کوواریانس ۷۹
۷-۶- فیلترینگ مکانی(حذف خطای مشترک) ۷۹
۷-۷- آنالیز هارمونیک کمترین مربعات ۸۱
فصل هشتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۸۴
مراجع ۸۶
ضمیمه ۱ :خصوصیات اپراتورهای *vh*، *vec* ، ضرب کرونکر و ماتریس‌های تکرار و کموتاسیون ۹۰
ضمیمه‌ی ۲:نتایج شبکه‌ی BRAGEN ۹۱
ضمیمه‌ی ۳:نتایج شبکه دائمی GPS ایران ۱۰۹

فهرست اشکال

شکل ۴-۱ :تابع اتوکوواریانس فرآیند گوس- مارکوف ۳۵
شکل ۴-۲ : توابع چگالی طیف توانی در حالت‌های مختلف ۳۶
شکل ۴-۳: طیف توانی فرآینده‌های نویز مختلف ۴۰
شکل ۵-۱: سیکل تغییر شکل زلزله، شامل جابجایی‌های هملرزه، پس‌لرزه و بین‌لرزه‌ای [۵۴] ۴۲
شکل ۵-۲: نمودار مراحل آنالیز نویز سری‌های زمانی موقعیت‌های روزانه‌ی GPS ۵۱
شکل ۶-۱: شبکه‌ی BARGEN به همراه زلزله‌های مهم بین سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۰۶ ..... ۵۳
شکل ۶-۲: دامنه‌های مولفه‌های تغییرات سالیانه(بالا) و نیم‌سالانه(پایین) ۵۳
شکل ۶-۳: پدیده‌های ژئودینامیکی مختلف[۵۴] ۵۴
شکل ۶-۴: شاخص‌های طیفی برآورد شده‌ی مولفه‌های مختصاتی ۵۵
شکل ۶-۵: طیف توانی محاسبه شده به همراه شاخص طیفی- مولفه‌ی شمالی-جنوبی ایستگاه alam ۵۶
شکل ۶-۶ : دامنه‌های نویز سفید- مدل(WN)- روش برآورد: ماکزیمم درست نمایی ۵۶
شکل ۶-۷: مولفه‌های واریانس نویز سفید(بالا) و نویز صورتی(پایین) - مدل((W+FN)- روش برآورد: ماکزیمم درست نمایی ۵۷
شکل ۶-۸ : مولفه‌های واریانس نویز سفید(بالا) و نویز رنگی (پایین) - مدل(W+PL)- روش برآورد: ماکزیمم درست نمایی ۵۸
شکل ۶-۹ : مولفه‌های واریانس نویز سفید(بالا) و نویز براونی (پایین) - مدل(W+RW) -روش برآورد: ماکزیمم درست نمایی ۵۸
شکل ۶-۱۰: اختلاف MLE مدل‌های (W+FN)،(W+PL) و(W+RW) برای مولفه‌های شمالی-جنوبی(بالا)، شرقی-غربی(وسط) و ارتفاعی(پایین)- روش برآورد: ماکزیمم درست نمایی ۵۹
شکل ۶-۱۱ : مقادیر δ - مدل((Qy=diag(Qrw)) - روش برآورد: LS ۵۹
شکل ۶-۱۲ : ضرایب همبستگی مولفه‌های واریانس نویز صورتی مولفه‌های مختصاتی زمانی- بالا- ضرایب همبستگی بین سرعت مولفه‌های مختصاتی- وسط- آماره t_{n-2} جهت تعیین معنی‌دار بودن همبستگی و مقدار $t_{\alpha/2,n-2}$ (خط چین)- پایین- روش برآورد: LS ۶۰
شکل ۶-۱۳ : ریشه‌ی دوم میانگین سری‌های زمانی- قبل و بعد از فیلترینگ مکانی ۶۰
شکل ۶-۱۴ : شبکه‌ی BRAGEN- مثلث‌ها نشاندهنده‌ی ایستگاه‌هایی می‌باشد که در این تحقیق استفاده شده‌اند و دایره‌ها نشاندهنده‌ی بقیه‌ی ایستگاه‌های شبکه می‌باشند. ۶۱
شکل ۶-۱۵ : اختلاف بین سرعت ایستگاه‌ها قبل و بعد از فیترینگ مکانی ۶۱
شکل ۶-۱۶: مولفه‌های واریانس نویز سفید(بالا) و نویز صورتی(پایین) - مدل(W+FN)- بعداز فیلترینگ مکانی - روش برآورد: ماکزیمم درست نمایی ۶۲
شکل ۶-۱۷ : طیف توانی دسته‌بندی شده‌ی مولفه‌های مختصاتی به همراه دوره تناوب سالیانه و هارمونیک‌های آن ۶۷
شکل ۶-۱۸ : ترکیب دوازده هارمونیک اول(بالا چپ)، مقادیر آماره‌ی تست T_2 (بالا راست)، تابع خودهمبستگی قبل از آنالیز هارمونیک(پایین چپ) و تابع خود همبستگی بعد از آنالیز هارمونیک(پایین راست)- $\alpha = 0.001$ ۶۸
شکل ۶-۱۹ : ۳۰ مقدار اولیه‌ی ضرایب همبستگی مولفه‌های مختلف مختصاتی به همراه توابع برازش داده شده ۶۸

شکل ۶-۲۰: مقادیر آماره‌ی w تست مدل‌های (W+FN) و ((W+AR(1)) : مولفه‌ی شمالی- جنوبی(بالا) و شرقی- غربی(پایین) – مدل تابعی شامل رگرسیون خطی و دوازده هارمونیک اول سری‌های زمانی: روش برآوردLS..... ۶۹
شکل ۶-۲۱ : مولفه‌های واریانس نویز سفید و نویز صورتی مدل(W+FN)، مولفه‌ی شمالی- جنوبی : روش LS..... ۶۹
شکل ۶-۲۲ : مولفه‌های واریانس نویز سفید و نویز صورتی مدل(W+FN)، مولفه‌ی شرقی- غربی : روش LS..... ۷۰
شکل ۶-۲۳ : مولفه‌های واریانس نویز سفید و نویز صورتی مدل(W+FN)، مولفه‌ی ارتفاعی: روش LS ۷۰
شکل ۶-۲۴ : بردارهای سرعت به همراه بیضی‌های خطا در سطح اطمینان ۹۵ درصد در چارچوب مرجعITRF2000 - قبل و بعد از فیلترینگ (مدل (W+FN)) ۷۱
شکل ۷-۱: پراکندگی ایستگاه‌های مورد استفاده تحقیق حاضر..... ۷۴
شکل ۷-۲ : دامنه‌های مولفه‌ی تغییرات سالیانه و نیم سالانه‌ی شبکه‌ی ایران- مولفه‌ی ارتفاعی(سمت راست)، مولفه‌ی شرقی-غربی(وسط) و مولفه‌ی شمالی-جنوبی(سمت چپ)..... ۷۵
شکل ۷-۳: شاخص‌های طیفی برآورد شده‌ی مولفه‌های مختصاتی- شبکه‌ی ایران ۷۶
شکل ۷-۴ : مولفه‌های واریانس نویز سفید(چپ) و نویز صورتی(راست) ، مدل (W+FN) – روش LS ، شبکه‌ی ایران، قبل از فیلترینگ مکانی ۷۷
شکل ۷-۵ : میانگین آماره‌ی w تست مدل‌های (W+FN) و (W+RW) مولفه‌های مختصاتی، روش LS، شبکه‌ی ایران- قبل از فیلترینگ مکانی ۷۷
شکل ۷-۶: بردارهای سرعت به همراه بیضی‌های خطا در سطح اطمینان ۹۵ درصد در چارچوب مرجعITRF2000 - قبل از فیلترینگ(مدل (WN))، شبکه‌ی ایران ۷۸
شکل ۷-۷ : بردارهای سرعت به همراه بیضی‌های خطا در سطح اطمینان ۹۵ درصد در چارچوب مرجعITRF2000 - قبل از فیلترینگ(مدل (W+FN))، شبکه‌ی ایران، روش LS ۷۸
شکل ۷-۸ : ضرایب همبستگی مولفه‌های واریانس نویز صورتی مولفه‌های مختصاتی زمانی(بالا)- ضرایب همبستگی بین سرعت مولفه‌ی شمالی- جنوبی و مولفه‌ی شرقی- غربی(پایین)..... ۷۹
شکل ۷-۹ : ریشه‌ی دوم میانگین مولفه‌های مختصاتی بر حسب میلیمتر- قبل(قرمز) و بعد(سبز) از اعمال فیلترینگ مکانی ۸۰
شکل ۷-۱۰ : مقادیر آماره‌ی W تست، مولفه‌ی شمالی- جنوبی(بالا)، شرقی- غربی(وسط) و ارتفاعی(پایین) – بعد از فیلترینگ مکانی – روش LS، شبکه‌ی خراسان ۸۰
شکل ۷-۱۱ : مولفه‌های واریانس نویز سفید و نویز صورتی قبل و بعد از فیلترینگ مکانی، مدل(W+FN) ۸۱
شکل ۷-۱۲ : بردارهای سرعت به همراه بیضی‌های خطا در سطح اطمینان ۹۵ درصد، چارچوب مرجعITRF2000 - قبل و بعد از فیلترینگ مکانی(مدل (W+FN))، شبکه‌ی خراسان، روش LS..... ۸۲
شکل ۷-۱۳: طیف توانی دسته‌بندی شده‌ی مولفه‌های مختصاتی به همراه تغییرات سالیانه و هارمونیک‌های آن ۸۳

فهرست جداول

جدول(۴-۱): فرآیندهای گوس - مارکوف ۳۵
جدول ۶-۱ : سهم منابع مختلف تغییرات سالیانه مولفه ارتفاعی موقعیت ایستگاه‌ها(دونگ و همکاران[۱۳]) ۵۵
جدول ۶-۲ : میانگین مولفه‌های واریانس نویز مدل(W+FN) روش‌های ماکزیمم درست‌نمایی و کمترین مربعات ۶۳
جدول ۶-۳ : میانگین مولفه‌های واریانس نویز مدل(W+RW) روش‌های ماکزیمم درست‌نمایی و کمترین مربعات ۶۳
جدول۶-۴ : میانه‌ی مولفه‌های واریانس نویز سفید و نویز صورتی لانگبین[۱۲] و ویلیماس و همکاران[۶] با تحقیق حاضر ۶۳
جدول۶-۵: میانگین شاخص های طیفی برآورد شده لانگبین[۱۲] و ویلیماس و همکاران[۶] با تحقیق حاضر ۶۴
جدول ۶-۶ : مولفه‌های اصلی جزرومد به همراه پریود آن‌ها ۶۶
جدول ۶-۷ : میانگین مولفه‌های واریانس، مدل تابعی شامل تغییرات سالیانه و نیم سالانه، (Before LSH): مدل تابعی شامل تغییرات سالیانه و نیم‌سالانه و تغییرات ۳۵۱ روز هارمونیک‌های آن به همراه دوره تناوب ۱۳/۶، ۱۶/۲۵، ۱۴/۴(After LSH) ۶۹
جدول ۶-۸: میانگین سرعت و دقت‌های برآورد شده‌ی مولفه‌های مختلف قبل(UF) و بعد از فیلترینگ(F)-(میلیمتر بر سال) ۷۱
جدول۶-۹: میانگین سرعت و دقت برآورد شده‌ی مدل (W+FN) بعد از آنالیز هارمونیک(میلیمتر بر سال) ۷۱
جدول ۷-۱: میانگین سرعت و دقت ایستگاه‌های شبکه‌ی خراسان، قبل و بعد از فیلترینگ مکانی، روش LS (میلمتر بر سال) ۸۱
جدول ۷-۲ : میانگین مولفه‌های واریانس نویز، مدل تابعی شامل ترند خطی و مدل تابعی شامل تغییرات سالیانه و نیم سالانه و تغییرات با دوره تناوب ۳۵۱ روز و هارمونیک‌های آن به همراه تغییرات ۱۳/۶، ۱۵/۴(مدل نویز(W+FN)) ۸۲
جدول ض.۱ : مختصات ایستگاه‌های شبکه‌ی BRAGEN ۹۱
جدول ض.۲ : دامنه و فاز مولفه‌ی سالیانه‌ی ایستگاه‌های شبکه‌ی BRGEN- قبل از فیلترینگ مکانی ۹۱
جدول ض.۳ : دامنه و فاز مولفه‌ی نیم سالیانه‌ی ایستگاه‌های شبکه‌ی BRGEN- قبل از فیلترینگ مکانی ۹۲
جدول ض.۴ : شاخص‌های طیفی برآورد شده ۹۲
جدول ض.۵ : مولفه‌های واریانس نویز سفید مدل (WN)- قبل از فیلترینگ مکانی : روش MLE ۹۳
جدول ض.۶ : مولفه‌های واریانس نویز سفید و نویز صورتی: مدل(W+FN)- قبل از فیلترینگ مکانی : روش MLE ۹۳
جدول ض.۷ : مولفه‌های واریانس نویز سفید و نویز رنگی : مدل(W+PL)- قبل از فیلترینگ مکانی : روش MLE ۹۴
جدول ض.۸ : مولفه‌های واریانس نویز سفید و نویز براونی : مدل(W+RW)- قبل از فیلترینگ مکانی : روش MLE ۹۴
جدول ض.۹ : اختلاف بین مقادیر MLE مدل‌های نویز (W+PL)،(W+FN) و (W+RW) با مدل نویز(WN)- قبل از فیلترینگ مکانی ۹۵
جدول ض.۱۰ : مولفه‌های واریانس نویز سفید و ∇ مدل ((diag(Qrw)) : روش LS ۹۵
جدول ض.۱۱ : مقادیر آماره‌ی w مدل ((diag(Qrw)) : روش LS ۹۶
جدول ض.۱۲ : ضرایب همبستگی بین مولفه‌های مختصاتی ایستگاه‌های مختلف : روشLS ۹۶
جدول ض.۱۳ : RMS سری‌های زمانی قبل و بعد از فیلترینگ ۹۷
جدول ض.۱۴ : مولفه‌های واریانس نویز سفید مدل (WN)- بعد از فیلترینگ مکانی : روشLS ۹۷
جدول ض.۱۵ : مولفه‌های واریانس نویز سفید و نویز صورتی: مدل(W+FN)- بعد از فیلترینگ مکانی : روشLS ۹۸
جدول ض.۱۶ : مولفه‌های واریانس نویز سفید و نویز براونی : مدل(W+RW)- بعد از فیلترینگ مکانی : روشLS ۹۸

جدول ض.۱۷ : مقادیر آماره‌ی w تست مدل‌های (W+RW) و (W+FN) :روش LS ۹۹
جدول ض.۱۸ : مولفه‌های واریانس نویز سفید و نویز صورتی: مدل(W+FN)- بعد از فیلترینگ مکانی : روش MLE..... ۹۹
جدول ض.۱۹ : مولفه‌های واریانس نویز سفید و نویز رنگی : مدل(W+PL)- بعد از فیلترینگ مکانی : روش MLE ۱۰۰
جدول ض.۲۰ : مولفه‌های واریانس نویز سفید و نویز براونی : مدل(W+RW)- بعد از فیلترینگ مکانی : روش MLE .. ۱۰۰
جدول ض.۲۱ : اختلاف بین مقادیر MLE مدل‌های نویز (W+PL)،(W+FN) و (W+RW) با مدل نویز(WN)- بعد از فیلترینگ مکانی ۱۰۱
جدول ض.۲۲ : سرعت ایستگاه‌ها قبل و بعد از فیلترینگ ۱۰۱
جدول ض.۲۳ : ۱۰ هارمونیک اول سری‌های زمانی ۱۰۲
جدول ض.۲۴ : مقادیر آماره‌ی w تست مدل‌های ((W+AR(1)) و (W+FN) – بعد از حذف ۱۲ هارمونیک اول :روش LS ۱۰۳
جدول ض.۲۵ : مولفه‌های واریانس نویز سفید مدل(W+FN) قبل و بعد از آنالیز هارمونیک : روش LS ۱۰۳
جدول ض.۲۶ : مولفه‌های واریانس نویز صورتی مدل(W+FN) قبل و بعد از آنالیز هارمونیک : روش LS..... ۱۰۴
جدول ض.۲۷ : سرعت و دقت برآورد شده مولفه‌ی شمالی- جنوبی : قبل از فیلترینگ مکانی، روش برآورد:MLE..... ۱۰۴
جدول ض.۲۸ : سرعت و دقت برآورد شده مولفه‌ی شرقی - غربی : قبل از فیلترینگ مکانی، روش برآورد:MLE ۱۰۵
جدول ض.۲۹ : سرعت و دقت برآورد شده مولفه‌ی ارتفاعی : قبل از فیلترینگ مکانی، روش برآورد:MLE ۱۰۵
جدول ض.۳۰ : سرعت و دقت برآورد شده مولفه‌ی شمالی- جنوبی : بعد از فیلترینگ مکانی، روش برآورد:MLE ۱۰۶
جدول ض.۳۱ : سرعت و دقت برآورد شده مولفه‌ی شرقی- غربی : بعد از فیلترینگ مکانی، روش برآورد:MLE ۱۰۶
جدول ض.۳۲ : سرعت و دقت برآورد شده مولفه‌ی ارتفاعی : بعد از فیلترینگ مکانی، روش برآورد:MLE..... ۱۰۷
جدول ض. ۳۳: سرعت و دقت‌های برآورد شده‌ی مولفه‌های مختصاتی: بعد از فیلترینگ مکانی، روش LS ۱۰۷
جدول ض. ۳۴: سرعت و دقت‌های برآورد شده‌ی مولفه‌های مختصاتی: بعد از آنالیز هارمونیک، روش LS ۱۰۸
جدول ض.۳۵ : دامنه‌ی مولفه‌های سالیانه و نیم‌سالانه ایستگاه‌های شبکه‌ی ایران- قبل از فیلترینگ مکانی ۱۰۹
جدول ض. ۳۶: شاخص‌های طیفی برآورد شده، شبکه‌ی ایران ۱۱۰
جدول ض.۳۷ : مولفه‌های واریانس نویز سفید و نویز رنگی : مدل(W+PL)- قبل از فیلترینگ مکانی : روش MLE ، شبکه‌ی ایران ۱۱۱
جدول ض.۳۸ : مولفه‌های واریانس نویز سفید و نویز صورتی: مدل(W+FN)- قبل از فیلترینگ مکانی : روش MLE، شبکه‌ی ایران ۱۱۲
جدول ض.۳۹ : مولفه‌های واریانس نویز سفید و نویز صورتی: مدل(W+FN)-قبل از فیلترینگ مکانی : روشLS، شبکه‌ی ایران ۱۱۳
جدول ض.۴۰ : مولفه‌های واریانس نویز سفید و نویز براونی : مدل(W+RW)- قبل فیلترینگ مکانی : روشLS، شبکه‌ی ایران ۱۱۴
جدول ض.۴۱ : مقادیر آماره‌ی w تست مدل‌های (W+RW) و (W+FN)- قبل فیلترینگ مکانی :روش LS، شبکه‌ی ایران ۱۱۵
جدول ض.۴۲ : مولفه‌های واریانس نویز سفید و نویز صورتی: مدل(W+FN) و نویز سفید مدل (WN) مولفه‌های افقی - بعد از فیلترینگ مکانی : روشLS، شبکه‌ی ایران ۱۱۶
جدول ض.۴۳ : مولفه‌های واریانس نویز سفید و نویز صورتی: مدل(W+FN) - نویز سفید: مدل (WN) و نویز براونی: (W+RW)مولفه‌ی ارتفاعی- بعد از فیلترینگ مکانی : روشLS، شبکه‌ی ایران ۱۱۷

جدول ض.۴۴ : مقادیر آماره‌ی w تست مدل‌های (W+RW) و (W+FN) :روش LS، شبکه‌ی ایران ۱۱۸
جدول ض.۴۵ : مولفه‌های واریانس نویز سفید و نویز رنگی : مدل(W+PL)- بعد از فیلترینگ مکانی : روش MLE، شبکه‌ی ایران ۱۱۹
جدول ض.۴۶ : سرعت و دقت برآورد شده‌ی مولفه‌های مختصاتی مدل‌های (WN)و (W+FN)- قبل از فیلترینگ مکانی : روش LS، شبکه‌ی ایران ۱۲۰
جدول ض.۴۷ : سرعت و دقت برآورد شده‌ی مولفه‌های مختصاتی مدل‌های (WN)و (W+FN)- بعد از فیلترینگ مکانی : روش LS، شبکه‌ی خراسان ۱۲۱

واژگان اختصاری

واژگان اختصاری- مبحث برآورد مولفه‌های واریانس-کوواریانس			
فضای اقلیدسی حقیقی با ابعاد m	$\mathbb{R}^m$	تبعیت کردن در مفاهیم احتمالات	$\sim$
ماتریس همانی از مرتبه m	$\mathbf{I}=\mathbf{I}_m$	خیلی بزرگتر از	$\gg$
بردار واحد کانونی	c_i	اپراتور میانگین	$E\{.\}$
ماتریس وزن بردار خطای بست یا بردار $\mathbf{t}$	$\mathbf{W_t}$	اپراتور پراکندگی	$D\{.\}$
ماتریس وزن	$\mathbf{W}$	تابع توزیع نرمال با میانگین μ و کوواریانس $\mathbf{Q}$	$N(\mu,\mathbf{Q})$
ماتریس واریانس-کوواریانس مشاهدات	$\mathbf{Q_y}$	تبعیت کردن از	$\sim$
ماتریس تکرار	$\mathbf{D}$	فرض صفر	H_0
ماتریس جابجایی	$\mathbf{K}$	فرض جایگزین یا فرض مقابل	H_a
اثر ماتریس(جمع عناصر قطر اصلی)	$trace(.)$	تابع درست نمایی	lik
رنک ماتریس(تعداد سطرها و یا ستون های مستقل ماتریس)	$rank(.)$	تابع چگالی احتمال با مجهولات xو مشاهدات y	$f_y(y\mid x)$
دترمینان ماتریس	$\det(.)$	x Φ_0 متعلق است به زیر فضای	$x\in\Phi_0$
ترانهاده ماتریس	$(.)^T$	بردار مشاهدات از مرتبه m	$\mathbf{y}$
معکوس ماتریس	$(.)^{-1}$	بردار مجهولات از مرتبه n	$\mathbf{x}$
شبه معکوس ماتریس	$(.)^+$	درجه آزادی مدل تابعی	$b=m-n$
نرم مربعی یک بردار که برابر با $(.)^T\mathbf{Q}(.)$ می‌باشد.	$\|.\|_{\mathbf{Q}}$	بردار خطای بست از مرتبه b	$\mathbf{t}=\mathbf{B}^T\mathbf{y}$
جمع دو زیر فضا	$\oplus$	T تست با درجه آزادی q	T_q
مکمل متعامد	$\perp$	ماتریس ضرایب در مدل شرط از مرتبه $m\times b$	$\mathbf{B}$
ضرب کرونکر	$\otimes$	ماتریس ضرایب در مدل مشاهدات از مرتبه $m\times n$	$\mathbf{A}_{m\times n}$
اپراتور vec	vec	اپراتور vh	vh
مکمل متعامد	$\perp$		

ادامه واژگان اختصاری- مبحث آنالیز نویز سری‌های زمانی	
تابع گاما	$\Gamma(.)$
شاخص طیفی	κ
تابع چگالی طیف توان	$P(f)$
دامنه‌ی میان چارکی	IQR
ماتریس کوفاکتور نویز رنگی(شاخص طیفی متغیر)	$\mathbf{Q}_{pl}$
ماتریس کوفاکتور نویز صورتی	$\mathbf{Q}_{f}$
ماتریس کوفاکتور نویز براونی یا مسیر تصادفی	$\mathbf{Q}_{rw}$
مولفه‌ی واریانس نویز سفید	σ_w
مولفه‌ی واریانس نویز صورتی	σ_f
مولفه‌ی واریانس نویز براونی	σ_{rw}
خطای مشترک	$\varepsilon(t)$
مدل نویز سفید	WN
مدل نویز ترکیب نویز سفید و نویز صورتی	$W+FN$
مدل نویز ترکیب نویز سفید و نویز براونی	$W+RW$
مدل نویز ترکیب نویز سفید و نویز رنگی	$W+PL$
مدل نویز ترکیب نویز سفید و نویز خودبرگشتی مرتبه‌ی اول	$W+AR(1)$

فصل اول

مقدمه

از اوایل قرن گذشته، استفاده از اندازه‌گیری‌های ژئودتیک جهت رفتارسنجی پدیده‌های ژئودینامیک از جمله تغییر شکل پوسته‌ی زمین کاربرد وسیعی پیدا کرده است. با ظهور سیستم تعیین موقعیت جهانی(GPS) از اواسط دهه‌ی ۷۰ میلادی فصل نوینی در روش‌های تعیین موقعیت و در نتیجه مشاهدات ژئودتیک ایجاد شد. عدم نیاز به دید مستقیم بین نقاط شبکه، تعیین موقعیت همزمان سه بعدی در هر شرایط آب و هوایی باعث افزایش استفاده از مشاهدات GPS شده است. معمولاً این مشاهدات به صورت دوره‌ای و در بازه‌های زمانی خاص مثلاً یکبار یا دو بار در سال و طی چندین سال مختلف صورت می‌گیرد. به این شبکه‌ها، شبکه‌های موردی[1] گفته می‌شوند. اگرچه بالا بودن تراکم[2] نقاط برداشتی از جمله مزایای استفاده از شبکه‌های موردی می‌باشد، اما مشکلاتی از جمله عدم شناسایی تغییرات ناشی از زلزله مانند تغییرات هملرزه و پس‌لرزه، وجود خطاهایی مانند خطای چندمسیری، خطاهای اتمسفری، تغییرات مرکز فاز آنتن باعث شده است، که از دهه‌ی گذشته، شبکه‌های دائمی[3] GPS، در نقاط مختلف جهان گسترش پیدا کند. پیوستگی زمانی این مشاهدات، بررسی دقیقتر پدیده‌های ژئودینامیکی مختلف از جمله حرکات تکتونیکی و تغییر شکل پوسته‌ی زمین، آشکارسازی حرکات آتشفشانی و تعیین پارامترهای اتمسفری را امکان‌پذیر نموده است. در صورت پیوستگی تغییر شکل(در غیاب زلزله‌های بزرگ) و با خطی در نظر گرفتن آن، رگرسیون خطی مشاهدات تکرار شده‌ی موقعیت، می‌تواند معیار مناسبی از چگونگی تغییر شکل در مولفه‌های موقعیت ایستگاه‌های اندازه‌گیری باشد. سرعت ایستگاه با محاسبه‌ی شیب رگرسیون خطی برای هر مولفه‌ی مختصاتی تعیین می‌شود.

در آنالیزهای ساده، موقعیت‌های روزانه ایستگاه‌های دائمی GPS غالباً از نظر آماری مستقل از یکدیگر در نظر گرفته می‌شوند [۱]. از طرفی خطاهایی نظیر خطای مدل کردن مدار ماهواره‌ها، تاثیرات چارچوب مرجع، نقص مدل‌های مورد استفاده در حذف منابع خطای مربوط به محیط انتشار امواج الکترومغناطیس و تغییرات مرکز فاز آنتن گیرنده باعث همبستگی زمانی و مکانی یا به عبارتی نویز رنگی بین موقعیت‌های روزانه‌ی ایستگاه‌ها می‌شوند[۴،۳].

---

[1] . Campaign Network
[2] .Dense
[3] . Continuous Network

با فرض سفید بودن نویز، ماتریس واریانس-کوواریانس مشاهدات، یک ماتریس قطری و با فرض رنگی بودن، ماتریس واریانس-کوواریانس، ماتریسی غیر قطری خواهد بود [۳]. با توجه به اینکه ماتریس واریانس-کوواریانس شامل ترکیبی از ماتریس‌های کوفاکتور[1] نویز سفید و نویز رنگی در نظر گرفته می‌شود، جهت تعیین این ماتریس، نیازمند تعیین مولفه‌های واریانس انواع نویز می‌باشیم. تعیین مولفه‌های واریانس در آمار و احتمالات برآورد مولفه‌های واریانس[2] نامیده می‌شود.

می‌توان گفت که هدف از آنالیز نویز سری‌های زمانی موقعیت‌های روزانه‌ی GPS تعیین بهترین ماتریس واریانس-کوواریانس جهت پارامترهای موقعیت و سرعت ایستگاه‌ها و همچنین دقت آنها می‌باشد.

۱-۱- مروری بر تحقیقات انجام شده

زانگ و همکاران سری‌های زمانی موقعیت‌های روزانه‌ی GPS، ۱۰ ایستگاه شبکه دائمی جنوب کالیفرنیا که دارای طول زمانی ۱۹ ماه بود را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج این محققین نشان می‌دهد، بهترین مدل نویز، جهت توصیف رفتار نویز ترکیب نویز سفید و نویز صورتی می‌باشد. واریانس سرعت‌ها در حالت ترکیب نویز سفید و نویز صورتی، سه تا شش مرتبه از واریانس حاصل از مدل نویز سفید بزرگتر برآورد شده است[۳]. مائو و همکاران با آنالیز سری‌های زمانی ۲۳ ایستگاه GPS که طولی بیشتر از سه سال داشتند و دارای توزیع جهانی بودند، بهترین مدل نویز را ترکیب نویز سفید و نویز صورتی تعیین نمودند. در تحقیق مائو و همکاران نیز، واریانس سرعت‌ها در حالت ترکیب نویز سفید و نویز صورتی، پنج تا یازده مرتبه از واریانس حاصل از مدل نویز سفید بزرگتر برآورد شده است[۱]. سایر تحقیقات از جمله جامع‌ترین تحقیق، ویلیماس و همکاران نشان می‌دهد، که تقریباً بهترین مدل جهت توصیف نویز سری‌های زمانی موقعیت‌های روزانه‌ی GPS ترکیب نویز سفید و نویز صورتی و یا ترکیب نویز سفید و نویز رنگی با شاخص طیفی کوچکتر از ۱+ می‌باشند[۹،۸،۷،۶،۵]

مطالعات مختلف سری‌های زمانی موقعیت‌های روزانه‌ی GPS و همچنین سری‌های زمانی تغییرات موقعیت در شبکه‌های کلاسیک مثلث‌بندی نشان‌دهنده‌ی وجود نویز براونی در این سری‌های زمانی می‌باشد[۱۲،۱۱،۱۰]. نویز براونی به این معناست که مقدار موقعیت مورد انتظار پیلار نسبت به موقعیت اولیه با جذر زمان افزایش پیدا کند. به عنوان مثال اگر دامنه‌ی این نویز۰/۳ میلیمتر بر مجذور سال باشد، پیلار نسبت به موقعیت اولیه پس از یکسال به اندازه ۰/۳ میلیمتر، بعداز ۴ سال ۰/۶میلیمتر و پس از ۱۶ سال به اندازه ۱/۲ میلمتر جابجا می‌شود.

علاوه بر تغییرات ثابت[3] یا همان سرعت ثابت، موقعیت‌های روزانه‌ی GPS، تغییراتی متناوب[4] از جمله تغییرات با دوره تناوب سالیانه و نیم‌سالانه را نشان می‌دهند. دونگ و همکاران [۱۳] با آنالیز سری‌های

---

[1] . Cofactor Matrix
[2] . Variance Component Estimation
[3] . Secular Variations
[4] . Periodic Variations

زمانی بیش از ۱۲۸ ایستگاه دائمی GPS این تغییرات را در مولفه‌های مختصاتی شناسایی کردند. دامنه‌ی این تغییرات در مولفه‌ی ارتفاعی از مولفه‌ی افقی بیشتر می‌باشد. در این تحقیق منبع عمده این تغییرات، جابجائی‌های ناشی از جزرومد ماه و خورشید، حرکت فصلی قطب، تغییرات سرعت دوران زمین، نیروی بار ناشی از جزرومد زمین صلب، جزرومد اقیانوس‌ها، جزرومد ناشی از بار اتمسفری، تغییر سطح آب‌های زیرزمینی و تغییرات توزیع مجدد جرم زمین عنوان شده است [۱۳]. بلیویت و لاوایی با آنالیز ۲۳سری زمانی ایستگاه GPS که دارای توزیع جهانی بودند، وجود سیگنال‌های سالیانه و نیم سالانه را تصدیق کرده و با استفاده از روابط ریاضی ثابت شده است که عدم در نظر گرفتن سیگنال‌های سالیانه در سری‌های زمانی باعث اریبی سرعت به خصوص برای سری‌های زمانی با طول کمتراز ۴/۵ سال می‌شود [۱۴].

تغییرات سالیانه و نیم‌سالانه در سری‌های زمانی موقعیت حاصل از اندازه‌گیری‌های VLBI، SLR و DORIS نیز مشاهده شده است. علاوه بر تغییرات سالیانه تغییرات با دوره تناوب ۳۵۱ روز و هارمونیک‌های آن نیز در سری‌های زمانی موقعیت‌های روزانه‌ی DORIS نیز مشاهده گردیده است. منبع عمده‌ی این تغییرات تاثیر خطاهای مدل کردن مدار ماهواره از جمله تاثیر تشعشعات خورشیدی بر حرکت ماهواره بر روی موقعیت‌های برآورد شده، عنوان شده‌است[۱۷،۱۶،۱۵]. در مباحث ژئودزی ماهواره‌ای مدت زمان ۳۵۱ روز، سالGPS[1] نامیده می‌شود. یک سال GPS مدت زمانی است که خورشید نیاز دارد، که در فضا نسبت به نقطه‌ی نودال مدار ماهواره‌های GPS یک گردش کامل داشته باشد. دریفت نقطه‌ی نودال مدار ماهواره‌های GPS به علت بیضویت زمین به اندازه‌ی ۱۴/۱۶- درجه بر سال، باعث می‌شود که سال GPS برابر با ۳۵۱/۴ روز یا ۱/۰۳۹ سیکل بر سال باشد [۱۸]. تغییرات با دوره تناوب ۳۵۱ و ۱۱۸روز در برآورد مرکز جرم زمین، با استفاده از مشاهدات GPS و DORIS ، نیز مشاهده گردیده است [۲۲،۲۱،۲۰،۱۹،۱۷].

همانطور که می‌دانیم، موقعیت‌های روزانه‌ی ایستگاه‌های دائمی GPS در جلسه‌های مشاهداتی[2] ۲۴ ساعته تعیین می‌شوند. از طرفی در بیشتر نرم افزارهای علمی پردازش مشاهدات GPS مانند GAMIT، از مدل‌های مختلفی جهت حذف یا کاهش تاثیرات مولفه‌های مختلف جزرومد از جمله، مولفه‌های روزانه و نیم روزانه‌ی جزرومد زمین و اقیانوس‌ها استفاده می‌شود. اما کامل نبودن مدل‌های مورد استفاده، باعث تغییرات تناوبی سری‌های زمانی موقعیت‌های روزانه می‌شود. استوارت و همکاران و همچنین پنا و همکاران با استفاده از روابط ریاضی و شبیه سازی و مقایسه با مشاهدات واقعی، نشان دادند، که عدم محاسبه دقیق مولفه‌های روزانه و نیم‌روزانه باعث نفوذ در دوره تناوب بالاتر از جمله تغییرات ۱۳/۶ روز و تغییرات سالیانه و نیم‌سالانه می‌شوند [۲۵،۲۴،۲۳].

وندونسکی و همکاران [۴] با استفاده از روشی به نام فیلترینگ مکانی[3] دامنه‌های نویز سری‌های زمانی موقعیت‌های روزانه‌ی GPS را کاهش دادند. با فرض یکنواخت بودن خطاهایی مانند خطای مدل کردن مدار ماهواره‌ها و تعیین پارامترهای دورانی زمین در کل شبکه، در این روش میانگین باقیمانده‌های سری‌های

[1] . GPS draconitic year
[2] . Session
[3] . Spatial Filtering

زمانی پس از حذف ترند که اصطلاحاً خطای مشترک[1] نامیده می‌شوند، را برای هر روز محاسبه نموده و از مشاهدات خام موقعیت‌ها حذف می‌کنند، این روش باعث افزایش نسبت سیگنال به نویز سری‌های زمانی موقعیت‌های روزانه‌ی GPS می‌شود [۲۸،۴].

۱-۲ اهداف تحقیق

کشور ایران در منطقه ای از کره زمین قرار گرفته، که از دیدگاه زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی بسیار ناآرام و پرتکاپو بوده و زمین لرزه‌های بسیاری در این سرزمین به وقوع پیوسته و زیان‌های مالی و جانی را موجب شده‌اند. علی‌رغم واقع شدن ایران در کمربند لرزه‌خیز آلپ-هیمالیا و وقوع زلزله‌های ویرانگر، تاچندی قبل مطالعات ژئودینامیک و بررسی حرکات پوسته‌ای در مناطق گسلی فعال با استفاده از مشاهدات ژئودزی و در راس آنها مشاهدات GPS به شکل امروزی مطرح نبود. فعالیت‌های جدی در این زمینه از ۱۰ سال قبل در سازمان نقشه کشور شروع شده و از سال 2005 نیز یک شبکه دائمی با عنوان شبکه ژئودینامیک سراسری شروع شده است. این طرح عظیم و بسیار با ارزش می‌تواند گامی مهم در شناخت بهتر تغییر شکل تکتونیک و کاهش بلایای طبیعی در کشور و نیز ارتقاء سطح علمی آن تلقی شود. با آنالیز نویز سری‌های زمانی موقعیت‌های روزانه‌ی GPS ایستگاه‌های شبکه‌ی دائمی ایران برآوردی از سرعت ایستگاه‌ها و همچنین دقت‌های آن خواهیم داشت، که می‌تواند به عنوان منبعی جهت بررسی تغییر شکل پوسته‌ی زمین و حرکت گسل‌ها منطقه‌ی ایران استفاده شود. با توجه به کوتاه بودن سری‌های زمانی شبکه‌ی دائمی ایران و در اختیار داشتن تعداد محدودی از مشاهدات ایستگاه‌ها، جهت اررزیابی بهتر نتایج مشاهدات ایستگاه‌های شبکه‌ی BARGEN[2] آمریکا نیز استفاده شده است.

۱-۳ مروری بر رئوس مطالب

در فصل دوم، ابتدا در مورد معیارهای بهترین برآورد کننده‌ها صحبت کرده و در ادامه به طور خلاصه مروری بر روش‌های برآورد کمترین مربعات، بهترین برآورد کننده‌ی خطی نااریب و روش ماکزیمم درست نمایی خواهیم داشت. در انتهای این فصل نیز مروری بر آزمون‌های آماری خواهیم داشت.

در فصل سوم، در مورد مفهوم برآورد مولفه‌های واریانس-کوواریانس صحبت می‌کنیم. در این فصل ابتدا برآورد مولفه‌های واریانس به روش کمترین مربعات بحث خواهیم کرد. روش کمترین مربعات نسبت به روش ماکزیمم درست نمایی دارای ویژگی‌هایی از جمله: ساده و قابل فهم بودن، عدم نیاز به مشتق‌گیری، محاسبه‌ی آسان مولفه‌های کوواریانس و سرعت بالا جهت همگرا شدن می‌باشد. در ادامه در مورد برآورد مولفه‌های واریانس به روش ماکزیمم درست نمایی بحث خواهیم کرد. اگرچه روش کمترین مربعات مزایای بیشتری نسبت به روش ماکزیمم درست نمایی دارد، اما با توجه به اینکه بیشتر آنالیزهای نویز سری‌های

[1] . Common-Mode-Error(CME)
[2]. Basin And Range Geodetic Network