دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه برداری (ژئودزی و ژئوماتیک)

پایان‌نامه کارشناسی ارشد
گرایش فتوگرامتری

عنوان:

طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم نیمه اتوماتیک جهت مانیتورینگ سازه‌های بزرگ با استفاده از فتوگرامتری بردکوتاه

اساتید راهنما:
دکتر مسعود ورشوساز
دکتر محمدجوادولدان‌زوج

نگارش:
حسن تسلیمی

بهمن ۱۳۹۰

به نام هستی بخش وجود

آنکه فکرت آموخت

تقدیم به

انگیزه تلاش، رشد، بودن و خواستن من

همسر فداکار و گرانقدرم

بسمه تعالی

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**تأییدیه هیأت داوران**	شماره: تاریخ:

هیأت داوران پس از مطالعه پایان‌نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان‌نامه تهیه شده تحت عنوان :

" طراحی و پیاده سازی یک سیستم نیمه اتوماتیک جهت مانیتورینگ سازه های بزرگ با استفاده از روش فتوگرامتری برد کوتاه "

توسط آقای **حسن تسلیمی** صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته گرایش **فتوگرامتری** در تاریخ **۹۰/۱۱/۲۳** مورد تأیید قرار می‌دهند.

۱- استاد راهنمای اول	جناب آقای دکتر مسعود ورشوساز	امضاء
۲- استاد راهنمای دوم	جناب آقای دکتر محمدجواد ولدان زوج	امضاء
۳- استاد مشاور	-	امضاء
۴- ممتحن داخلی	جناب آقای دکتر مهدی مختارزاده	امضاء
۵- ممتحن خارجی	جناب آقای دکتر عباس مالیان	امضاء
۶- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده	جناب آقای دکتر محمدرضا ملک	امضاء

بسمه تعالی

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**اظهارنامه دانشجو**	**شماره:** **تاریخ:**

اینجانب حسین تلیمی **دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته** مهندسی نقشه‌برداری

گرایش فتوگرامتری **دانشکده** مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه با عنوان

طراحی و پیاده سازی یک سیستم نیمه اتوماتیک جهت مانیتورینگ سازه‌های بزرگ با استفاده از روش فتوگرامتری برد کوتاه

با راهنمایی استاد محترم جناب آقای / سرکار خانم دکتر مسعود درخشان / محمدجواد ولدان زوج توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت واصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تأیید می‌باشد، و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ: ۱۳۹۰/۱۱/۲۳

فرم حق طبع ونشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها باموافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد.

ضمنا متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله مراتب سپاس و قدردانی خود را از آقایان دکتر مسعود ورشوساز و دکتر محمد جواد ولدان زوج که راهنمایی این پایان نامه را بعهده داشته و در به انجام رساندن آن سهم بسزایی داشتند اعلام می‌دارم.

چکیده:

هدف اصلی این پایان نامه طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم نیمه اتوماتیک جهت مانیتورینگ سازه‌های بـزرگ با استفاده از روش فتوگرامتری بردکوتاه می‌باشد. ایده اولیه این تحقیق با توجـه بـه مشـکلات و محـدودیتهای روشهای متداول دستی مانیتورینگ، استفاده از تکنیکهای اتوماتیک جهت تعیین جابجایی و تغییر شکل سازه‌ها می‌باشد. شایان ذکر است در کشورمان علی‌رغم معضلات موجود در روش‌های مرسوم تا به حال روشی اتوماتیک یا نیمه اتوماتیک که بتواند در عمل تمهیداتی را برای کاهش یا حل این محدودیتها فراهم آورد، هنـوز بـه کـار گرفته نشده است. نتایج حاصله از مانیتورینگ به عنوان اطلاعات مبنایی در تعیـین پارامترهـای رفتارسـنجی و آنالیز سطوح بیرونی سازه‌های بنیادی نظیر سدها، نیروگاه‌ها، پل‌ها، سازه‌های بلندمرتبه کاربرد دارند.

روش پیشنهادی این تحقیق به منظور دستیابی به یک چارچوب نیمه خودکار در روش فتوگرامتری بـرد کوتـاه جهت پایش سازه‌های مختلف با استفاده از تصاویر اخذ شده در شرایط متفاوت می‌باشد. از بـارزترین معیارهـای ایجاد روش می‌توان به حفظ کیفیت و صحت، دقت و سرعت بالای روش در اجرا، هزینه بسیار پایین‌تر نسبت به روشهای متداول اشاره نمود. تست و ارزیابی روش‌های اتوماتیک پیشنهادی با مطالعه موردی برروی یـک سـازه بزرگ انجام پذیرفت. در ارزیابی، معیار مقایسه نتایج مستقل حاصل از روش کلاسـیک مـد نظـر قرارگرفـت. در اجرای روش اتوماتیک فتوگرامتری بردکوتاه مختصات حاصله از تعیین موقعیت ماهواره به عنوان نقـاط کنتـرل زمینی قرارگرفت. جهت شناسایی و تناظریابی اتوماتیک تارگتها ابتدا پس از طراحی و تولیـد نسـبت بـه نصـب تارگتهای کددار بر روی سطح سازه اقدام شد. سپس با این رویکرد که هر میزان بتوان فضای جستجو را کاهش داد، نه تنها مرحله تطابق سریعتراجرا میشود، بلکه به شرط حفظ اطلاعات مفید، احتمال وجود خطا در تطـابق نیز کاهش خواهد یافت، از میان الگوریتمهای مختلف تناظریابی، تلفیقی از روشهای عارضه مبنـا و ناحیـه مبنـا دراین تحقیق انتخاب شده است. سپس با انجام کدنویسی عملیات شناسایی و استخراج مختصات عکسی مراکز تارگتها به روش اتوماتیک و بدون دخالت و نظارت عامل انسانی انجام شد.

ارزیابی نتایج تعیین جابجایی دستی و اتوماتیک نشان می‌دهد دقت در هر مرحلـه ۰/۴۲ میلیمتـر و صـحت در مرحله اول ۴/۸۶ میلیمتر و مرحله دوم ۴/۳۲ میلیمتر برای ۳۴ تارگت کددار مورد اندازه‌گیری بهبود یافته است. مجموعه تحقیق پیش رو با انجام ارزیابی بین نتایج حاصـل از روش اتوماتیـک فتـوگرامتری بـرد کوتـاه و روش مستقل کلاسیک قابلیت روش پیشنهادی را به عنوان یک تکنیک سریع، قابل انعطاف، دقیق برای اسـتفاده در پایش سازه‌های بزرگ را به اثبات می‌رساند.

کلمات کلیدی: مانیتورینگ، فتوگرامتری برد کوتاه، تارگتهای کددار، اندازه‌گیری دقیق، سازه‌های بزرگ

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

۱-۱: کلیاتی در خصوص مانیتورینگ سازه‌ها ۲

۱-۲: ضرورت اتوماسیون در تعیین‌جابجایی و تغییرشکل ۳

۱-۲-۱: روشهای پایش سازه‌های بزرگ ۴

۱-۳: شناخت مراحل دارای الویت در اتوماتیک‌سازی پایش سازه‌ها ۶

۱-۴: چالشهای موجود در زمینه طراحی و پیاده‌سازی نیمه اتوماتیک پایش سازه‌ها ۷

۱-۵: مرور و تحلیلی بر اتوماسیون فتوگرامتری‌بردکوتاه در پایش سازه‌ها ۸

۱-۶: بررسی شرایط و محدودیت‌های فیزیکی انجام اتوماسیون پایش سازه‌ها ۱۰

۱-۷: ساختار پایان‌نامه ۱۱

فصل دوم: طراحی سیستم نیمه اتوماتیک مانیتورینگ سازه‌ها با استفاده از فتوگرامتری برد کوتاه

۲-۱: مقدمه ۱۲

۲-۲: آشنایی با مبانی تئوری چالشها ۱۲

۲-۲-۱: تارگت گذاری ۱۴

۲-۲-۲: تعیین مختصات نقاط کنترل زمینی ۱۴

۲-۲-۳: طراحی شبکه ۱۶

۲-۲-۴: اخذ و انتقال تصاویر ۱۷

۲-۲-۵: شناسایی، تناظریابی و استخراج مختصات عکسی مراکز تارگتها ۱۸

۲-۳: مبانی تعیین مختصات نقاط کنترل زمینی و نحوه کنترل ثبات مختصات ۱۸

۲-۳-۱: شبکه ژئودتیک ۲۰

۲-۳-۲ : مبانی طراحی شبکه‌های ژئودتیک ۲۱

۲-۴: مبانی طراحی شناسایی اتوماتیک تارگتها و تناظریابی ۲۳

۲-۴-۱: روشهای شناسایی عوارض و استخراج آنها از تصویر ۲۳

۲-۴-۲ :تارگتهای کد دار و روشهای بارکد ۲۷

۲-۵: مبانی تناظریابی و روشهای آن ۳۰

۲-۵-۱: روشهای تناظریابی بر مبنای عارضه ۳۲

۲-۵-۱-۱ : الگوریتم RANSAC ۳۳

۲-۵-۱-۲ : الگوریتم SIFT ۳۳

۲-۵-۲: روشهای تناظریابی بر مبنای ناحیه ۳۵
۲- ۵-۲-۱: روش بیشترین میزان وابستگی ۳۶
۲- ۵-۲-۲: روش کمترین مربعات ۳۶
۲-۶: طراحی روش‌های اتوماتیک پیشنهادی جهت پایش سازه‌ها ۳۷
۲-۶-۱: طراحی روش پیشنهادی اتوماتیک جهت تعیین مختصات نقاط کنترل در بازه‌های زمانی متوالی ۳۷
۲-۶-۲ : طراحی اتوماتیک شناسایی، تناظریابی و استخراج مختصات عکسی مراکز تارگتهای کددار ۴۲

فصل سوم: پیاده سازی سیستم نیمه اتوماتیک مانیتورینگ سازه‌ها با استفاده از فتوگرامتری برد کوتاه

۳-۱: مقدمه ۴۴
۳-۲: سازه مورد مطالعه ۴۴
۳-۳: ترتیب اجرای مراحل پیاده‌سازی نیمه اتوماتیک ۴۵
۳-۴: تعیین دقت حساسیت شبکه و آشکارسازی جابجایی در پیاده‌سازی ۴۶
۳-۵: پیاده‌سازی و ایجاد شبکه کنترل خارج از محدوده جابجایی سازه و نقاط کنترل زمینی و تعیین موقعیت اتوماتیک ماهواره‌ای آنها درمراحل مشاهدات ۴۶
۳-۵-۱: تحلیل اولیه و طراحی شبکه خارج محدوده جابجایی و روی سطح سازه ۴۶
۳-۵-۲: مشاهدات و محاسبات تعیین موقعیت ماهواره‌ای مرحله اول و دوم ۵۰
۳-۵-۲-۱: مشاهدات تعیین موقعیت ماهواره‌ای مرحله اول و دوم ۵۱
۳-۵-۲-۲: محاسبات تعیین موقعیت ماهواره‌ای مرحله اول و دوم ۵۴
۳-۵-۲-۳: تعیین جابجایی اتوماتیک نقاط کنترل زمینی ۵۸
۳-۶: طراحی شبکه تصویربرداری ۶۴
۳-۶-۱: انتخاب سنجنده تصویربرداری مناسب ۶۴
۳-۶-۲: تعیین حداقل قطر تارگت‌ها ۶۵
۳-۷: طراحی و تولید تارگت به همراه ایجاد بافت با توزیع مناسب بر روی سطح سازه ۶۶
۳-۷-۱: طراحی و تولید تارگت کددار ۶۷
۳-۷-۲: نصب تارگتها وایجاد بافت با توزیع مناسب برروی سطح‌سازه و میدان آزمون ۶۸
۳-۸: تصویربرداری ۷۱
۳-۹: محاسبات و تعیین اتوماتیک مختصات تارگتهای روی سازه به همراه سرشکنی ۷۳
۳-۹-۱: محاسبه پارامترهای کالیبراسیون دو مرحله تصویربرداری ۷۳
۳-۹-۲: شناسایی، تناظریابی و استخراج اتوماتیک مختصات عکسی مراکز تارگتهای کددار روی سازه (دو مرحله تصویربرداری) ۷۵
۳-۹-۲-۱: پیاده‌سازی شناسایی و تناظریابی اتوماتیک تصاویر ۷۵

۳-۹-۲-۲: استخراج اتوماتیک مختصات عکسی مراکز تارگتهای کددار ۷۸
۳-۱۰: تعیین جابجایی و تغییرشکل تارگتهای روی سازه ۸۲
۳-۱۱: تعیین مختصات مراکز تارگتها در روی سازه به روش کلاسیک زمینی ۸۷
۳-۱۱-۱: پیش پردازش و ایجاد شبکه کنترل خارج از محدوده جابجایی ۸۸
۳-۱۱-۲: مشاهدات زمینی به روش کلاسیک مراحل اول و دوم ۸۹
۳-۱۱-۳: مقایسه مختصات تارگتهای روی سازه حاصل از دو روش ۹۰

فصل چهارم: تست و ارزیابی پیاده‌سازی نیمه اتوماتیک مانیتورینگ سازه‌ها با استفاده از فتوگرامتری برد کوتاه

۴-۱: مقدمه ۹۱
۴-۲: بررسی اثر تعداد نقاط کنترل زمینی بر دقت و صحت تعیین جابجایی ۹۲
۴-۲-۱: اثر تعداد نقاط کنترل زمینی روی سازه بر دقت تعیین جابجایی ۹۲
۴-۲-۲: اثر تعداد نقاط کنترل زمینی روی سازه بر صحت تعیین جابجایی ۹۳
۴-۳: ارزیابی دقت و صحت نتایج روش پیشنهادی استخراج اتوماتیک مختصات ۹۴
۴-۳-۱: قابلیت روش پیشنهادی در استخراج اتوماتیک مختصات در تصاویر مختلف ۹۵
۴-۳-۲: بررسی نتایج روش پیشنهادی درمقایسه با نتایج نرم افزار Australis ۹۳
۴-۳-۲-۱: بررسی اثر روش پیشنهادی اتوماتیک در دقت تعیین جابجایی ۹۷
۴-۳-۲-۲: بررسی اثر روش پیشنهادی اتوماتیک در صحت تعیین جابجایی ۹۸
۴-۴: بررسی اثر جابجایی گیرنده *GPS* و تارگت روی نقاط کنترل زمینی ۹۹
۴-۵: بررسی دقت سرشکنی در تصویربرداری با یک فاصله کانونی ودو فاصله کانونی ۱۰۱
۴-۶: ارزیابی دقت روش پیشنهادی اتوماتیک فتوگرامتری پایش سازه بدون احتساب خطای نقاط کنترل زمینی ۱۰۴
۴-۷: ارزیابی زمانی و هزینه تحقیق اتوماتیک انجام شده نسبت به سایر روشها ۱۰۶
۴-۸: جمع بندی تست‌های انجام شده ۱۰۸
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و ارزیابی ۱۱۰
پیوست: پارامترهای محاسباتی .....
مراجع .....

فهرست جداول

جدول ۱-۱: مقایسه نسبی روشهای تعیین جابجایی و تغییرشکل ۵
جدول ۳-۱: مختصات تقریبی پیلارهای شبکه خارج از محدوده جابجایی سازه ۴۷
جدول ۳-۲: مقادیر بیضی خطای نقاط شبکه خارج در مرحله تحلیل اولیه در سطح اطمینان ۹۵٪ ۴۸
جدول ۳-۳: شاخص قابلیت اطمینان شبکه مسطحاتی خارج از محدوده جابجایی سازه ۴۹
جدول ۳-۴: حداکثر خطای غیر قابل کشف مشاهدات شبکه خارج از محدوده جابجایی سازه در تحلیل اولیه ۴۹
جدول ۳-۵: حداکثر اثر خطا ی مشاهدات شبکه خارج از محدوده جابجایی سازه ۵۰
جدول ۳-۶: لیست مختصات نقاط شبکه خارج از محدوده جابجایی سازه همراه ابعاد بیضی خطا در سطح اطمینان۹۵٪ مرحله اول مشاهدات ۵۴
جدول ۳-۷: لیست مختصات نقاط کنترل روی سازه بهمراه ابعاد بیضی خطا در سطح اطمینان ۹۵٪ سرشکن شده مرحله اول مشاهدات ۵۵
جدول ۳-۸: لیست مختصات نقاط شبکه خارج از محدوده جابجایی سازه همراه ابعاد بیضی خطا در سطح اطمینان۹۵٪ مرحله دوم مشاهدات ۵۶
جدول ۳-۹: لیست مختصات نقاط کنترل روی سازه بهمراه ابعاد بیضی خطا در سطح اطمینان ۹۵٪ سرشکن شده مرحله دوم مشاهدات ۵۷
جدول ۳-۱۰: ماتریس وریانس _کوواریانس جابجایی مربوط به نقطه T1 ..... ۵۸
جدول ۳-۱۱: ماتریس وریانس _کوواریانس جابجایی مربوط به نقاط شبکه کنترل خارج از محدوده جابجایی سازه... ۵۹
جدول ۳-۱۲: ابعاد بیضی خطای جابجایی نقاط شبکه کنترل خارج از محدوده جابجایی سازه در سطح اطمینان ۹۹٪ .. ۶۰
جدول ۳-۱۳: لیست مختصات نقاط شبکه کنترل خارج از محدوده جابجایی سازه سرشکن شده از اطلاعات GPS مرحله اول و دوم مشاهدات به همراه مقادیر جابجایی آنها ۶۰
جدول ۳-۱۴: تعیین جابجایی شبکه کنترل خارج از محدوده جابجایی سازه بهمراه ابعاد بیضی خطای جابجایی آنها در سطح اطمینان ۹۹٪ ۶۱
جدول ۳-۱۵: لیست مختصات نقاط شبکه کنترل خارج از محدوده جابجایی سازه بهمراه ابعاد بیضی خطای جابجایی در سطح اطمینان ۹۵٪ با ثابت در نظر گرفتن نقاط T2 در مرحله اول ۶۱
جدول ۳-۱۶: لیست مختصات نقاط کنترل روی سازه بهمراه ابعاد بیضی خطا در سطح اطمینان ۹۵٪ سرشکن شده با ثابت در نظر گرفتن نقاط شبکه خارج از محدوده جابجایی در مرحله اول ۶۱
جدول ۳-۱۷: لیست مختصات نقاط شبکه کنترل خارج از محدوده جابجایی سازه بهمراه ابعاد بیضی خطای جابجایی در سطح اطمینان ۹۵٪ با ثابت در نظر گرفتن نقاط T2 در مرحله دوم ۶۲
جدول ۳-۱۸: لیست مختصات نقاط کنترل روی سازه بهمراه ابعاد بیضی خطا در سطح اطمینان ۹۵٪ سرشکن شده با ثابت در نظر گرفتن نقاط شبکه خارج از محدوده جابجایی در مرحله دوم ۶۲
جدول ۳-۱۹: بردارهای‌جابجایی و جهت جابجایی نقاط کنترل زمینی ۶۲

جدول ۳-۲۰: ابعاد بیضی خطای جابجایی مختصات نقاط کنترل روی سازه در سطح اطمینان ۹۹٪..... ۶۳
جدول ۳-۲۱: مشخصات فنی دوربین Canon EOS 550D..... ۶۵
جدول ۳-۲۲: مقادیر پیش کالیبراسیون با فاصله کانونی ۳۵ میلیمتر ۷۴
جدول ۳-۲۳: مقادیر پیش کالیبراسیون با فاصله کانونی ۵۵ میلیمتر ۷۴
جدول ۳-۲۴: ابعاد بیضی جابجایی خطا ی تارگتهای روی سازه در سطح اطمینان ۹۹٪..... ۸۴
جدول ۳-۲۵: اختلاف مختصات تارگتهای روی سازه حاصل از اتوماسیون مرحله اول و دوم مشاهدات به همراه بردار جابجایی آنها ۸۵
جدول ۳-۲۶: مشاهدات و قرائتهای طول وزاویه به همراه محاسبات روش کلاسیک شبکه خارج از محدوده جابجایی سازه ۸۸
جدول ۳-۲۷: اختلاف مختصات روش کلاسیک و تعیین موقعیت ماهواره شبکه خارج از محدوده جابجایی سازه ۸۹
جدول ۴-۱: بررسی اثر تعداد نقاط کنترل زمینی بر دقت تعیین جابجایی مرحله اول مشاهدات ۹۳
جدول ۴-۲: بررسی اثر تعداد نقاط کنترل زمینی بر دقت تعیین جابجایی مرحله دوم مشاهدات ۹۳
جدول ۴-۳: بررسی اثر تعداد نقاط کنترل زمینی بر صحت تعیین جابجایی مرحله اول مشاهدات..... ۹۴
جدول ۴-۴: بررسی اثر تعداد نقاط کنترل زمینی بر صحت تعیین جابجایی مرحله دوم مشاهدات ۹۴
جدول ۴-۵: بررسی کارآیی کدنویسی استخراج اتوماتیک مراکز تارگتهای کددار ۹۵
جدول ۴-۶: بررسی اثر روش اتوماتیک تعیین مختصات عکسی بر دقت اندازه گیری مختصات مرحله اول مشاهدات... ۹۷
جدول ۴-۷: بررسی اثر روش اتوماتیک تعیین مختصات عکسی بر دقت اندازه گیری مختصات مرحله دوم مشاهدات... ۹۷
جدول ۴-۸: بررسی اثرروش اتوماتیک تعیین مختصات عکسی بر صحت اندازه گیری مختصات مرحلهاول مشاهدات... ۹۸
جدول ۴-۹: بررسی اثرروش اتوماتیک تعیین مختصات عکسی بر صحت اندازه گیری مختصات مرحلهدوم مشاهدات .. ۹۸
جدول ۴-۱۰: بررسی اثر سانتراژ مجدد بر دقت نتایج سرشکنی ۹۹
جدول ۴-۱۱: بررسی اثر سانتراژ مجدد بر مختصات حاصله..... ۱۰۰
جدول ۴-۱۲: بررسی مقایسهایی طولهای زمینی و طولهای حاصل از مختصات استخراجی ۱۰۰
جدول ۴-۱۳: بررسی اثر فواصل کانونی مختلف در دقتها و ادغام آنها ۱۰۳
جدول ۴-۱۴: دقت تعیین نقاط کنترل زمینی در تعیین موقعیت ماهواره مرحله اول مشاهدات ۱۰۴
جدول ۴-۱۵: دقت تعیین نقاط کنترل زمینی در تعیین موقعیت ماهواره مرحله دوم مشاهدات ۱۰۴
جدول ۴-۱۶: دقت تعیین نقاط کنترل زمینی در تعیین موقعیت ماهواره مرحله اول مشاهدات ۱۰۴
جدول ۴-۱۷: دقت تعیین نقاط کنترل زمینی در تعیین موقعیت ماهواره مرحله دوم مشاهدات ۱۰۴
جدول ۴-۱۸: برآورد زمانی روش پیشنهادی اتوماتیک پایش سازه در مقایسه با روش دستی و روش کلاسیک در مرحله اول مشاهدات ۱۰۶
جدول ۴-۱۹: برآورد زمانی روش پیشنهادی اتوماتیک پایش سازه در مقایسه با روش دستی و روش کلاسیک در مرحله دوم مشاهدات ۱۰۶

جدول ۴-۲۰: برآورد هزینه روش پیشنهادی اتوماتیک پایش سازه در مقایسه با روش دستی و روش کلاسیک در مرحله اول مشاهدات ۱۰۷
جدول ۴-۲۱: برآورد هزینه روش پیشنهادی اتوماتیک پایش سازه در مقایسه با روش دستی و روش کلاسیک در مرحله دوم مشاهدات ۱۰۷
جدول ۴-۲۲: مقایسه زمان و هزینه روش پیشنهادی اتوماتیک پایش سازه در مقایسه با روش دستی و روش کلاسیک در دو مرحله مشاهدات ۱۰۷

فهرست تصاویر

شکل ۱-۱: نمودار یک پروژه رفتار سنجی ۳
شکل ۱-۲: روشهای متداول جهت تعیین جابجایی و تغییرشکل ۴
شکل ۱-۳: گردش کار کلی یک پروژه فتوگرامتری برد کوتاه ۶
شکل ۲-۱: ارکان اصلی طراحی و پیاده سازی پایش سازه ها ۱۳
شکل ۲-۲: نمونه تارگتهای کددار طراحی و تولید شده جهت نصب روی سازه مورد مطالعه ۱۴
شکل ۲-۳: بردار جابجایی سازه Atrium مرحله ۱و۲ ..... ۱۹
شکل ۲-۴: بردار جابجایی سازه Atrium مرحله ۴و۵ ..... ۱۹
شکل ۲-۵: استخراج عوارض نقطه ای با استفاده از اپراتور فورستنر ۲۵
شکل ۲-۶: استخراج عوارض خطی با استفاده از تبدیل هاف ۲۵
شکل ۲-۷: نمونه ای از تارگتهای معمولی و کددار مورد استفاده در مطالعه موردی ۲۶
شکل ۲-۸: نمایی از یک تارگت کددار مورد استفاده در مطالعه موردی ۲۷
شکل ۲-۹: نمایی از یک تارگت بارکددار ۲۸
شکل ۲-۱۰: یک روش بارکد نمودن تارگت ۲۸
شکل ۲-۱۱: نمونه تارگت مکانی قطبی ۲۸
شکل ۲-۱۲: نمونه تارگت مکانی متعامد ۲۸
شکل ۲-۱۳: نمونه تارگت رنگی قطبی ۲۹
شکل ۲-۱۴: نمونه تارگت رنگی متعامد ۲۹
شکل ۲-۱۵: نمونه تارگت با کدبندی نوشتاری ۲۹
شکل ۲-۱۶: نمونه دو تصویر دارای تغییر مقیاس ۳۴
شکل ۲-۱۷: نمونه دو تصویر دارای دوران ۳۴
شکل ۲-۱۸: نمونه دو تصویر دارای تغییر در روشنایی ۳۴
شکل ۲-۱۹: نمونه دو تصویر دارای پیچش ۲۹
شکل ۲-۲۰: فلوچارت کلی عملیات و جایگاه تعیین مختصات شبکه خارج از محدوده جابجایی ۳۸
شکل ۲-۲۱: طراحی اتوماتیک تعیین مختصات شبکه خارج از محدوده جابجایی و ثبات شبکه ۳۹
شکل ۲-۲۲: طراحی اتوماتیک شناسایی، تناظریابی و تعیین مختصات مختصات عکسی مراکز تارگتهای کددار ۴۲
شکل ۳-۱: نمایی از دیواره سازه مورد پایش ۴۵
شکل ۳-۲: بیضی خطای مطلق نقاط شبکه کنترل خارج از محدوده جابجایی سازه در تحلیل اولیه ۴۸
شکل ۳-۳: نمای انتقال مختصات نقاط سراسری به شبکه کنترل خارج از محدوده جابجایی سازه در پیاده‌سازی ۵۱
شکل ۳-۴: نمای شبکه کنترل خارج از محدوده جابجایی سازه در پیاده‌سازی ۵۲

شکل ۳-۵: نمایی از شبکه خارج از محدوده جابجایی سازه و نقاط کنترل زمینی روی سازه ۵۲
شکل ۳-۶: نمایی از نقاط کنترل زمینی روی سازه ۵۳
شکل ۳-۷: بیضی خطای نقاط شبکه کنترل خارج از محدوده جابجایی سازه در مرحله اول مشاهدات..... ۵۴
شکل ۳-۸: بیضی خطای نقاط کنترل زمینی روی سازه در مرحله اول مشاهدات..... ۵۵
شکل ۳-۹: بیضی خطای شبکه کنترل خارج سازه در مرحله دوم مشاهدات ۵۶
شکل ۳-۱۰: بیضی خطای نقاط کنترل زمینی روی سازه در مرحله دوم مشاهدات ۵۷
شکل ۳-۱۱: بیضی خطای جابجایی نقاط شبکه کنترل خارج از محدوده جابجایی سازه و بردارهای جابجایی ۶۰
شکل ۳-۱۲: بیضی خطای جابجایی نقاط کنترل زمینی روی سازه و بردارهای جابجایی ۶۳
شکل ۳-۱۳: نمایی از دوربین مورد استفاده در پروژه از جهات مختلف..... ۶۴
شکل ۳-۱۴: نمایی از طرح اولیه تارگت جهت کدبندی ۶۷
شکل ۳-۱۵: نمایی از تارگت کددار تولید شده جهت پروژه ۶۸
شکل ۳-۱۶-الف: نمایی از سطح دیواره سازه پس از نصب تارگتهای کددار..... ۶۹
شکل ۳-۱۶-ب: نمایی از سطح دیواره سازه پس از نصب تارگتهای کددار ۶۹
شکل ۳-۱۶-ج: نمایی از سطح دیواره سازه پس از نصب تارگتهای کددار..... ۷۰
شکل ۳-۱۷: نمایی از میدان آزمون جهت انجام پیش کالیبراسیون ۷۰
شکل ۳-۱۸: نمایی سه بعدی از میدان آزمون و ایستگاههای تصویربرداری آن ۷۲
شکل ۳-۱۹: تصویر مبنا ۷۵
شکل ۳-۲۰: تصویر هدف ۷۶
شکل ۳-۲۱: مرتبط سازی دو تصویر توسط الگوریتم SIFT با معیار شباهت NCC ۷۷
شکل ۳-۲۲: تصویر حاصل از مرتبط سازی دو تصویر اولیه ۷۷
شکل ۳-۲۳: تارگت کددار مورد نظر جهت استخراج مرکز آن ۷۸
شکل ۳-۲۴: محدوده جستجو تارگت کددار مورد نظر در تصویر هدف ۷۸
شکل ۳-۲۵: تارگت کددار مورد نظر جهت استخراج مرکز آن ۷۹
شکل ۳-۲۶: استخراج مرکز تارگت کددار در فضای دایره‌ای تبدیل هاف ۷۹
شکل ۳-۲۷: ماتریس تجمعی تارگت کددار به روش تبدیل هاف ۸۰
شکل ۳-۲۸: هیستوگرام استخراج مرکز تارگت کددار به روش تبدیل هاف ۸۰
شکل ۳-۲۹: استخراج مرکز تارگت کددار به روش تبدیل هاف ۸۱
شکل ۳-۳۰-الف: تارگتهای نصب شده روی نقاط کنترل زمینی..... ۸۲
شکل ۳-۳۰-ب: تارگتهای نصب شده روی نقاط کنترل زمینی ۸۲
شکل ۳-۳۱: بیضی خطای جابجایی تارگتها به همراه بردار جابجایی آنها ۸۶
شکل ۳-۳۲: بیضی خطای جابجایی تارگتها به همراه بردار جابجایی آنها ۸۶

شکل ۳-۳۳: نمای توتال استیشن لیزری Nikon Nivo2 ..... ۸۷
شکل ۳-۳۴: نمای شبکه کنترل خارج از محدوده جابجایی سازه ۸۸
شکل ۳-۳۵: بیضی خطای جابجایی تارگتها به همراه بردار جابجایی آنها ۸۶
شکل۴-۱: نمای نقاط کنترل زمینی روی سازه ۹۲
شکل ۴-۲: نمایش ۲ الگوی مختلف از یک تارگت کددار ۹۶
شکل ۴-۳: نمایش تناظریابی اتوماتیک در تصاویر با شرایط نوری مختلف ۹۶
شکل ۴-۴: تصویربرداری با فاصله کانونی ۲۸ میلیمتری ۱۰۱
شکل ۴-۵: تصویربرداری با فاصله کانونی ۳۵ میلیمتری ۱۰۲
شکل ۴-۶: تصویربرداری با فاصله کانونی ۴۰ میلیمتری ۱۰۲
شکل ۴-۷: تصویربرداری با فاصله کانونی ۵۵ میلیمتری ۱۰۳

فصل اول

مقدمه

مقدمه:

اهمیت و تاثیر سازه‌های کلیدی مانند سدها، نیروگاهها، پلها در حیات بشری امری انکارناپذیر است. این نوع سازه‌ها بخش بزرگی از سرمایه‌گذاریهای مرتبط با تسهیلات زیربنایی اساسی را در بیشتر کشورها به خود اختصاص می‌دهند. به دلیل بالا بودن هزینه ساخت و نیز شدت وخامت عواقب ناشی از ناپایداری آنها، مسئله حفاظت، نگهداری و ارزیابی مستمر پایداری هریک از سازه‌ها دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. با این وصف بررسی و کنترل دوره‌ای به همراه تضمین وضعیت پایداری در کلیه مراحل طراحی، اجرا و بهره‌برداری سازه‌ها امری ضروری می‌باشد. اندازه‌گیری مختصات در روی سطوح بیرونی و اطلاعات کیفی در این زمینه نقش عمده‌ای را ایفا می‌نماید. وجود این اطلاعات به منظور پایش سازه در مواقع لزوم جهت بررسی میزان تاثیر عوامل تخریبی در رفتارسنجی سازه‌ها حایز اهمیت فراوان می‌باشد. با توجه به تعداد زیاد سازه‌های مختلف نیازمند به بررسی‌های دوره‌ای، به کارگیری روشهای اتوماتیک نوین و کارا در این زمینه از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از روشهای پایش سازه که با توجه به تحقیقات انجام شده قبلی از پتانسیل بسیار بالایی برخوردار می‌باشد، فتوگرامتری برد کوتاه است. لیکن در دنیا پژوهش در زمینه اتوماسیون تعیین جابجایی و تغییرشکل سازه‌ها با استفاده از فتوگرامتری برد کوتاه، متأسفانه قابل قیاس با سایر موضوعات تحقیقی انجام شده در جهان نیست. در صورت وجود مواردی خاص نیز، به دلیل فقدان یک پژوهش سیستماتیک، برنامه‌ریزی شده و پیوسته، نتوانسته است اهداف مشخصی را دنبال نماید تا نتایج در هر مرحله از کار برای اطلاع پژوهشگران علاقه‌مند ارایه وهمکاری آنان جهت هر چه به روزآوری این روش جلب شود. در آخرین تحقیق انجام شده در این خصوص ارزیابی امکان کاربرد و دقتهای روش فتوگرامتری برد کوتاه در زمینه تعیین مختصات سدها صورت پذیرفته‌است(شیرخانی،۱۳۸۵). مزایای استفاده از فتوگرامتری برد کوتاه در ارضای پارامترهای دقت،کیفیت، زمان در این تحقیق اثبات گردیده است. با توجه به پیشرفتهای اخیر در زمینه بهبود قدرت تفکیک تصاویر و ورود پردازشگرهای جدید تحقیق پیش‌رو سعی دارد تا به منظور بهینه‌سازی استفاده از روش فتوگرامتری برد کوتاه در پایش سازه‌های بزرگ روشی جدید با تکیه بر ایجاد چهارچوبی نیمه خودکار ارایه نماید.

۱-۱: کلیاتی در خصوص مانیتورینگ سازه‌ها

اهمیت نگهداری و بهره‌برداری بهینه و صحیح از سازه‌های بنیادی نظیر سدها، نیروگاه‌ها، پلها و سازه‌های بلندمرتبه بر همگان آشکار است. انجام آن به صورت اتوماتیک، برنامه‌ریزی شده و دقیق امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. اگر چه طراحی و ساخت سازه‌های عظیم کاری بسیار زمانبر، خطیر و پرهزینه است، اما مهمتر از آن کنترل و پایش منظم رفتار سازه و زمین‌های اطراف آن می‌باشد . اهمیت این موضوع ازآنجا آشکار می‌گردد که در صورت بروز هرگونه نقص و اشکالی که منجر به آسیب یا فروریختن سازه گردد، علاوه بر از بین رفتن سرمایه هنگفت و تلاش بسیار، ممکن است جان و مال انسان‌های زیادی در معرض نابودی قرار گرفته، فاجعه و بحرانی عظیم ایجاد گردد. از این منظر، بحث پایش و تداوم انجام آن از اولویت‌های اصلی مراحل طراحی، اجرا و بهره‌برداری سازه‌های بنیادی می‌باشد. سیستم پایش سازه باید با توجه به مشخصات ویژه و اهمیت آن طراحی گردد . در طرح اولیه باید این حقیقت را در نظر داشت که سازه و پی آن، یک مجموعه را تشکیل می‌دهند. با این حال، پایش سازه باید بتواند رفتار هر یک از این دو بخش را به روشنی مشخص نماید. برای درک صحیح از ایمنی و صرفه اقتصادی سازه، عملکرد موثر و تطابق المانهای سازه، حفاظت محیطی و اندازه‌گیریهای صحیح در زمان وقوع حوادثی مانند زلزله و رانش زمین لازم است اطلاعات صحیح از عوامل و مکانیزم تغییرشکل و جابجایی سازه را داشته باشیم. با پایش سازه در بازه‌های زمانی مختلف و استفاده از اندازه‌گیریها به همراه تجزیه و تحلیل مناسب سازه مورد نظر می‌توان به این اطلاعات دست پیدا نمود. با در نظر داشتن تعاریف فوق انواع جابجایی و تغییرشکل سازه‌ها را می‌توان به صورت زیر طبقه‌بندی نمود :

- جابجایی و تغییر شکل سطحی
- جابجایی و تغییر شکل درونی

این در حالی است که این جابجایی‌ها و تغییرشکل‌ها خود به دسته‌بندی زیر تقسیم می شوند :

- جابجایی شعاعی (حرکت به سمت بالا دست و پایین دست سازه)
- جابجایی مماسی (حرکت به سمت چپ و راست سازه)
- جابجایی در ارتفاع

پارامترهای بسیار متنوعی می توانند در جابجایی و تغییرشکل نقش ایفا نمایند. که از مهمترین آنها می‌توان به عناوین ذیل اشاره نمود :

- تاثیرات جذر و مد : درپوسته زمین بر اثراین پدیده تا نیم مترتغییرشکل انجام می‌گیرد.
- بارگذاری پوسته‌ای : توسط عوامل طبیعی نظیر افزایش و کاهش حجم یخها، رسوب گذاری بستررودخانه‌ها و یا در اثر عوامل انسانی مانند تخلیه آب دریاچه ها و یا تزریق پسابها.
- تکتونیک صفحه‌ای : رانش صفحات تکتونیکی خیلی کند بوده و در حدود چند سانتیمتر درسال می‌باشد، لیکن براثر زلزله‌های شدیدمی تواند به جابجایی‌های تاچند متر نیز منجرگردد.
- نشست زمین : این پدیده بیشتر دراثر استخراج نفت ، گاز یا آبهای زیرزمینی رخ می دهد.