

۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی نقشه برداری (ژئودزی و ژئوماتیک)

پایان نامه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران - نقشه برداری

گرایش سنجش از دور

استخراج و بازسازی سه بعدی عارضه ساختمان با تلفیق

داده‌های اپتیکی و لیدار

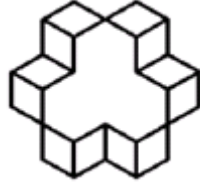
استاد راهنما

دکتر علی محمدزاده

نگارش

اصغر زارع

تابستان ۱۳۹۲



۱۳۰۷

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

پایان نامه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی عمران - نقشه برداری
گرایش سنجش از دور

استخراج و بازسازی سه بعدی عارضه ساختمان با تلفیق

داده‌های اپتیکی و لیدار

استاد راهنما

دکتر علی محمدزاده

استاد مشاور

دکتر محمدجواد ولدان زوج

نگارش

اصغر زارع

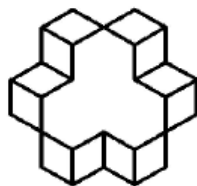
تابستان ۱۳۹۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

و به تمام آزاد مردانی که نیک می‌اندیشند و عقل و منطق را پیشه خود نموده و جز رضای الهی و پیشرفت و سعادت جامعه، هدفی ندارند.



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

تأییدیه هیات داوران

هیئت داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت

عنوان

صحت و کیفیت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

توسط آقای

مورد تأیید قرار می‌دهند.

بارتبه

گرایش

در رشته:

امضاء

آقای دکتر

۱- استاد راهنما

امضاء

آقای دکتر

۲- استاد مشاور

امضاء

آقای دکتر

۳- ممتحن خارجی

امضاء

آقای دکتر

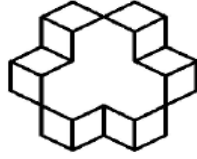
۴- ممتحن داخلی

امضاء

آقای دکتر

۵- نماینده تحصیلات تکمیلی

تاریخ



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

اظهار نامه دانشجو

موضوع پایان نامه :

استاد راهنما: دکتر علی محمدزاده

نام دانشجو: اصغر زارع

شماره دانشجویی: ۹۰۰۴۳۵۴

اینجانب اصغر زارع دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی ژئوماتیک گرایش سنجش از دور دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تأیید می‌باشد، و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ

فرم حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

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

تقدیر و تشکر

به پاس زحمات و رهنمودهای ارزشمند اساتید راهنما و مشاورم، بسی شایسته است از اساتید فرهیخته و فرزانه جناب آقای دکتر علی محمدزاده و جناب آقای دکتر محمد جواد ولدان زوج نهایت تقدیر و تشکر را نمایم که همواره راهنما و راه‌گشای نگارنده در اتمام واکمال پایان‌نامه بوده‌اند. همچنین از پدر و مادر عزیز، دلسوز و مهربانم که آرامش روحی و آسایش فکری فراهم نمودند تا با حمایت‌های همه‌جانبه در محیطی مطلوب، مراتب تحصیلی و نیز پایان‌نامه درسی را به نحو احسن به اتمام برسانم سپاسگزاری می‌نمایم.

اصغر زارع

تابستان ۱۳۹۲

چکیده

هدف از این پژوهش ارائه روشی جهت کشف ساختمان‌ها و بازسازی مدل سه بعدی آن‌ها از طریق تصویر هوایی و داده‌های لیدار می‌باشد. این پژوهش شامل سه مرحله کلی آشکارسازی ساختمان‌ها، بازسازی مرز دو بعدی ساختمان و بازسازی مدل سه بعدی ساختمان‌ها می‌باشد. جهت کشف ساختمان‌ها در ابتدا عوارض مرتفع (درختان و ساختمان‌ها) از روی داده‌های لیدار استخراج می‌شود و سپس طبقه‌بندی ماشین‌های بردار پشتیبان (SVMs) و دسته‌بندی K-Means بر مبنای ژنتیک جهت جداسازی ساختمان‌ها و درختان بکار گرفته می‌شود. ویژگی‌های مورد استفاده در طبقه‌بندی از تصویر هوایی و داده‌های لیدار استخراج شده است و داده‌های آموزشی جهت انجام طبقه‌بندی ماشین‌های بردار پشتیبان بصورت نیمه اتوماتیک انتخاب شده است. جهت پس‌پردازش نتایج طبقه‌بندی نیز از توابع مورفولوژی ریاضی استفاده شده است. بعد از جداسازی درختان، جداسازی ساختمان‌های غیرمرتفع بر اساس دسته‌بندی K-means انجام گرفته است نتایج نشان می‌دهد که روش پیشنهاد شده برای کشف ساختمان‌ها در کشف ساختمان‌هایی با ابعاد متفاوت می‌تواند موفق باشد. شاخص‌های پیکسل‌مبنا جامع‌بودن، صحیح‌بودن و کیفیت برای نتایج کشف ساختمان‌ها در روش طبقه‌بندی ماشین‌های بردار پشتیبان به ترتیب $0.86/60$ ، $0.99/10$ ، $0.85/92$ و در روش دسته‌بندی K-Means بر مبنای ژنتیک به ترتیب $0.86/22$ ، $0.99/11$ ، $0.85/55$ می‌باشند. در مرحله بازسازی مرز دو بعدی ساختمان، مرزهای دو بعدی ساختمان‌ها بعد از برداری کردن با خلاصه سازی و عمودسازی استخراج گردیده‌اند. در این تحقیق، بازسازی سه بعدی ساختمان در سطح LOD2 انجام گرفته است. در مرحله بازسازی مدل سه بعدی ساختمان‌ها جهت کشف ساختار سقف ساختمان‌ها، ابتدا پارامترهای صفحه برازش یافته به نقاط لیدار داخل هر کرنل بدست می‌آیند و با در نظر گرفتن این پارامترها بعنوان ویژگی‌های هر ساختمان، دسته‌بندی ISO-Data انجام گرفته است که در نهایت نتایج این دسته‌بندی بیانگر تعداد سطوح صفحه‌ای هر ساختمان می‌باشد. با ادغام صفحات نزدیک و موازی و برازش صفحه به هر سطح صفحه‌ای، تعداد و پارامترهای سطوح صفحه‌ای هر ساختمان مشخص گردیده است. با تقاطع این سطوح و بدست آوردن نقاط میانی هر ساختمان، مدل سه بعدی ساختمان‌ها بازسازی شده‌اند. مقدار RMS ارتفاعی صفحات تعیین شده برای ساختار سقف ساختمان‌ها 0.4 متر و مقدار خطای RMS کلی رئوس پلیگون‌های این صفحات 0.9 متر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شناسایی ساختمان، بازسازی سه بعدی ساختمان، لیدار، دسته‌بندی K-Means بر مبنای ژنتیک، ماشین‌های بردار پشتیبان، مورفولوژی ریاضی، سطوح صفحه‌ای.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول : مقدمه	۱
۱-۱ مقدمه	۱
۲-۱ اهمیت و ضرورت استخراج و بازسازی ساختمان‌ها	۳
۳-۱ اهمیت و ضرورت انجام تحقیق	۴
۴-۱ اهداف تحقیق	۴
۵-۱ روش انجام تحقیق	۵
۶-۱ ساختار پایان نامه	۵
فصل دوم : بررسی روش‌های استخراج دو بعدی ساختمان و بازسازی سه بعدی آن	۶
۱-۲ مقدمه	۶
۲-۲ بررسی الگوریتم‌های استخراج دو بعدی ساختمان	۶
۳-۲ بررسی الگوریتم‌های بازسازی سه بعدی ساختمان	۱۹
۴-۲ بررسی اجمالی تحقیقات پیشین و نتیجه‌گیری	۳۰
فصل سوم : مبانی نظری تحقیق	۳۵
۱-۳ مقدمه	۳۵
۲-۳ عملگرهای مورفولوژی	۳۵
۳-۳ الگوریتم Scan Labeling جهت فیلترینگ داده‌های لیدار	۳۹
۴-۳ الگوریتم دسته‌بندی K-Means و ISODATA	۴۰
۵-۳ الگوریتم ژنتیک در دسته‌بندی	۴۲
۱-۵-۳ الگوریتم ژنتیک	۴۲
۲-۵-۳ دسته‌بندی K-Means بر مبنای ژنتیک	۴۴
۱-۲-۵-۳ کدگذاری کروموزوم‌ها	۴۴
۲-۲-۵-۳ ارزش دهی به کروموزوم‌ها	۴۵
۳-۲-۵-۳ جهش کروموزوم‌ها	۴۶
۳-۲-۵-۳ محاسبه شایستگی کروموزوم‌ها	۴۶
۵-۲-۵-۳ تشکیل استخر جفت‌گیری و تولید نسل بعدی	۴۷
۶-۲-۵-۳ اتمام الگوریتم	۴۹
۶-۳ طبقه‌بندی بر اساس ماشین‌های بردار پشتیبان در حالت جدایی پذیر	۵۰
۷-۳ الگوریتم Ramer-Douglas-Peucker	۵۴

۵۵	۸-۳ عمودسازی گوشه‌های پلیگون ساختمان
۵۶	۱-۸-۳ تشخیص جهت غالب یا مرجع ساختمان
۵۷	۲-۸-۳ عمودسازی گوشه‌های ساختمان
۶۶	۹-۳ برازش صفحه به روش کمترین مربعات
۶۷	۱۰-۳ تقاطع سطوح صفحه‌ای
۶۸	۱۱-۳ روش ارزیابی نتایج کشف ساختمان‌ها
۶۹	۱-۱۱-۳ شاخص‌های پیکسل‌مبنا
۷۰	۲-۱۱-۳ خطای RMS
۷۱	۳-۱۱-۳ شاخص‌های عارضه‌مبنا
۷۴	۱۲-۳ روش ارزیابی نتایج بازسازی ساختار سقف ساختمان‌ها
۷۵	۱-۱۲-۳ صحت ارتفاعی سطوح صفحه‌ای کشف شده برای سقف ساختمان‌ها
۷۵	۲-۱۲-۳ شاخص‌های عارضه‌مبنا
۷۷	فصل چهارم: روش پیشنهادی و نتایج
۷۷	۱-۴ مقدمه
۷۸	۲-۴ آماده‌سازی داده‌های مورد استفاده در تحقیق
۷۸	۱-۲-۴ مجموعه داده مورد استفاده
۸۰	۲-۲-۴ آماده‌سازی داده‌ها
۸۰	۱-۲-۲-۴ پیش پردازش داده‌های نقطه‌ای لیدار
۸۱	۲-۲-۲-۴ تولید تصویر ارتوترمیم و ثبت کردن تصویر ارتوترمیم
۸۳	۳-۲-۴ داده‌های مرجع
۸۳	۳-۴ کشف ساختمان‌ها
۸۴	۱-۳-۴ کشف عوارض مرتفع
۸۵	۱-۱-۳-۴ تولید مدل رقومی زمین (DTM)
۸۷	۲-۱-۳-۴ تولید مدل رقومی سطح نرمالایز شده (nDSM)
۸۷	۳-۱-۳-۴ تولید مدل رقومی نرمالایز شده سطح عوارض مرتفع یا غیرزمینی (nDSM of Off-terrain Objects)
۸۹	۴-۱-۳-۴ ارزیابی نتایج کشف عوارض مرتفع
۹۰	۲-۳-۴ استخراج ویژگی
۹۰	۱-۲-۳-۴ ویژگی‌های استخراج شده از تصویر هوایی
۹۵	۲-۲-۳-۴ ویژگی‌های استخراج شده از داده‌های لیدار
۹۷	۳-۲-۳-۴ پس پردازش ویژگی‌های استخراج شده از داده‌های لیدار
۹۸	۳-۳-۴ جداسازی ساختمان‌ها و درختان
۹۹	۱-۳-۳-۴ دسته‌بندی k-means بر مبنای ژنتیک
۱۰۱	۲-۳-۳-۴ طبقه‌بندی کننده ماشین‌های بردار پشتیبان

۱۰۴	..... تلفیق نتایج طبقه‌بندی و پس پردازش نتایج
۱۰۶	..... جداسازی ساختمان‌های به هم چسبیده
۱۰۷	..... ارزیابی نتایج کشف ساختمان‌ها
۱۱۵	..... بازسازی دو بعدی مرز ساختمان‌ها
۱۱۶	..... خلاصه‌سازی مرزهای ساختمان
۱۱۷	..... عمودسازی مرزهای خلاصه‌سازی شده
۱۱۹	..... بازسازی مدل سه بعدی ساختمان‌ها
۱۲۱	..... تولید ویژگی برای شناسایی سطوح صفحه‌ای سقف ساختمان‌ها
۱۲۳	..... دسته‌بندی ISO-Data جهت شناسایی سطوح صفحه‌ای سقف ساختمان‌ها
۱۲۶	..... تولید پارامترهای صفحه برای سطوح صفحه‌ای هر ساختمان
۱۲۷	..... ادغام سطوح صفحه‌ای موازی و مجاور
۱۲۸	..... شناسایی سطوح صفحه‌ای مجاور و تعداد سطوح صفحه‌ای هر ساختمان
۱۲۹	..... تقاطع سطوح صفحه‌ای مجاور و تولید پارامترهای خطوط ۳ بعدی
۱۲۹	..... بازسازی مدل سه بعدی ساختمان‌ها
۱۲۹	..... بازسازی سطوح صفحه‌ای کف و دیوارهای ساختمان
۱۳۰	..... بازسازی ساختار سقف ساختمان
۱۴۰	..... ارزیابی نتایج بازسازی ساختار سقف ساختمان‌ها
۱۵۴	..... فصل پنجم : نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۱۵۴	..... ۱-۵ مقدمه
۱۵۵	..... ۲-۵ نتیجه‌گیری‌ها
۱۵۷	..... ۳-۵ پیشنهادات

فهرست جداول

- جدول ۱-۲. نقاط ضعف و قوت الگوریتم‌های تشریح شده برای استخراج دو بعدی ساختمان‌ها.
- جدول ۲-۲. نقاط ضعف و قوت الگوریتم‌های تشریح شده برای بازسازی سه بعدی ساختمان‌ها.
- جدول ۱-۴. پارامترهای توجیه داخلی تصاویر هوایی مربوط به منطقه Vaihingen
- جدول ۲-۴. پارامترهای توجیه خارجی تصاویر هوایی مربوط به منطقه Vaihingen
- جدول ۳-۴. نتایج ارزیابی عوارض مرتفع (غیرزمینی) کشف‌شده
- جدول ۴-۴. موقعیت پیکسل‌های DSM در یک کرنل 3×3
- جدول ۴-۵. نتایج ارزیابی ساختمان‌های کشف شده بر اساس شاخص‌های پیکسل‌مبنا
- جدول ۴-۶. ماتریس ابهام برای ساختمان‌های کشف شده (اندازه پیکسل‌ها : 0.25×0.25 متر)
- جدول ۴-۷. خطاهای RMS رئوس متناظر پلیگون‌ها در دو حالت
- جدول ۴-۸. خطاهای RMS مربوط به مرکز ثقل پلیگون‌ها در دو حالت
- جدول ۴-۹. نتایج ارزیابی ساختمان‌های کشف شده بر اساس تعداد عوارض FP, FN, TP در سطح عارضه
- جدول ۴-۱۰. نتیجه ارزیابی ساختمان‌های کشف شده در سطح عارضه
- جدول ۴-۱۱. مساحت عوارض FP, FN, TP برای ساختمان‌های کشف شده در سطح عارضه بر حسب متر مربع
- جدول ۴-۱۲. نتیجه ارزیابی ساختمان‌های کشف شده در سطح مابین عارضه و پیکسل
- جدول ۴-۱۳. ماتریس ابهام برای فوت پرینت سطوح صفحه‌ای بازسازی شده (اندازه پیکسل‌ها : 0.1×0.1 متر)
- جدول ۴-۱۴. نتیجه ارزیابی فوت پرینت سطوح صفحه‌ای بازسازی شده بر اساس شاخص‌های پیکسل‌مبنا
- جدول ۴-۱۵. خطاهای RMS_d رئوس متناظر پلیگون‌ها در دو حالت
- جدول ۴-۱۶. خطاهای RMS_d مربوط به مرکز ثقل پلیگون‌ها در دو حالت
- جدول ۴-۱۷. خطاهای RMS_z بین سطوح صفحه‌ای سقف ساختمان‌ها در دو مجموعه داده مرجع و بازسازی شده
- جدول ۴-۱۸. تعداد سطوح صفحه‌ای FP, FN, TP در بازسازی سقف ساختمان‌ها در سطح عارضه
- جدول ۴-۱۹. نتایج ارزیابی بازسازی ساختار سقف ساختمان‌ها در سطح عارضه
- جدول ۴-۲۰. مساحت سطوح صفحه‌ای FP, FN, TP در بازسازی سقف ساختمان‌ها در سطح عارضه بر حسب متر مربع
- جدول ۴-۲۱. نتایج ارزیابی بازسازی ساختار سقف ساختمان‌ها در سطح مابین عارضه و پیکسل

فهرست اشکال

- شکل ۱-۳ انتقال مجموعه A و انعکاس مجموعه B.
- شکل ۲-۳ گشادگی مجموعه A بوسیله المان ساختاری B با ابعاد $d/4$.
- شکل ۳-۳ فرسایش مجموعه A بوسیله المان ساختاری B با ابعاد $d/4$.
- شکل ۴-۳ گشایش مجموعه A بوسیله المان ساختاری دایره شکل B.
- شکل ۵-۳ انسداد مجموعه A بوسیله المان ساختاری دایره شکل B.
- شکل ۶-۳ کد گذاری کروموزومها بر مبنای پیکسلها.
- شکل ۷-۳ کد گذاری کروموزومها بر مبنای مرکز دستهها.
- شکل ۸-۳ حاشیه‌های دو فوق صفحه از داده‌های آموزشی دو کلاس W_1 و W_2 .
- شکل ۹-۳ نحوه خلاصه‌سازی خطوط توسط الگوریتم Ramer-Douglas-Peucker
- شکل ۱۰-۳ جهت مرجع ساختمانها.
- شکل ۱۱-۳ نحوه محاسبه ژیزمان دو لبه متوالی از ساختمان.
- شکل ۱۲-۳ حالات مختلف در صورتی که زاویه کرner نزدیک به 90° درجه باشد و لبه اول بعنوان لبه مرجع انتخاب شده باشد.
- شکل ۱۳-۳ تقاطع دو سطح صفحه‌ای.
- شکل ۱۴-۳ ضرب خارجی بردارهای نرمال دو صفحه متقاطع.
- شکل ۱۵-۳ واضح‌سازی توپولوژی بین مجموعه داده فرانس و مجموعه داده استخراج‌شده. ساختمانهای فرانس و استخراج‌شده به ترتیب دارای گوشه‌های تیز و نرم می‌باشند.
- الف) ادغام ساختمانهای استخراج‌شده.
- ب) دونیم کردن ساختمان استخراج‌شده.
- پ) دونیم کردن و ادغام ساختمانهای استخراج‌شده.
- شکل ۱-۴ فلوجارت کلی تحقیق
- شکل ۲-۴ داده‌های مورد استفاده در تحقیق
- الف) تصویر هوایی منطقه ۳
- ب) DSM منطقه ۳
- شکل ۳-۴
- الف) تصویر فاصله بازگشت اول منطقه مطالعاتی ۳
- ب) تصویر فاصله بازگشت آخر منطقه مطالعاتی ۳

ج) تصویر ارتو ترمیم یافته منطقه مطالعاتی ۳

شکل ۴-۴ فلوچارت کلی آشکارسازی ساختمان‌ها

شکل ۴-۵ DTM منطقه مطالعاتی ۳

شکل ۴-۶ nDSM منطقه مطالعاتی ۳

شکل ۴-۷ nDSM مربوط به عوارض بلندتر از ۱.۵ متر

شکل ۴-۸

الف) عوارض مرتفع کشف شده قبل از پردازش توسط عملگرهای مورفولوژی

ب) عوارض مرتفع کشف شده بعد از پردازش توسط عملگرهای مورفولوژی

ج) داده مرجع عوارض مرتفع

شکل ۴-۹ شاخص گیاهی جدید نسبت مادون قرمز به قرمز ترکیب یافته با شاخص سایه

شکل ۴-۱۰ شاخص گیاهی تفاضلی نرمالایز شده ترکیب یافته با شاخص سایه

شکل ۴-۱۱ فضاهاى رنگی

الف) فضای رنگی RGB

ب) فضای رنگی HSV

شکل ۴-۱۲ تصویر هوایی منطقه مطالعاتی با ترکیب رنگی G-R-IR

شکل ۴-۱۳ ویژگی سیری

شکل ۴-۱۴ ویژگی رنگ

شکل ۴-۱۵ ویژگی شیب

شکل ۴-۱۶ ویژگی SSD

شکل ۴-۱۷ ویژگی واریانس

شکل ۴-۱۸ ویژگی زبری

شکل ۴-۱۹ ویژگی لاپلاسیان

شکل ۴-۲۰ نتایج بدست آمده از جداسازی ساختمان‌ها به روش دسته‌بندی k-means بر مبنای ژنتیک برای هر ویژگی

بصورت جداگانه.

الف) شاخص گیاهی تفاضلی نرمالایز شده ترکیب یافته با شاخص سایه

ب) شاخص گیاهی نسبت مادون قرمز به قرمز ترکیب یافته با شاخص سایه

ج) شاخص سیری

د) ویژگی رنگ

ه) ویژگی شیب

و) ویژگی لاپلاسیان

ز) ویژگی SSD

ح) ویژگی زبری

ط) ویژگی واریانس

شکل ۴-۲۱ نتایج بدست آمده از جداسازی ساختمان‌ها به روش طبقه‌بندی بر اساس ماشین‌های بردار پشتیبان برای هر ویژگی بصورت جداگانه.

الف) شاخص گیاهی تفاضلی نرمالایز شده ترکیب یافته با شاخص سایه

ب) شاخص گیاهی نسبت مادون قرمز به قرمز ترکیب یافته با شاخص سایه

ج) شاخص سیری

د) ویژگی رنگ

ه) ویژگی شیب

و) ویژگی لاپلاسیان

ز) ویژگی SSD

ح) ویژگی زبری

ط) ویژگی واریانس

شکل ۴-۲۲ نتایج بدست آمده از تلفیق ویژگی‌های کلاس‌بندی شده.

الف) دسته‌بندی K-means بر مبنای ژنتیک.

ب) طبقه‌بندی بر اساس ماشین‌های بردار پشتیبان.

شکل ۴-۲۳ نتایج نهایی کشف ساختمان‌ها بعد از جداسازی ساختمان‌های غیر هم‌ارتفاع.

الف) دسته‌بندی K-means بر مبنای ژنتیک.

ب) طبقه‌بندی بر اساس ماشین‌های بردار پشتیبان.

شکل ۴-۲۴ ساختمان‌های کشف شده بر اساس تفکیک پیکسل‌های FP, FN, TP

شکل ۴-۲۵ ساختمان‌های مرجع بصورت برچسب گذاری شده.

شکل ۴-۲۶ هیستوگرام RMS مربوط به مرزهای ساختمان‌های کشف شده.

شکل ۴-۲۷ هیستوگرام RMS مربوط به مرزهای ساختمان‌های مرجع.

شکل ۴-۲۸ عارضه‌های ساختمانی کشف شده قبل از واضح سازی ابهام توپولوژی.

شکل ۴-۲۹ عارضه‌های ساختمانی کشف شده بعد از واضح سازی ابهام توپولوژی.

شکل ۴-۳۰

الف) عوارض ساختمانی کشف شده بر اساس تفکیک پیکسل‌های FN, TP

ب) عوارض ساختمانی کشف شده بر اساس تفکیک پیکسل‌های FP, TP

شکل ۴-۳۱ هیستوگرام مقادیر شاخص‌های عارضه‌مبنا بر مبنای مساحت عوارض بصورت متر مربع.

شکل ۴-۳۲ هیستوگرام تجمعی مقادیر شاخص‌های ارزیابی عارضه‌مبنا بر مبنای مساحت عوارض بصورت متر مربع.

شکل ۴-۳۳ مرز اولیه ساختمان‌های کشف شده

الف) دسته‌بندی K-means بر مبنای ژنتیک.

- (ب) طبقه‌بندی بر اساس ماشین‌های بردار پشتیبان.
- شکل ۴-۳۴ مرز ساختمان‌های کشف شده بعد از خلاصه‌سازی با استفاده از الگوریتم Ramer-Douglas-Peucker
- (الف) دسته‌بندی K-means بر مبنای ژنتیک.
- (ب) طبقه‌بندی بر اساس ماشین‌های بردار پشتیبان.
- شکل ۴-۳۵ مرز نهایی ساختمان‌های کشف شده بعد از عمودسازی مرزها
- (الف) دسته‌بندی K-means بر مبنای ژنتیک.
- (ب) طبقه‌بندی بر اساس ماشین‌های بردار پشتیبان.
- شکل ۴-۳۶
- (الف) تصویر هوایی ساختمانی که قسمتی از آن توسط درخت پوشش داده شده است.
- (ب) نتیجه کشف ساختمان قبل از عمودسازی گوشه‌های آن
- (ج) نتیجه کشف ساختمان بعد از عمودسازی گوشه‌های آن
- شکل ۴-۳۷ جزئیات سطوح بازسازی مدل سه بعدی ساختمان‌ها
- شکل ۴-۳۸ فلوجارت کلی بازسازی ساختار سقف ساختمان
- شکل ۴-۳۹ مولفه‌های بردار نرمال صفحات برازش داده شده در مناطق ساختمانی کشف شده بصورت تصویر با ترکیب رنگی RGB
- شکل ۴-۴۰ ویژگی شیب تولید شده در ناحیه مربوط به ساختمان‌ها
- شکل ۴-۴۱ نتایج دسته‌بندی فضای بردار نرمال به روش ISO-Data
- شکل ۴-۴۲ نتایج شناسایی سطوح صفحه‌ای سقف ساختمان‌ها
- شکل ۴-۴۳ نتایج ادغام سطوح صفحه‌ای موازی و مجاور
- شکل ۴-۴۴ نمونه‌هایی از مدل سه‌بعدی ساختمان‌هایی بازسازی شده مسطح یا شیب‌دار که دارای یک سطح صفحه‌ای هستند.
- شکل ۴-۴۵ تصویر بردار هادی بر روی صفحه XY
- شکل ۴-۴۶ نمونه‌هایی از مدل سه‌بعدی ساختمان‌هایی بازسازی شده که دارای دو سطح صفحه‌ای هستند
- شکل ۴-۴۷ نمونه‌هایی از مدل سه‌بعدی ساختمان‌هایی بازسازی شده که بیش از دو سطح صفحه‌ای دارند.
- شکل ۴-۴۸ ساختار سقف بازسازی شده ساختمان‌ها در منطقه مطالعاتی.
- شکل ۴-۴۹ مدل سه بعدی ساختمان‌ها در منطقه مطالعاتی.
- شکل ۴-۵۰ فوت پرینت سطوح صفحه‌ای بازسازی شده.
- شکل ۴-۵۱ فوت پرینت سطوح صفحه‌ای مرجع.
- شکل ۴-۵۲ سطوح صفحه‌ای بازسازی شده بر اساس تفکیک پیکسل‌های FP, FN, TP
- شکل ۴-۵۳ هیستوگرام RMS مربوط به پلیگون‌ها سطوح صفحه‌ای بازسازی شده.
- شکل ۴-۵۴ هیستوگرام RMS مربوط به پلیگون‌ها سطوح صفحه‌ای مرجع.
- شکل ۴-۵۵ DSM تولید شده از سطوح صفحه‌ای بازسازی شده.

- شکل ۴-۵۶ DSM تولید شده از سطوح صفحه‌ای مرجع.
- شکل ۴-۵۷ اختلاف دو DSM تولید شده از سطوح صفحه‌ای.
- شکل ۴-۵۸ مقایسه توپولوژی سطوح صفحه‌ای سقف ساختمان‌ها از منظر داده مرجع.
- شکل ۴-۵۹ مقایسه توپولوژی سطوح صفحه‌ای سقف ساختمان‌ها از منظر نتایج بدست آمده.
- شکل ۴-۶۰ پوشش مشترک سطوح صفحه‌ای سقف ساختمان‌ها از منظر داده مرجع.
- شکل ۴-۶۱ پوشش مشترک سطوح صفحه‌ای سقف ساختمان‌ها از منظر نتایج بازسازی شده.
- شکل ۴-۶۲ جامعیت سطوح صفحه‌ای بازسازی شده برای هر ساختمان.
- شکل ۴-۶۳ جامعیت سطوح صفحه‌ای بازسازی شده بزرگتر از $2/5$ متر مربع برای هر ساختمان.
- شکل ۴-۶۴ صحت سطوح صفحه‌ای بازسازی شده برای هر ساختمان.
- شکل ۴-۶۵ صحت سطوح صفحه‌ای بازسازی شده بزرگتر از $2/5$ متر مربع برای هر ساختمان.
- شکل ۴-۶۶ هیستوگرام مقادیر شاخص‌های عارضه‌مبنا بر مبنای مساحت سطوح صفحه‌ای بصورت متر مربع.
- شکل ۴-۶۷ هیستوگرام تجمعی مقادیر شاخص‌های ارزیابی عارضه‌مبنا بر مبنای مساحت سطوح صفحه‌ای بصورت متر مربع.

فهرست علائم و اختصارات

ALS	Airbone Laser Scanner
DEM	Digital Elevation Model
DSM	Digital Surface Model
DTM	Digital Terrain Model
DBM	Digital Building Model
GIS	Geographic Information System
LiDAR	Light Detection And Ranging
NDVI	Normalized difference vegetation index
RANSAC	Random Sampling Consensus
RMS	Root Mean Square
ROI	Region of Interest
SI	Shadow Index
SSD	Sum of Squares of elevation Deviation
SVMs	Support Vector Machines
TWCV	Total Within Cluster Variance

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

در حال حاضر یکی از مهم‌ترین موضوعات در ارتباط با محیط‌های شهری، استخراج اتوماتیک یا نیمه اتوماتیک عوارض شهری مثل ساختمان‌ها و جاده‌ها می‌باشد که در سنجش از دور و فتوگرامتری مورد توجه قرار گرفته است و در جامعه دید ماشینی^۱ نیز مورد توجه قرار می‌گیرد. تحقیقات انجام گرفته در این زمینه از اواخر سال ۱۹۸۰ میلادی شروع شده است و در جهت دستیابی به استخراج عوارض از منابع داده‌ای متفاوت مثل تصاویر تک بانده^۲، تصاویر رنگی، تصاویر استریو^۳، تصاویر چندگانه و یا تصاویر فاصله‌ای^۴ مربوط به سیستم لیدار استفاده شده است (Peng et al, 2005). به موازات استخراج دوبعدی ساختمان، بازسازی سه‌بعدی ساختمان نیز جهت ایجاد دید بصری و شبیه‌سازی محیط شهری مورد توجه قرار گرفته است. از مهم‌ترین موضوعات در ارتباط با روش‌های استخراج دوبعدی و بازسازی سه‌بعدی ساختمان سطح اتوماسیون روش‌های بکار گرفته می‌باشد. به دلایلی که اشاره می‌شود الگوریتم‌های بکار گرفته شده در زمینه استخراج دوبعدی و بازسازی سه‌بعدی ساختمان کاملاً اتوماتیک نیستند (Sohn & Downman, 2007).

- پیچیده بودن مناظر شهری

بسیاری از محیط‌های شهری دارای اطلاعات بسیار زیادی می‌باشند که باعث می‌شود شامل عوارضی باشند که از لحاظ هندسی و اطلاعات رنگ شباهت زیادی به ساختمان‌های شهری داشته

¹ Machine vision community

² Mono band Images

³ Stereo Images

⁴ Range Images