



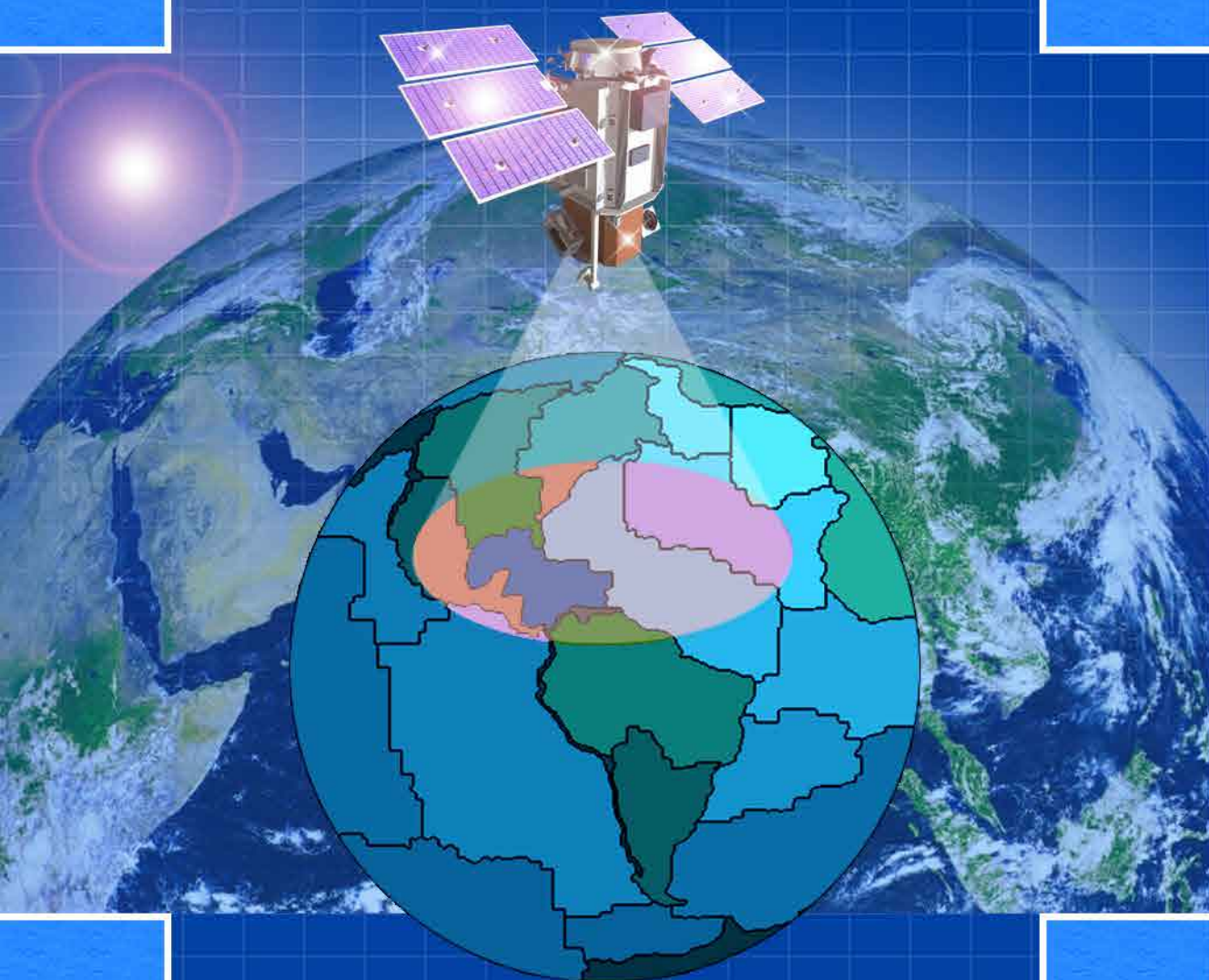
انتشارات دانشگاه اصفهان

# شیءگرایی در پردازش تصاویر ماهواره‌ای دور



انتشارات دانشگاه اصفهان

## Object-Orient in Remote Sensing Image Processing



شیءگرایی در پردازش تصاویر ماهواره‌ای دور

بیش از چهار دهه از ارائه روشهای سنجش از دور می گذرد. باوجود آنکه در دهه اخیر، تصاویر ماهواره ای قدرت تفکیک بالا تحول بزرگی در تهیه نقشه های شهری ایجاد کرده است، هنوز هم بسیاری از مسائل حل نشده باقی مانده است. برای پردازش تصاویر ماهواره ای قدرت تفکیک بالا، روشهای پیکسل مینا جوابگو نیست و تحقیقاتی که در این زمینه انجام شده نشان می دهد که روشهای شیءمینا مؤثرتر است. این کتاب با ارائه و آموزش روشهای شیءمینا قدرت این روشها را نشان می دهد و مباحث مطرح در زمینه شیءگرایی در سنجش از دور را دسته بندی می کند. سپس در هر بخش با پیشنهاد ایده هایی جدید نشان می دهد که قابلیت های شیءگرایی را چگونه می توان توسعه داد. مطالعه این کتاب به همه دانشجویان کارشناسی ارشد رشته مهندسی نقشه برداری و سایر رشته های علوم زمین و نیز همه علاقمندان به مباحث پیشرفته پردازش تصاویر توصیه می شود.

مهدی مومنی  
ایمان خسروی  
بهنوش مستأجران

گروه مهندسی نقشه برداری  
دانشگاه اصفهان

مومنی - خسروی - مستأجران

Mehdi Momeni  
Iman Khosravi  
Behnoush Mostajeran

Department of Surveying Engineering  
University of Isfahan

اللَّهُمَّ احْمِمْ بَيْنِي



# شیء‌گرایی در پردازش تصاویر سنجش از دور

مؤلفان

مهدی مؤمنی

ایمان خسروی

بهنوشتن مستأجران

گروه مهندسی نقشه‌برداری

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه اصفهان

۱۳۹۲



به نام خداوند جان و خرد

کزین برتر اندیشه برنگذرد

## پیشگفتار

بیش از چهار دهه است که سنجش از دور به عنوان یکی از بهترین روش‌های تهیه‌ی اطلاعات زمینی معرفی شده و داده‌های آن تحول بزرگی در شناخت انسان از زمین ایجاد کرده است. در این میان داده‌هایی که قدرت تفکیک مکانی بالایی دارند در پانزده سال گذشته اهمیت ویژه‌ای یافته و چشم‌انداز وسیعی برای تهیه‌ی نقشه‌های شهری پیش روی محققان قرار داده‌اند. هرچند پژوهش‌های بسیاری در این حوزه از سنجش از دور انجام گرفته است هنوز بسیاری از مسایل حل نشده و ویژگی‌های نقشه‌های شهری با اتکاء به این داده‌ها تامین نشده است و آنچه از روش‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای حاصل می‌شود هنوز با ادراک انسانی درباره‌ی عوارض نقشه‌های شهری فاصله دارد.

روش‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای برای تصاویر قدرت تفکیک بالا از سال ۱۹۹۹ میلادی به سمت شیء‌گرایی متمایل شدند. مدلسازی شیء‌گرا با توجه به نزدیکی به ادراک انسانی راه‌حلی را در پردازش این تصاویر و تهیه‌ی لایه‌های نقشه‌های شهری نوید می‌دهد. براین اساس، سال‌های اخیر دوران توسعه‌ی روش‌های شیء‌گرا برای پردازش تصاویر قدرت تفکیک بالای ماهواره‌ای بوده است؛ اما مدلسازی شیء‌گرا ظرافت‌ها و مهارت‌های خاصی را طلب می‌کند که در این حوزه کمتر به آن توجه شده است. برای مثال درباره‌ی استخراج شیء‌گرای ساختمان‌ها از تصاویر

ماهوره‌ای تحقیقات زیادی انجام گرفته است؛ با این وجود تنها ایده‌ی مدلسازی شیء‌گرا در همه‌ی این تحقیقات، ایده‌ی استفاده از قطعه‌بندی برای تولید اشیای تصویری بوده است.

کتاب حاضر با دو هدف مشخص تنظیم و تألیف شده است: هدف اول آموزش مفاهیم پایه در پردازش شیء‌گرای تصاویر سنجش از دور است که در فصل‌های اول، دوم و سوم دنبال می‌شود و هدف دوم پیشنهاد ایده‌هایی جدید در حوزه‌ی پردازش شیء‌گرای تصاویر است که نگاهی نو به مدلسازی شیء‌گرای عوارض تصویر دارد. این ایده‌ها شامل تعریف و مدلسازی خط و نقطه در کنار سطح به عنوان شیء تصویری می‌شود که با پیاده‌سازی و کنترل کیفیت از ایده به روش‌های مؤثر تبدیل می‌شود. هدف دوم در فصل‌های چهارم، پنجم و ششم دنبال می‌شود.

سه فصل اول این کتاب برای دروس فتوگرامتری رقومی، مبانی سنجش از دور و سنجش از دور کاربردی در دوره‌ی کارشناسی مهندسی نقشه‌برداری قابل استفاده است. فصل‌های یاد شده همچنین برای درس کاربردهای سنجش از دور در کارشناسی ارشد مهندسی سنجش از دور، مهندسی فتوگرامتری و مهندسی سیستم‌های اطلاعات مکانی به همراه پروژه‌های پژوهشی راهگشا خواهد بود. در فصل‌های چهارم تا ششم نیز مباحثی در سطح عالی مطرح می‌شود که برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی مناسب است. ایده‌های تازه‌ای که در این سه فصل ارائه شده، می‌تواند موضوع چندین پژوهش مستقل قرار گیرد.

موضوع این کتاب، مرتبط با پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد مهندس ایمان خسروی و مهندس بهنوش مستأجران است که در گروه مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه اصفهان نوشته شده است. حاصل پژوهش‌های ایشان نه تنها در قالب پایان‌نامه و این کتاب بلکه در چندین مقاله‌ی پژوهشی منتشر گردیده است. برخی از ایده‌های این کتاب در

طی شانزده سال گذشته در ذهن اینجانب شکل گرفته بود اما شجاعت و پشتکار ایشان به آنها شکل عینی و قابل ارائه بخشید. با این وجود، این کتاب را به هیچ وجه کامل یا کافی نمی دانیم و از خوانندگان محترم خواهشمندیم با رهنمودهای ارزشمند خود ما را در اصلاح کاستی های آن یاری فرمایند.

از مسئولان محترم اداره ی انتشارات دانشگاه اصفهان به ویژه جناب آقای دکتر حجت الله یزدان پناه و جناب آقای دکتر محمدعلی نعمت بخش صمیمانه تشکر می کنیم. از نکات ارزشمندی که جناب آقای دکتر جلال امینی پیش از چاپ کتاب یادآوری فرمودند بهره ی بسیاری بردیم. همچنین از داوران محترم کتاب اگرچه نامشان بر ما پوشیده است سپاسگزاریم.

آن آفتاب خوبی چون بر زمین بتابد      آن دم زمین خاکی بهتر ز آسمانست

مهدی مومنی، ایمان خسروی، بهنوش مستأجران

گروه مهندسی نقشه برداری

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه اصفهان

نیمه شعبان ۱۴۳۴ برابر سوم تیرماه ۱۳۹۲





## فهرست مطالب

پیشگفتار.....	یک
فهرست مطالب.....	پنج
فهرست شکل‌ها.....	سیزده
فهرست جدول‌ها.....	بیست و یک

### فصل ۱. مقدمه

۱-۱ سنجش از دور و تصاویر قدرت تفکیک بالا.....	۲
۲-۱ سطوح پردازش تصویر در سنجش از دور.....	۳
۱-۲-۱ پردازش‌های سطح پایین.....	۵
۲-۲-۱ پردازش‌های سطح میانی.....	۵
۳-۲-۱ پردازش‌های سطح بالا.....	۶
۳-۱ واحد پردازش: پیکسل یا شیء.....	۸
۱-۳-۱ مشکلات روش‌های پیکسل‌مبنا.....	۹
۲-۳-۱ معرفی روش‌های شیء‌مبنا.....	۱۰
۳-۳-۱ امتیازات روش‌های شیء‌مبنا.....	۱۱

### فصل ۲. مفهوم شیء و تصویری در سنجش از دور

۱-۲ مقدمه.....	۱۶
۲-۲ مفهوم شیء و تصویری.....	۱۶
۱-۲-۲ شیء و تصویری از دید Navulur (۲۰۰۷).....	۱۶
۲-۲-۲ شیء و تصویری از دید Benz و همکاران (۲۰۰۴).....	۱۸

- ۱۹-۲-۳ شیء تصویری از دید Castilla و Hay (۲۰۰۸)..... ۱۹
- ۱۹-۲-۴ شیء تصویری از دید Nixon و Aguado (۲۰۰۸)..... ۱۹
- ۲۰-۳ خصوصیات شیء تصویری..... ۲۰
- ۲۲-۴ تولید ویژگی برای شیء تصویری..... ۲۲
- ۲۳-۴-۱ ویژگی‌هایی برای بافت..... ۲۳
- ۲۴-۴-۱-۱ ویژگی‌های آماری مرتبه‌ی اول..... ۲۴
- ۲۶-۴-۱-۲ ویژگی‌های آماری مرتبه‌ی دوم-ماتریس هم‌رخداد..... ۲۶
- ۳۰-۴-۲ ویژگی‌های شکل و اندازه..... ۳۰
- ۳۲-۵ تجزیه و تحلیل ویژگی‌ها..... ۳۲
- ۳۳-۵-۱ روش SEaTH..... ۳۳
- ۳۸-۶ قطعه به‌عنوان شیء تصویری..... ۳۸
- ۴۴-۷ نقدی بر قطعه‌بندی و پیشنهاد اشیای تصویری دیگر..... ۴۴

### فصل ۳. روند نرم‌افزارهای شیء‌مبنا

- ۵۰-۱-۳ مقدمه..... ۵۰
- ۵۰-۲-۳ نرم‌افزار eCognition Developer..... ۵۰
- ۵۰-۲-۳ فن‌آوری شبکه‌ی شناخت..... ۵۰
- ۵۱-۲-۳ کاربردهای نرم‌افزار..... ۵۱
- ۵۱-۳-۲-۳ مفاهیم کلیدی..... ۵۱
- ۵۱-۳-۲-۳ لایه‌ی تصویر..... ۵۱
- ۵۲-۳-۲-۳ مجموعه داده‌ی تصویر..... ۵۲
- ۵۳-۳-۲-۳ قطعه‌بندی و طبقه‌بندی..... ۵۳
- ۵۴-۳-۲-۳ اشیای تصویری، شبکه‌ی سلسله‌مراتبی و دامنه‌ها..... ۵۴
- ۵۴-۳-۲-۳ اشیای تصویری..... ۵۴

۵۴	..... سلسله مراتب اشیای تصویری ۲-۴-۳-۲-۳
۵۵	..... دامنه‌ی شیء تصویر ۳-۴-۳-۲-۳
۵۶	..... منظره‌ها، نقشه‌ها، فایل پروژه‌ها و فضاهاى کارى ۵-۳-۲-۳
۵۶	..... منظره‌ها ۱-۵-۳-۲-۳
۵۷	..... نقشه‌ها و فایل پروژه ۲-۵-۳-۲-۳
۵۷	..... فضاهاى کارى ۳-۵-۳-۲-۳
۵۸	..... eCognition استفاده شده در نرم افزار ۶-۳-۲-۳
۵۹	..... eCognition یک نمونه‌ی کاربردی با نرم افزار ۴-۲-۳
۶۰	..... eCognition تعریف پروژه‌ی ۱-۴-۲-۳
۶۵	..... قطعه‌بندی ۲-۴-۲-۳
۶۸	..... طبقه‌بندی ۳-۴-۲-۳
۶۸	..... قطعه‌بندی درشت مقیاس ۱-۳-۴-۲-۳
۷۸	..... ریزمقیاس ۲-۳-۴-۲-۳
۸۵	..... پالایش و ویرایش دستی ۴-۴-۲-۳
۸۸	..... Feature Extraction نرم افزار ENVI Zoom ۳-۳
۸۸	..... ساختار ماژول ۱-۳-۳
۹۰	..... Feature Extraction و ماژول ENVI Zoom اجرای نرم افزار ۲-۳-۳
۹۲	..... ENVI Feature Extraction دو نمونه‌ی کاربردی با ماژول ۳-۳-۳
۹۲	..... نمونه‌ی کاربردی اول ۱-۳-۳-۳
۹۵	..... باز کردن و نمایش تصویر ۱-۱-۳-۳-۳
۹۶	..... قطعه‌بندی تصویر ۲-۱-۳-۳-۳
۱۰۰	..... طبقه‌بندی قانون مینا ۳-۱-۳-۳-۳
۱۰۳	..... (bandratio) ویژگی نسبت باندى نرمالیزه شده ۱-۳-۱-۳-۳-۳
۱۰۸	..... (rect_fit) ویژگی شکل ۲-۳-۱-۳-۳-۳

- ۱۱۱.....(area) ویژگی مساحت ۳-۳-۱-۳-۳-۳
- ۱۱۲.....(avgband\_2) ویژگی مقدار متوسط باند سبز ۴-۳-۱-۳-۳-۳
- ۱۱۶.....Shapefile نتایج طبقه‌بندی درون یک ۴-۱-۳-۳-۳-۳
- ۱۱۹.....نمونه‌ی کاربردی دوم.....۲-۳-۳-۳-۳
- ۱۲۰.....باز کردن و نمایش تصویر.....۱-۲-۳-۳-۳-۳
- ۱۲۰.....قطعه‌بندی تصویر.....۲-۲-۳-۳-۳-۳
- ۱۲۲.....طبقه‌بندی نظارت‌شده.....۳-۲-۳-۳-۳-۳

#### فصل ۴. قطعه به‌عنوان شیء تصویری

- ۱۳۶.....۱-۴ مقدمه.....
- ۱۳۸.....۲-۴ مطالعه‌ی کاربردی اول.....
- ۱۴۰.....۱-۲-۴ منطقه‌ی مطالعاتی و داده‌های مطالعه‌ی کاربردی اول.....
- ۱۴۱.....۲-۲-۴ روش‌شناسی مطالعه‌ی کاربردی اول.....
- ۱۴۱.....۱-۲-۲-۴ طبقه‌بندی پیکسل‌مبنا.....
- ۱۴۲.....۱-۱-۲-۲-۴ طبقه‌بندی درخت‌تصمیم مبتنی بر طیف.....
- ۱۴۳.....۲-۱-۲-۲-۴ طبقه‌بندی درخت‌تصمیم با ترکیب ویژگی.....
- ۱۴۴.....۳-۱-۲-۲-۴ طبقه‌بندی بیشترین‌شبهت پیکسل‌مبنا.....
- ۱۴۵.....۲-۲-۲-۴ طبقه‌بندی شیء‌مبنا.....
- ۱۴۷.....۳-۲-۴ پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج مطالعه‌ی کاربردی اول.....
- ۱۵۲.....۳-۴ مطالعه‌ی کاربردی دوم.....
- ۱۵۵.....۱-۳-۴ داده‌ی ورودی مطالعه‌ی کاربردی دوم.....
- ۱۵۵.....۲-۳-۴ روش‌شناسی مطالعه‌ی کاربردی دوم.....
- ۱۶۴.....۳-۳-۴ نتایج مطالعه‌ی کاربردی دوم.....

## فصل ۵. لبه به عنوان شیء تصویری

- ۱-۵ مقدمه ..... ۱۷۰
- ۲-۵ استخراج ساختمان ..... ۱۷۰
- ۳-۵ روش‌های شیء‌مبنای مبتنی بر قطعه‌بندی ..... ۱۷۲
- ۱-۳-۵ روش اول: طبقه‌بندی شیء‌مبنا با استفاده از قطعه‌بندی مبتنی بر لبه ..... ۱۷۲
- ۱-۱-۳-۵ قطعه‌بندی مبتنی بر لبه ..... ۱۷۳
- ۲-۱-۳-۵ طبقه‌بندی نظارت‌شده ..... ۱۷۵
- ۲-۳-۵ روش دوم: طبقه‌بندی شیء‌مبنا با قطعه‌بندی قدرت تفکیک چندگانه ..... ۱۷۸
- ۱-۲-۳-۵ قطعه‌بندی قدرت تفکیک چندگانه ..... ۱۷۸
- ۱-۱-۲-۳-۵ معیار همگنی ..... ۱۷۸
- ۲-۲-۳-۵ طبقه‌بندی نظارت‌شده‌ی فازی ..... ۱۸۱
- ۴-۵ روش شیء‌مبنای پیشنهادی ..... ۱۸۳
- ۱-۴-۵ حذف نواحی غیر ساختمانی ..... ۱۸۵
- ۲-۴-۵ پیش‌پردازش‌های ریخت‌شناسی ..... ۱۸۶
- ۳-۴-۵ تعریف لبه به عنوان شیء ..... ۱۸۷
- ۴-۴-۵ تعریف ویژگی برای قطعات لبه‌ای ..... ۱۸۸
- ۱-۴-۴-۵ تعریف قاعده برای ویژگی گردشگری ..... ۱۸۸
- ۲-۴-۴-۵ تعریف قاعده برای ویژگی مساحت محصور ..... ۱۸۹
- ۵-۵ تصاویر مطالعاتی ..... ۱۹۰
- ۱-۵-۵ تنوع در تراکم مسطحاتی ..... ۱۹۱
- ۲-۵-۵ تنوع در شکل و اندازه‌ی ساختمان‌ها ..... ۱۹۱
- ۳-۵-۵ تنوع در رنگ بام ساختمان‌ها ..... ۱۹۲
- ۴-۵-۵ تنوع در روشنایی ساختمان‌ها ..... ۱۹۳
- ۵-۵-۵ چیدمان و فاصله‌ی بین ساختمان‌ها ..... ۱۹۴

- ۱۹۵.....۵-۶-۵ تنوع و درصد وجود پوشش گیاهی
- ۱۹۶.....۵-۶ پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج
- ۱۹۶.....۵-۷ کنترل کیفیت
- ۱۹۹.....۵-۸ مقایسه و ارزیابی دقت نتایج حاصل از هر سه روش شیء مبنا
- ۲۰۰.....۵-۸-۱ درصد شناسایی مرز ساختمان (DR)
- ۲۰۰.....۵-۸-۱-۱ درصد شناسایی مرز ساختمان در ۱۲ تصویر گروه اول
- ۲۰۲.....۵-۸-۱-۲ درصد شناسایی مرز ساختمان در ۳ تصویر گروه دوم
- ۲۰۳.....۵-۸-۲ درصد اعتمادپذیری نتایج مرز ساختمان (R)
- ۲۰۳.....۵-۸-۲-۱ درصد اعتمادپذیری نتایج مرز ساختمان در ۱۲ تصویر گروه اول
- ۲۰۵.....۵-۸-۲-۲ درصد اعتمادپذیری نتایج مرز ساختمان در ۳ تصویر گروه دوم
- ۲۰۶.....۵-۸-۳ درصد خطای اضافه شدگی مرز ساختمان (FPR)
- ۲۰۶.....۵-۸-۳-۱ درصد خطای اضافه شدگی مرز ساختمان در ۱۲ تصویر گروه اول
- ۲۰۸.....۵-۸-۳-۲ درصد خطای اضافه شدگی مرز ساختمان در ۳ تصویر گروه دوم
- ۲۰۹.....۵-۸-۴ دقت کلی (OA)
- ۲۰۹.....۵-۹ نتیجه‌گیری

#### فصل ۶. نقطه به‌عنوان شیء تصویری

- ۲۱۴.....۶-۱ مقدمه
- ۲۱۴.....۶-۲ مدل رقومی سطح و تناظریابی
- ۲۱۹.....۶-۲-۱ مشکلات روش‌های تناظریابی
- ۲۲۲.....۶-۳ روش‌های تناظریابی
- ۲۲۴.....۶-۳-۱ روش‌های تناظریابی ناحیه‌مبنا
- ۲۲۹.....۶-۳-۲ روش‌های تناظریابی عارضه‌مبنا
- ۲۳۱.....۶-۳-۲-۱ روش SIFT

۲۳۲	..... ۱-۱-۲-۳-۶ مرحله‌ی اول. استخراج عوارض
۲۳۲	..... ۱-۱-۱-۲-۳-۶ یافتن نقاط اکستریم در فضای مقیاسی
۲۳۶	..... ۲-۱-۱-۲-۳-۶ بهبود دقت تعیین موقعیت تا زیر پیکسل
۲۳۸	..... ۳-۱-۱-۲-۳-۶ تخصیص جهت
۲۴۰	..... ۲-۱-۲-۳-۶ مرحله‌ی دوم. ایجاد بردار ویژگی عوارض
۲۴۱	..... ۳-۱-۲-۳-۶ مرحله‌ی سوم. تناظریابی میان عوارض
۲۴۱	..... ۱-۳-۱-۲-۳-۶ تطابق ظاهری ویژگی‌های نقاط
۲۴۲	..... ۲-۳-۱-۲-۳-۶ تطابق هندسی نقاط متناظر
۲۴۴	..... ۴-۶ روش تناظریابی شیء‌مبنای پیشنهادی
۲۴۴	..... ۱-۴-۶ تشخیص و استخراج نقاط
۲۴۶	..... ۲-۴-۶ تخصیص بردار ویژگی به روش SIFT
۲۴۷	..... ۳-۴-۶ تعیین نقاط متناظر با روش ضریب‌همبستگی
۲۴۷	..... ۵-۶ داده‌ها و پیش‌پردازش‌های لازم
۲۴۷	..... ۱-۵-۶ داده‌ها
۲۴۸	..... ۲-۵-۶ پیش‌پردازش‌های لازم
۲۴۹	..... ۶-۶ پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج
۲۵۰	..... ۱-۶-۶ نتایج تناظریابی روش SIFT
۲۵۱	..... ۲-۶-۶ نتایج تناظریابی روش ضریب‌همبستگی بهبودیافته
۲۵۲	..... ۳-۶-۶ مقایسه‌ی روش‌های SIFT و ضریب‌همبستگی بهبودیافته
۲۵۵	..... ۴-۶-۶ روند بهبود روش SIFT و نتایج حاصل
۲۵۶	..... ۵-۶-۶ مقایسه‌ی روش پیشنهادی با روش‌های SIFT و ضریب‌همبستگی
۲۵۹	..... ۶-۶-۶ مقایسه‌ی روش پیشنهادی با روش ضریب‌همبستگی
۲۶۰	..... ۷-۶-۶ نتایج تناظریابی روش پیشنهادی روی تصاویر باینری ساختمان
۲۶۳	..... ۷-۶ نتیجه‌گیری



۲۶۵	منابع و مأخذ.....
۲۷۵	فهرست مخفف‌ها.....
۲۷۹	واژه‌نامه‌ی تخصصی انگلیسی به فارسی.....
۲۸۷	واژه‌نامه‌ی تخصصی فارسی به انگلیسی.....
۲۹۷	پیوست (الف).....

## فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱. ساز و کار سیستم سنجش از دور..... ۳
- شکل ۲-۱. (الف) تصویر اصلی. (ب) بهبود روشنایی..... ۶
- شکل ۳-۱. (الف) تصویر بهبود یافته. (ب) قطعه‌بندی تصویر..... ۷
- شکل ۴-۱. سطوح سه‌گانه‌ی پردازش تصاویر سنجش از دور..... ۸
- شکل ۵-۱. رابطه‌ی بین یک ناحیه‌ی مورد پردازش با قدرت تفکیک..... ۹
- شکل ۱-۲. نمایش تصویر یک بندرگاه در سطوح بزرگنمایی مختلف..... ۱۸
- شکل ۲-۲. چهار تصویر مختلف با توزیع درجه خاکستری و بافت متفاوت..... ۲۴
- شکل ۳-۲. مثال‌هایی از تصاویر و هیستوگرام‌های مربوطه..... ۲۵
- شکل ۴-۲. چهار جهت استفاده شده برای ساختن ماتریس هم‌رخداد..... ۲۷
- شکل ۵-۲. سه نمونه از تفکیک‌پذیری بین دو کلاس..... ۳۵
- شکل ۶-۲. تعیین حد آستانه برای یک ویژگی با استفاده از روش SEaTH..... ۳۷
- شکل ۷-۲. انواع روش‌های قطعه‌بندی تصویری..... ۳۹
- شکل ۸-۲. فرآیند قطعه‌بندی رشد ناحیه..... ۴۱
- شکل ۹-۲. فرآیند قطعه‌بندی تفکیک ناحیه..... ۴۲
- شکل ۱۰-۲. فرآیند قطعه‌بندی ادغام نواحی..... ۴۳
- شکل ۱۱-۲. خطاهای موجود در قطعه‌بندی..... ۴۵
- شکل ۱۲-۲. بررسی بروز خطاهای ممکن در نتایج استخراج مرز..... ۴۶
- شکل ۱-۳. سلسله‌مراتبی از اشیای تصویری (در eCognition Developer)..... ۵۵
- شکل ۲-۳. دامنه‌های مختلف شیء تصویری یک دنباله فرآیند سلسله‌مراتبی..... ۵۶
- شکل ۳-۳. سلسله‌مراتب سازمانی نرم‌افزار eCognition..... ۵۸

- شکل ۳-۴. تصویر منطقه‌ی شهری متعلق به نمونه‌ی کاربردی ..... ۶۰
- شکل ۳-۵. نرم‌افزار eCognition Developer 8.0 در ویندوز ..... ۶۱
- شکل ۳-۶. صفحه‌ی راه‌اندازی نرم‌افزار eCognition Developer 8.0 ..... ۶۱
- شکل ۳-۷. ایجاد یک پروژه‌ی جدید در نرم‌افزار eCognition Developer ..... ۶۲
- شکل ۳-۸. انتخاب تصاویر ۴ بانده‌ی و NDVI برای ایجاد یک پروژه‌ی جدید ..... ۶۲
- شکل ۳-۹. پنجره‌ی تنظیم ایجاد پروژه ..... ۶۳
- شکل ۳-۱۰. ترکیب رنگی استفاده‌شده در نرم‌افزار eCognition ..... ۶۴
- شکل ۳-۱۱. نمایش وضعیت Develop Ruleset در نرم‌افزار eCognition ..... ۶۵
- شکل ۳-۱۲. ایجاد یک والد جدید در درخت فرآیند (Process Tree) ..... ۶۶
- شکل ۳-۱۳. انتخاب قطعه‌بندی قدرت تفکیک چندگانه ..... ۶۷
- شکل ۳-۱۴. اجرای قطعه‌بندی درشت مقیاس برای جداسازی مناطق زمین و آب ..... ۶۹
- شکل ۳-۱۵. تصویر قطعه‌بندی‌شده‌ی تصویر اصلی ..... ۷۰
- شکل ۳-۱۶. تعریف کلاس‌ها در پانل 'Class Hierarchy' ..... ۷۰
- شکل ۳-۱۷. انتخاب فضای ویژگی طبقه‌بندی نزدیکترین همسایگی ..... ۷۱
- شکل ۳-۱۸. انتخاب مجموعه ویژگی‌های مناسب طیفی و غیرطیفی ..... ۷۲
- شکل ۳-۱۹. اعمال ویژگی‌های انتخاب شده برای هر دو کلاس آب و زمین ..... ۷۳
- شکل ۳-۲۰. ایجاد یک فرزند جدید در پانل 'Process Tree' ..... ۷۴
- شکل ۳-۲۱. فعال کردن کلاس‌های زمین و آب برای طبقه‌بندی ..... ۷۴
- شکل ۳-۲۲. جعبه‌ابزار انتخاب و ویرایش نمونه‌ها در eCognition ..... ۷۵
- شکل ۳-۲۳. نمونه‌های آموزشی انتخاب‌شده برای کلاس‌های آب و زمین ..... ۷۶
- شکل ۳-۲۴. طبقه‌بندی مقدماتی اولیه و تولید یک نقشه‌ی اولیه‌ی آب/زمین ..... ۷۷
- شکل ۳-۲۵. ذخیره کردن یک پروژه‌ی Definiens با پسوند \*.dpr ..... ۷۷
- شکل ۳-۲۶. انجام قطعه‌بندی ریز مقیاس (fine segmentation) ..... ۷۸
- شکل ۳-۲۷. اجرای قطعه‌بندی ریز مقیاس ..... ۷۹
- شکل ۳-۲۸. ایجاد کلاس‌های انواع درختان ..... ۸۰
- شکل ۳-۲۹. سطح دوم طبقه‌بندی ..... ۸۱
- شکل ۳-۳۰. فضای ویژگی انتخاب‌شده ..... ۸۲

- شکل ۳-۳۱. نمونه‌های آموزشی انتخاب شده برای کلاس‌های سطح دوم ..... ۸۳
- شکل ۳-۳۲. تنظیمات مربوط به طبقه‌بندی سطح دوم ..... ۸۳
- شکل ۳-۳۳. تصویر طبقه‌بندی شده‌ی سطح دوم ..... ۸۴
- شکل ۳-۳۴. تقسیم صفحه‌ی نمایش نرم‌افزار به دو بخش قائم ..... ۸۵
- شکل ۳-۳۵. ایجاد یک فرآیند والد 'clean-up' در پانل 'Process Tree' ..... ۸۶
- شکل ۳-۳۶. انتخاب فرآیند فرزند 'manual classification' برای والد 'clean-up' ..... ۸۶
- شکل ۳-۳۷. تنظیمات مربوط به 'manual classification' برای کلاس 'bare med' ..... ۸۷
- شکل ۳-۳۸. شمای ماژول شیء‌مبنای Feature Extraction نرم‌افزار ENVI ..... ۸۹
- شکل ۳-۳۹. طریقه‌ی یافتن و اجرای نرم‌افزار ENVI Zoom در ویندوز ..... ۹۰
- شکل ۳-۴۰. نمای کلی نرم‌افزار ENVI Zoom ..... ۹۱
- شکل ۳-۴۱. تصویر منطقه‌ی شهری متعلق به نمونه‌ی کاربردی اول ..... ۹۴
- شکل ۳-۴۲. ایجاد یک پروژه‌ی Feature Extraction و انتخاب تصویر ..... ۹۵
- شکل ۳-۴۳. باز کردن تصویر در ENVI Zoom ..... ۹۵
- شکل ۳-۴۴. بخش اول یافتن اشیاء: تنظیم مقیاس قطعه‌بندی در Feature Extraction ..... ۹۶
- شکل ۳-۴۵. تصویر قطعه‌بندی شده با مقدار ۳۰ برای مقیاس ..... ۹۷
- شکل ۳-۴۶. نتیجه‌ی قطعه‌بندی تصویر با مقدار ۹۴ برای پارامتر سطح ادغام قطعات ..... ۹۸
- شکل ۳-۴۷. گام پالایش قطعات. این گام، اختیاری است ..... ۹۹
- شکل ۳-۴۸. محاسبه‌ی ویژگی‌های مکانی، طیفی، بافت، فضای رنگ و نسبت بانندی ..... ۱۰۰
- شکل ۳-۴۹. انتخاب گزینه‌ی 'Choose by Creating Rules' (طبقه‌بندی قانون‌مبنا) ..... ۱۰۱
- شکل ۳-۵۰. پنجره‌ی 'Rule-Based Classification' ..... ۱۰۲
- شکل ۳-۵۱. انتخاب نام و رنگ مناسب و مطابق با عارضه‌ی مورد نظر ..... ۱۰۳
- شکل ۳-۵۲. انتخاب ویژگی نسبت بانندی bandratio ..... ۱۰۴
- شکل ۳-۵۳. تصویر ویژگی bandratio ..... ۱۰۵
- شکل ۳-۵۴. پنجره‌ی تنظیمات ویژگی نسبت بانندی ..... ۱۰۶
- شکل ۳-۵۵. تصویر اعتمادپذیری قانون حاصل از انتخاب محدوده مقادیر مختلف ..... ۱۰۷
- شکل ۳-۵۶. تنظیم مقدار ۰/۲۹ برای بیشینه‌ی ویژگی نسبت بانندی ..... ۱۰۸
- شکل ۳-۵۷. اضافه کردن یک ویژگی جدید به مجموعه قوانین ..... ۱۰۹

- شکل ۳-۵۸. انتخاب ویژگی شکل مستطیلی (rect\_fit) از زیر شاخه‌ی Spatial..... ۱۰۹
- شکل ۳-۵۹. تنظیم مقدار ۰/۵ برای کمینه‌ی ویژگی شکل مستطیلی..... ۱۱۰
- شکل ۳-۶۰. انتخاب ویژگی area مساحت از زیر شاخه‌های ویژگی Spatial..... ۱۱۱
- شکل ۳-۶۱. تنظیم دامنه‌ی ۲۵ تا ۱۳۰۰ برای ویژگی مساحت..... ۱۱۲
- شکل ۳-۶۲. انتخاب ویژگی aveband\_2 متوسط باند سبز..... ۱۱۳
- شکل ۳-۶۳. تنظیم مقدار ۵۵ برای بیشینه‌ی ویژگی متوسط باند سبز..... ۱۱۴
- شکل ۳-۶۴. مجموعه قوانین ساخته شده..... ۱۱۴
- شکل ۳-۶۵. پیش‌نمایش نتایج طبقه‌بندی قانون‌مبنا همراه با سایر عوارض..... ۱۱۵
- شکل ۳-۶۶. گام ذخیره‌سازی نتایج نهایی طبقه‌بندی..... ۱۱۶
- شکل ۳-۶۷. گزارش فرآیندهای انجام شده و آماره‌های مساحت عارضه..... ۱۱۷
- شکل ۳-۶۸. Shapefile سقف‌های استخراج شده..... ۱۱۸
- شکل ۳-۶۹. تصویر منطقه‌ی شهری متعلق به نمونه‌ی کاربردی دوم..... ۱۱۹
- شکل ۳-۷۰. انتخاب مقدار ۳۰ برای مقیاس قطعه‌بندی..... ۱۲۱
- شکل ۳-۷۱. انتخاب مقدار ۹۰ برای گام ادغام قطعه‌بندی..... ۱۲۲
- شکل ۳-۷۲. انتخاب گزینه‌ی 'Choose by Selecting Examples'..... ۱۲۳
- شکل ۳-۷۳. بازیابی داده‌های آموزشی از قبل تهیه شده..... ۱۲۴
- شکل ۳-۷۴. کلاس‌های انتخاب شده از قبل برای طبقه‌بندی..... ۱۲۴
- شکل ۳-۷۵. قرار دادن لایه‌ی تصویر اصلی بالای تصویر قطعه‌بندی شده..... ۱۲۵
- شکل ۳-۷۶. تایپ مقدار 710,284 جهت مشاهده‌ی نتیجه‌ی طبقه‌بندی..... ۱۲۶
- شکل ۳-۷۷. هیچ نمونه‌ی آموزشی برای این جاده‌ها انتخاب نشده است..... ۱۲۶
- شکل ۳-۷۸. خطای اضافه‌شدگی سطوح غیرقابل نفوذ..... ۱۲۷
- شکل ۳-۷۹. تایپ مقدار 700,1175 جهت مشاهده‌ی نتیجه‌ی طبقه‌بندی..... ۱۲۷
- شکل ۳-۸۰. داده‌ی آموزشی از قبل انتخاب شده برای عارضه‌ی سنگفرش‌ها..... ۱۲۸
- شکل ۳-۸۱. یک قطعه‌ی غیر قابل نفوذ که به اشتباه طبقه‌بندی شده..... ۱۲۸
- شکل ۳-۸۲. اضافه کردن یک عارضه‌ی جدید..... ۱۲۹
- شکل ۳-۸۳. انتخاب نمونه‌های آموزشی برای عارضه‌ی جاده‌های خاکی..... ۱۳۰
- شکل ۳-۸۴. سربرگ 'Attributes' در پنجره‌ی 'Extract Features'..... ۱۳۱

- شکل ۳-۸۵. سه طبقه‌بندی‌کننده‌ی نظارت‌شده ..... ۱۳۲
- شکل ۳-۸۶. نحوه‌ی ذخیره‌سازی و یا بازیابی داده‌های آموزشی ..... ۱۳۳
- شکل ۳-۸۷. لایه‌ی Shapefile سطوح غیرقابل نفوذ استخراج‌شده ..... ۱۳۴
- شکل ۳-۸۸. پنجره‌ی تنظیمات مربوط به فایل برداری سطوح غیر قابل نفوذ ..... ۱۳۴
- شکل ۴-۱. مراحل روش‌های پردازش تصویری سنجش از دور ..... ۱۳۷
- شکل ۴-۲. تصویر SPOT 5 (قدرت تفکیک مکانی ۲/۵ متر) ..... ۱۴۰
- شکل ۴-۳. داده‌های استفاده شده در مطالعه‌ی کاربردی ۱ ..... ۱۴۱
- شکل ۴-۴. منحنی‌های متوسط پاسخ طیفی هر ۵ کلاس مطالعه‌ی اول ..... ۱۴۲
- شکل ۴-۵. روش طبقه‌بندی درخت‌تصمیم مبتنی بر طیف به‌صورت نموداری ..... ۱۴۳
- شکل ۴-۶. روش طبقه‌بندی درخت‌تصمیم با ترکیب ویژگی بافت و داده‌ی DEM ..... ۱۴۵
- شکل ۴-۷. روش طبقه‌بندی شیء‌مبنا در دو سطح به‌صورت نموداری ..... ۱۴۶
- شکل ۴-۸. تصاویر طبقه‌بندی‌شده حاصل از روش‌های این بخش ..... ۱۵۰
- شکل ۴-۹. روش طبقه‌بندی پیکسل‌مبنا برای بازیابی داده‌ی GIS ..... ۱۵۳
- شکل ۴-۱۰. تفاوت بین روش طبقه‌بندی پیکسل‌مبنا و شیء‌مبنا ..... ۱۵۴
- شکل ۴-۱۱. داده‌ی ورودی برای طبقه‌بندی پیکسل‌مبنا طبقه‌بندی شیء‌مبنا ..... ۱۵۶
- شکل ۴-۱۲. نمودارهای پراکندگی باند مادون قرمز نزدیک برحسب باند قرمز ..... ۱۵۷
- شکل ۴-۱۳. اعمال عملگر بافت ۵x۵ پیکسل روی تصویر ..... ۱۵۹
- شکل ۴-۱۴. واریانس متوسط اشیای GIS در باند آبی ..... ۱۶۰
- شکل ۴-۱۵. واریانس شیء در باندهای طیفی مختلف ..... ۱۶۰
- شکل ۴-۱۶. شاخص پوشش گیاهی برای ..... ۱۶۱
- شکل ۴-۱۷. درصد پیکسل‌های به درستی طبقه‌بندی‌شده ..... ۱۶۴
- شکل ۴-۱۸. نمایش فضای ویژگی طبقه‌بندی شیء‌مبنا ..... ۱۶۵
- شکل ۴-۱۹. (الف) داده‌ی GIS. (ب) نتیجه‌ی طبقه‌بندی ..... ۱۶۶
- شکل ۵-۱. فرآیند استخراج ساختمان از یک تصویر بر اساس ..... ۱۷۱
- شکل ۵-۲. روش استخراج مرز ساختمان ..... ۱۷۳

- شکل ۳-۵. نتیجه‌ی قطعه‌بندی مبتنی بر لبه ..... ۱۷۴
- شکل ۴-۵. تصویر طبقه‌بندی‌شده و تصویر باینری ساختمان‌ها ..... ۱۷۷
- شکل ۵-۵. روش استخراج مرز ساختمان با استفاده از طبقه‌بندی شیء‌مبنای فازی ..... ۱۷۹
- شکل ۶-۵. مفهوم پارامترهای مقیاس و همگونی (رنگ و شکل) ..... ۱۸۰
- شکل ۷-۵. قطعه‌بندی قدرت‌تفکیک چندگانه ..... ۱۸۱
- شکل ۸-۵. تصویر طبقه‌بندی‌شده، تصویر باینری ساختمان‌ها و تصویر مرزها ..... ۱۸۲
- شکل ۹-۵. روش پیشنهادی استخراج مرز ساختمان ..... ۱۸۴
- شکل ۱۰-۵. باند قرمز تصویر و تصویر باینری حاصل از آستانه‌گذاری Otsu ..... ۱۸۵
- شکل ۱۱-۵. حذف نواحی غیرساختمانی کوچک ..... ۱۸۷
- شکل ۱۲-۵. تولید تصویر لبه با استفاده از عملگر لبه‌یاب Canny ..... ۱۸۸
- شکل ۱۳-۵. تعریف قاعده برای ویژگی گردش‌دگی ..... ۱۹۰
- شکل ۱۴-۵. نمونه‌ای از انواع شکل ساختمان‌ها ..... ۱۹۲
- شکل ۱۵-۵. نمونه‌ای از رنگ‌های مختلف در بام ساختمان‌ها ..... ۱۹۳
- شکل ۱۶-۵. مواردی از پاسخ طیفی مشابه برخی عوارض غیرساختمانی ..... ۱۹۴
- شکل ۱۷-۵. تنوع ساختمان‌ها از لحاظ چیدمان و فاصله ..... ۱۹۵
- شکل ۱۸-۵. روند کنترل کیفیت و ارزیابی دقت پیکسلی ..... ۱۹۷
- شکل ۱۹-۵. نمودار مقادیر درصد شناسایی مرز ساختمان (DR) ..... ۲۰۲
- شکل ۲۰-۵. نمودار مقادیر درصد اعتمادپذیری (R) ..... ۲۰۶
- شکل ۲۱-۵. نمودار مقادیر خطای اضافه‌شدگی (FPR) ..... ۲۰۸
- شکل ۲۲-۵. نمودار مقادیر دقت‌کلی (OA) ..... ۲۰۹
- 
- شکل ۱-۶. تفاوت زاویه‌ی دید سنجنده ..... ۲۲۰
- شکل ۲-۶. فاصله‌ی کم بین ساختمان‌ها و تغییرات ارتفاعی در مناطق شهری ..... ۲۲۱
- شکل ۳-۶. انواع روش‌های تناظریابی تصاویر در سنجش از دور و فتوگرامتری ..... ۲۲۳
- شکل ۴-۶. ایجاد هرم تصویری در مقیاس‌های مختلف ..... ۲۳۳
- شکل ۵-۶. ایجاد فضای اختلاف تفاضلی گوسی (DoG) ..... ۲۳۵
- شکل ۶-۶. پیدا کردن نقاط اکسترمم در فضای مقیاسی ..... ۲۳۶

شکل ۶-۷. تخصیص جهت در روش SIFT	۲۴۰
شکل ۶-۸. روش تناظریابی شیء‌مبنای پیشنهادی	۲۴۵
شکل ۶-۹. مقایسه‌ی عملگرها در استخراج گوشه‌های ساختمان	۲۴۶
شکل ۶-۱۰. تصاویر پانکروماتیک مناطق ۹گانه	۲۴۸
شکل ۶-۱۱. محل قرار گرفتن نقاط استخراج‌شده‌ی ساختمانی	۲۵۵
شکل ۶-۱۲. مقایسه‌ی روش‌های تناظریابی پیشنهادی، ضریب‌همبستگی و SIFT	۲۵۸
شکل ۶-۱۳. تصاویر باینری استخراج ساختمان	۲۶۱
شکل ۶-۱۴. استخراج نقاط لبه و گوشه	۲۶۲
شکل ۶-۱۵. مقایسه‌ی روش پیشنهادی با روش ضریب‌همبستگی	۲۶۳
پیوست (الف). مجموعه‌ی تصاویر مورد آزمایش در فصل ۵	۳۰۰





## فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۱. مشخصات برخی ماهواره‌های قدرت تفکیک بالا ..... ۴
- جدول ۱-۴. پارامترهای قطعه‌بندی قدرت تفکیک چندگانه ..... ۱۴۷
- جدول ۲-۴. نتایج ارزیابی دقت‌های حاصل از روش‌های طبقه بندی ..... ۱۴۸
- جدول ۱-۵. ماتریس خطا (ابهام)..... ۱۹۷
- جدول ۲-۵. مقادیر درصد استخراج مرز ساختمان (DR) ..... ۲۰۱
- جدول ۳-۵. مقادیر درصد اعتمادپذیری (R) ..... ۲۰۴
- جدول ۴-۵. مقادیر خطای اضافه‌شدگی (FPR) ..... ۲۰۷
- جدول ۵-۵. مقادیر دقت کلی (OA) ..... ۲۱۰
- جدول ۱-۶. معیارهای تعیین شباهت میان دو پنجره‌ی تصویری ..... ۲۲۶
- جدول ۲-۶. نتایج تناظریابی روش SIFT ..... ۲۵۰
- جدول ۳-۶. نتایج تناظریابی روش تناظریابی ضریب همبستگی بهبودیافته ..... ۲۵۳
- جدول ۴-۶. مقایسه‌ی نتایج پیاده‌سازی دو روش SIFT و ضریب همبستگی ..... ۲۵۴
- جدول ۵-۶. مقایسه‌ی تعداد کل نقاط متناظر در روش‌های SIFT و SIFT بهبود یافته ..... ۲۵۶
- جدول ۶-۶. مقایسه‌ی تناظرهای درست ..... ۲۵۷
- جدول ۷-۶. مقایسه‌ی روش ضریب همبستگی و روش شیء‌مبنای پیشنهادی ..... ۲۵۹
- جدول ۸-۶. مقایسه‌ی تناظرهای صحیح مربوط به ساختمان ..... ۲۶۲



# فصل ۱

## مقدمه

در این فصل از کتاب ...

- مقدمه‌ای در مورد سنجش از دور و سطوح پردازش تصویری بیان می‌شود؛
- روش‌های پردازش مبتنی بر پیکسل و مبتنی بر شیء توضیح داده می‌شود؛
- برتری‌های روش‌های شیء‌مبنا نسبت به روش‌های پیکسل‌مبنا ذکر می‌گردد.

## ۱-۱ سنجش از دور و تصاویر قدرت تفکیک بالا

سنجش از دور<sup>۱</sup>، علم اخذ اطلاعات در مورد اشیاء، اجسام یا پدیده‌های سطح زمین است بدون اینکه با آنها تماس فیزیکی داشته باشد. این کار به وسیله‌ی دریافت، ثبت انرژی بازتابی یا گسیل شده (توسط یک سنجنده‌ی هوایی یا فضایی)، پردازش، تجزیه و تحلیل و به‌کارگیری اطلاعات انجام می‌شود [۱]. برخی سنجنده‌های سنجش از دور به طول موج‌های مرئی<sup>۲</sup> و مادون قرمز نزدیک<sup>۳</sup> طیف الکترومغناطیس<sup>۴</sup> (EM) حساس هستند. همانطور که شکل ۱-۱ نیز نشان می‌دهد این سنجنده‌ها، انرژی بازتابی از اشیای مختلف سطح زمین را به اعداد رقمی<sup>۵</sup> (DNs) (یا درجات خاکستری) تبدیل می‌کند که این اعداد، یک تصویر رقمی را تشکیل می‌دهد [۲].

یکی از مشخصات سنجنده‌های سنجش از دور، قدرت تفکیک مکانی است. سنجنده‌ها دارای قدرت تفکیک مکانی متفاوتی هستند که هر کدام در کاربردهای مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در سال‌های اخیر، تصاویر حاصل از سنجنده‌های قدرت تفکیک بالا، یکی از محصولات پرکاربرد و جدید سنجش از دور محسوب شده است. قدرت تفکیک مکانی این سنجنده‌ها اغلب بین ۰/۴ تا ۶ متر است [۳]. ماهواره‌ی IKONOS، به‌عنوان اولین ماهواره‌ی تجاری قدرت تفکیک بالا در سال ۱۹۹۹ شناخته می‌شود. بعد از آن ماهواره‌های تجاری QuickBird در سال ۲۰۰۱ و GeoEye-1 در سال ۲۰۰۸ پدیدار شدند [۴]. در بین ماهواره‌های قدرت تفکیک بالا، ماهواره‌ی SPOT 5 دارای وسیع‌ترین پهنای باند است [۵]. خلاصه‌ای از مشخصات این چهار ماهواره در جدول ۱-۱ آورده شده است. تصاویر حاصل از این ماهواره‌ها چه تصاویر تک‌منظری<sup>۶</sup> و چه تصاویر استریو<sup>۷</sup> دارای کاربردهای فراوانی در حوزه‌ی سنجش از دور و فتوگرامتری هستند. از جمله‌ی این کاربردها می‌توان به تهیه‌ی

<sup>1</sup> Remote Sensing

<sup>2</sup> Visible

<sup>3</sup> Near Infrared

<sup>4</sup> Electromagnetic Spectrum

<sup>5</sup> Digital Numbers

<sup>6</sup> Monocular

<sup>7</sup> Stereo