بسم الله الرحمن الرحيم

**دانشگاه اصفهان**
**دانشکده فنی و مهندسی**
**گروه مهندسی عمران – سنجش از دور**

**پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی عمران - سنجش از دور**

# طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بزرگ مقیاس با استفاده از آنالیز چند مقیاسی در روش های شیء گرا

**اساتید راهنما:**
**دکتر مهدی مومنی**
**دکتر سید امیر حسن منجمی**

**پژوهشگر:**
**رضا عطارزاده**

**بهمن ماه 1389**

**کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه اصفهان است.**

دانشگاه اصفهان
دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی عمران – سنجش از دور

## پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی عمران - سنجش از دور

# طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بزرگ مقیاس با استفاده از آنالیز چند مقیاسی در روش های شیء گرا

در تاریخ ۱۳۸۹/۱۱/۱۷ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ۱ -استاد راهنمای پایان نامه | دکتر مهدی مومنی | با مرتبه ی علمی | استادیار | امضا |
| ۲ -استاد راهنمای پایان نامه | دکتر سید امیر حسن منجمی | با مرتبه ی علمی | استادیار | امضا |
| ۳ -استاد داور داخل گروه | دکتر جمال عسگری | با مرتبه ی علمی | استادیار | امضا |
| ۴ -استاد داورخارج از گروه | دکتر پیمان معلم | با مرتبه ی علمی | دانشیار | امضا |

امضای مدیر گروه

## تشکر و تقدیر

در اینجا بر خود لازم میدانم از جناب آقای دکتر مهدی مومنی و جناب آقای دکتر سید امیر حسن منجمی به عنوان اساتید راهنما، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. قطعا انجام این تحقیق بدون راهنمایی ها و کمکهای این دو عزیز میسر نبود. همچنین از اعضا هیات داوران، آقایان دکتر جمال عسگری و دکتر پیمان معلم به خاطر مطالعه دقیق این پایان نامه و ارائه پیشنهادات مهم و سازنده کمال تشکر و قدردانی را دارم.

ارج می نهم کمک های دوستان خوبم آقایان مهندس یوسف نژاد، مهندس دهقانی، مهندس یا علی، مهندس ملکان، آقای دکتر مقصودی و دکتر بهرامی و سایر دوستان عزیزم را، به خاطر تشویق ها و حمایت های بیدریغشان.

گرامی می‌دارم زحمات بی شائبه خانواده ام را، که در طول این سالیان همواره با جان و دل مشوق و راهنمای بنده بوده اند. به خاطر هر آن چه بودم، هستم و خواهم شد، خود را تا ابد مدیون این عزیزان می دانم.

تقدیم به پدر و مادرم...

## چکیده

سنجش از دور تامین کننده اطلاعات ارزشمندی در ارتباط با نقشه برداری، پایش های محیطی، مدیریت بلایا و سایر مسائل عمرانی است. با این وجود، استفاده شایسته از حجم وسیع اطلاعات تولید شده در سنجش از دور، مستلزم استخراج اطلاعات مناسب از داده ها، ارائه آن در یک قالب استاندارد و ورود آن به سامانه اطلاعات مکانی می باشد. در این بین استخراج اتوماتیک عارضه ساختمان از تصاویر ماهواره‌ای، یک بحث تحقیقاتی فعال درحوزه ی سنجش از دور و ماشین بینایی است که بعضی از کاربردهای مفید آن، اتوماسیون فرآیند استخراج اطلاعات از تصاویر و بروز رسانی پایگاه های داده سیستم اطلاعات مکانی می باشد. در حالیکه آلگوریتمهای بسیاری برای استخراج ساختمانها ارائه شده اند، هیچ یک از آنها نمی توانند مسئله را بطور کامل حل کنند. امروزه با ظهور تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک مکانی بالا و از آنجا که مجموعه ای از پیکسل ها نمایش دهنده ی عوارضی چون ساختمان می باشد استفاده از آنالیزهایی غیر از روش های پیکسل مبنا ضروری است، به همین دلیل طی سال های اخیر آنالیزهای شیء مبنا مطرح گردیده است. آنالیزهای شیء مبنا با در نظر گرفتن اشیاء تصویری حاصل از فرآیند تقطیع به عنوان واحد پردازش، امکان دسترسی به اطلاعات طیفی دیگری چون مقدار میانگین در هر باند، مقدار کمینه و بیشینه، واریانس و غیره را فراهم آورده و از آن مهم تر امکان در نظر گرفتن اطلاعات مکانی چون فاصله، همسایگی ها و توپولوژی را میسر می سازد.

در این تحقیق از طبقه بندی شیء گرا جهت استخراج ساختمان استفاده شده است. این روش امکان استفاده از اطلاعات شکل، مجاورت و مفهومی را علاوه بر اطلاعات طیفی می دهد. در این تحقیق در ابتدا با استفاده از یک آلگوریتم مناسب، اشیاء تصویری تولید شده و در ادامه با استفاده از روش جدا سازی و آستانه گذاری ویژگی هایی که منجر به آشکار سازی عارضه ساختمان می شود، تعیین می گردد. تصویر ماهواره ای استفاده شده در این تحقیق، تصاویر pan و multispectral سنجنده QuickBird از منطقه شهری اصفهان می باشد. در بخش ارزیابی نتایج، نشان داده می شود که روش مذکور می تواند بیش از 85 درصد ساختمانهای موجود در تصویر مورد مطالعه را تشخیص دهد. همچنین در بخش دیگری از پژوهش سعی شده است تا با آنالیز شیء مبنای داده های لیدار و تصویر ماهواره‌ای بزرگ مقیاس و امکان استفاده از ویژگی های طیفی، هندسی، آماری و مفهومی نتایج کار به نحو قابل توجهی بهبود یابد.



**واژگان کلیدی:** آنالیز شیء مبنای تصویر، تقطیع چندمقیاسی، تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا

## فهرست منابع

**عنوان** **صفحه**


**فصل اول : مقدمه**

1 – 1 - بیان مساله پژوهشی ..... 1

1 – 2 - مروری بر روشهای استخراج اتوماتیک ساختمان ..... 3

1 – 3 – اهداف تحقیق ..... 7

1 – 4 – اهمیت و کاربرد تحقیق ..... 8

1 – 5 – ساختار پایان نامه ..... 8

**فصل دوم : ابزار و داده**

2 – 1 - تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک مکانی بالا ..... 10

2 - 1 – 1 - قدرت تفکیک مکانی، طیفی و رادیومتریک ..... 11

2 – 1 – 2- نمایش تصویر ..... 12

2 – 1 – 3 – امضای طیفی ..... 13

2 – 2 – ماهواره ی QUICKBIRD ..... 14

2 – 3 – LIDAR ..... 15

2 – 4 – محیط نرم افزاری جهت آنالیز شیءگرای تصویر ..... 15

2 – 5 – پیش پردازش تصاویر ماهواره ای ..... 17

2 – 5 - 1 – PAN SHARPENING ..... 18

**فصل سوم : روش کار**

3 – 1 – آنالیز پیکسل مبنای تصاویر سنجش از دوری ..... 19

3 – 2 - آنالیز شیء مبنای تصاویر سنجش از دوری ..... 20

3 – 2 – 1 - تقطیع ..... 20

3 – 2 - 1 - 1 - نیازها ..... 21

3 – 2 - 1 - 2 – کارایی آلگوریتم ..... 22

3 – 2 - 1 - 3 – تکرارپذیری نتایج ..... 22

3 – 2 - 1 - 4 – مدلسازی و طبقه بندی معنایی ..... 23
3 – 2 - 2 – تقطیع چندمقیاسی ..... 25
3 – 2 - 2 - 1 – معیار همگنی ..... 27
3 – 2 - 2 - 2 – فرآیند بهینه سازی تلفیق ..... 29
3 – 2 - 2 - 3 – مدلسازی و طبقه بندی معنایی ..... 31
3 – 3 – آنالیز ویژگیها ..... 33
3 – 3 - 1 – روش SEATH ..... 34
3 – 4 – استخراج اتوماتیک ساختمان با استفاده از آنالیز واریانس ..... 41
3 – 4- 1 – تئوری و اصول ..... 41
3 – 4 – 2 – تعریف ناحیه جستجو ..... 42
3 – 4 – 3 – کمی سازی تغییرات سطح خاکستری ..... 43
3 – 4 - 4 – کمی سازی توزیع مکانی تغییرات سطح خاکستری ..... 43
3 – 5 – استخراج اتوماتیک ساختمان با استفاده از آنالیز شیء مبنای داده های لیدار و تصاویر ماهواره ای بزرگ مقیاس ..... 44
3 – 6 – استخراج اتوماتیک ساختمان با استفاده از آنالیز شیء مبنا از تصاویر ماهواره ای بزرگ مقیاس ..... 45
3 – 6 – 1 – آلگوریتم تقطیع ..... 45
3 – 6 – 2 – انتخاب ویژگی با استفاده از روش تفکیک پذیری و آستانه گذاری ..... 46

**فصل چهارم : پیاده سازی و ارزیابی نتایج**

4 – 1 – پیاده سازی آلگوریتم استخراج اتوماتیک ساختمان از تصاویر ماهواره ای بزرگ مقیاس با استفاده از آنالیز واریانس ..... 49
4 – 1 – 1 – منطقه مورد مطالعه ..... 49
4 – 1 – 2 – محاسبه مقادیر واریانس ..... 50
4 – 1 – 3 – 3 - محاسبه مقادیر DRV ..... 51
4 – 1 – 3 – 4 - استخراج ساختمان ..... 52
4 – 1 – 4 – نتایج ..... 52
4 – 2- آنالیز شیءگرای داده های لیدار و تصایر ماهواره ای بزرگ مقیاس جهت استخراج ساختمان در مناطق شهری ..... 53

4 – 2 – 1 – قطعه بندی ..... 53
4 – 2 – 2 – آشکارسازی اولیه ساختمانها با استفاده از اطلاعات ارتفاعی ..... 54
4 – 2 – 3 – حذف درختان ..... 55
4 – 2 – 3 – 1 – حذف درختان با استفاده از پارامتر انحراف معیار ..... 55
4 – 2 – 3 – 2 – حذف درختان با پوشش متراکم برگ با استفاده از نسبت بین باندی ..... 56
4 – 2 – 4 – آشکارسازی کامل بام ساختمان با استفاده از اطلاعات مجاورت ..... 57
4 – 2 – 5 – حذف اشیاء کوچک با استفاده از ویژگی هندسی مساحت ..... 58
4 – 2 – 4 – نتایج ..... 59
4 – 3 – پیاده سازی آلگوریتم استخراج اتوماتیک ساختمان با استفاده از آنالیز شیء مبنا از تصاویر ماهوارهای بزرگ مقیاس ..... 60
4 – 3 – 1 – داده ها ..... 60
4 – 3 – 2 – تقطیع ..... 60
4 – 3 – 3 – انتخاب ویژگی ..... 62
4 – 3 – 4 - نتایج ..... 63

**فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادات**

5 – 1 – نتیجه گیری ..... 65
5 – 2 – پیشنهادات ..... 65

منابع و ماخذ: ..... 67

## فهرست شکل‌ها

**عنوان** **صفحه**

**فصل اول : مقدمه**

شکل 1-1- ارتباط بین اشیاء تحت بررسی و قدرت تفکیک مکانی(BLASCHKE, 2010) .....3
شکل 1-2- آلگوریتم‌های پیاده‌سازی شده در این تحقیق .....9

**فصل دوم : ابزار و داده**

شکل 2-1- مقایسه قدرت تفکیک طیفی و مکانی چندین سنجنده ی مختلف (NUSSBAUM, ET AL., 2008) .....12
شکل 2-2- نمایش برداری پیکسل های یک تصویر چند طیفی ماهواره ای (4 باندی) (NUSSBAUM, ET AL., 2008) .....13
شکل 2- 3- امضای طیفی چندین ماده مختلف (NUSSBAUM, ET AL., 2008) .....14
شکل 2-4- گردش کار آنالیز شیء مبنای تصاویر سنجش از دوری (NUSSBAUM, ET AL., 2008) .....17
شکل 2-5-الف- تصویر پانکروماتیک ب- تصویر چند طیفی پ- تصویر حاصل از انجام عملیات PAN SHARPENING .....18

**فصل سوم : روش کار**

شکل 3-1- مفاهیم موجود در تقطیع چند مقیاسی (DEFINIENS, 2008) .....26
شکل 3-2- ساختار یک شبکه ی سلسله مراتبی (NUSSBAUM ET AL., 2008) .....27
شکل 3-3- نمایش سلسله مراتبی از سطوح تقطیع در آلگوریتم تقطیع چندمقیاسی (NUSSBAUM ET AL., 2008) .....27
شکل 3-4- توابع عضویت مختلف در نرم افزار eCOGNITION (NUSSBAUM ET AL., 2008) .....32
شکل 3-5- نمونه هایی از توزیع احتمال (NUSSBAUM ET AL., 2008) .....36
شکل 3-6- تعیین حدآستانه (NUSSBAUM ET AL., 2008) .....38
شکل 3-7- ناحیه جستجو .....42

**فصل چهارم : پیاده سازی و ارزیابی نتایج**

شکل 4-1- تصاویر اصلی (الف): ناحیه منظم (ب): ناحیه نامنظم از نظر اندازه (پ): ناحیه نامنظم از نظر جهت (ت): ناحیه کاملا نامنظم .....50

شکل 4-2- تصاویر واریانس (الف): ناحیه منظم (ب): ناحیه نامنظم از نظر اندازه (پ): ناحیه نامنظم از نظر جهت (ت): ناحیه کاملا نامنظم ..... 50
شکل 4-3- تصاویر باینری تولید شده از روی تصویر واریانس (الف): ناحیه منظم (ب): ناحیه نامنظم از نظر اندازه (پ): ناحیه نامنظم از نظر جهت (ت): ناحیه کاملا نامنظم ..... 51
شکل 4-4- تصاویر DRV (الف): ناحیه منظم (ب): ناحیه نامنظم از نظر اندازه (پ): ناحیه نامنظم از نظر جهت (ت): ناحیه کاملا نامنظم ..... 52
شکل 4-5- مراکز ساختمان استخراج شده (الف): ناحیه منظم (ب): ناحیه نامنظم از نظر اندازه (پ): ناحیه نامنظم از نظر جهت (ت): ناحیه کاملا نامنظم ..... 52
شکل 4-6- تصویر اصلی استفاده شده در آلگوریتم آنالیز شیء مبنا ..... 54
شکل 4-7- تقطیع تصویر با استفاده از آلگوریتم تقطیع چندمقیاسی ..... 54
شکل 4-8- استخراج اولیه ساختمانها ( درختان به اشتباه در کلاس ساختمان قرار گرفته اند) ..... 55
شکل 4-9- تفاوت نمایش عارضه ساختمان و درخت در DSM منطقه ..... 55
شکل 4-10- قرار گرفتن درختان با پوشش برگ متراکم در کلاس ساختمان ..... 56
شکل 4-11- حذف درختان با پوشش متراکم برگ با استفاده از نسبت بین باندی ..... 57
شکل 4-12- عدم پوشش کامل بام ساختمانها ..... 57
شکل 4-13- پوشش کامل بام ساختمان های استخراج شده با استفاده از اطلاعات مجاورت ..... 58
شکل 4-14- حذف اشیاء کوچک با استفاده از ویژگی هندسی مساحت ..... 59
شکل 4-15- تصویر ساختمان های استخراج شده ..... 59
شکل 4-16- تصویر اصلی استفاده شده در آلگوریتم ..... 60
شکل 4- 17- تصویر قطعه بندی شده ..... 61
شکل 4- 18- قسمتی از تصویر فوق که بزرگنمایی شده است ..... 61
شکل 4- 19- تصویر ساختمان های استخراج شده ..... 63

## فهرست جدول‌ها

**عنوان** **صفحه**

**فصل سوم : روش شناسی**

جدول 3-1- ویژگی های انتخاب شده در آنالیز SEATH.....39
جدول 3-2- خلاصه نتایج به دست آمده از اعمال آنالیز SEATH .....40
جدول 3-3- ویژگی های مورد استفاده در آنالیز تفکیک پذیری و آستانه گذاری .....47

**فصل چهارم : پیاده سازی و ارزیابی نتایج**

جدول 4-1- نتایج عددی حاصل از پیاده سازی .....53
جدول 4-2- ویژگی های مورد استفاده جهت استخراج ساختمان .....62

# فصل اول : مقدمه

## 1 – 1 - بیان مساله پژوهشی

سنجش از دور تامین کننده اطلاعات ارزشمندی در ارتباط با نقشه برداری، پایش‌های محیطی، مدیریت بلایا و سایر مسائل عمرانی است. با این وجود، استفاده شایسته از حجم وسیع اطلاعات تولید شده در سنجش از دور، مستلزم استخراج اطلاعات مناسب از داده‌ها، ارائه آن در یک قالب استاندارد و ورود آن به سامانه اطلاعات مکانی[1] می‌باشد. در این راستا رویکردهای شیء گرا[2] نقش موثری را در آنالیزهای اتوماتیک و نیمه اتوماتیک داده های سنجش از دوری ایفا می‌نماید.

روش های متداول طبقه بندی داده های سنجش از دور مانند روش های آماری عمدتا وابسته به خصوصیات طیفی پدیده های زمینی است. از آنجائیکه اغلب این پدیده ها از ویژگی های طیفی پیچیده ای برخوردار بوده و دارای همپوشانی با یکدیگر هستند، زمانیکه این ویژگی های طیفی به تنهایی به کار برده می‌شوند در بعضی از موارد نتایج رضایت بخشی بدست نمی‌آید. استفاده از داده های کمکی از قبیل ارتفاع، شیب، جهت و داده های مکانی مانند شکل، اندازه و همجواری در کنار داده های طیفی می‌تواند دقت طبقه بندی را افزایش دهد. از اینرو روش

[1] Geospatial Information System

[2] Object Oriented Approach

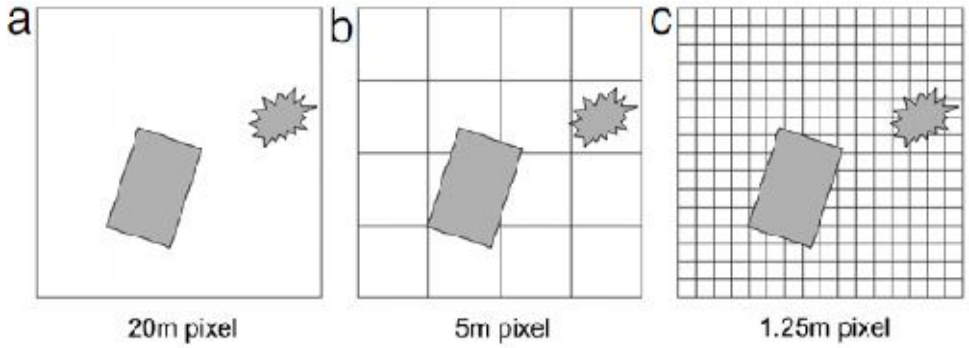
طبقه بندی شیء مبنا به دلیل اینکه از هر دو دسته ویژگی های طیفی و غیر طیفی در کنار هم استفاده می‌کند، نتایج بهتری را به همراه دارد (Nussbaum, et al., 2008) .

استخراج اتوماتیک ساختمان در مناطق شهری نوعی طبقه‌بندی دو کلاسه است. استخراج عارضه‌ی ساختمان به دلیل پیچیدگی شکل ساختمان‌ها و استفاده از مصالح مختلف در بام ساختمان‌ها مسئله‌ای دشوار می‌باشد. طی سالیان گذشته محققان زیادی به ارائه آلگوریتم‌های متعددی به منظور آشکارسازی ساختمان از تصاویر ماهواره-ای بزرگ مقیاس پرداخته‌اند. در دسترس بودن سنجنده های تصویربرداری ماهواره ای با قدرت تفکیک بالا مانند QuickBird، منبعی جدید برای آلگوریتم‌های استخراج ساختمان فراهم آورده است. قدرت تفکیک مکانی بالای این تصاویر، جزئیات بسیاری را در مناطق شهری آشکار می‌سازد و طبقه بندی و استخراج عوارض شهری مانند راهها و ساختمانها را تسهیل می‌کند (لاری و همکاران ۱۳۸۸). از آنجایی که استخراج دستی ساختمان ها از چنین تصاویری بسیار زمان‌بر است، روشهای اتوماتیک یا نیمه اتوماتیکی برای این تصاویر لازم است (لاری و همکاران ۱۳۸۸). روش‌های اتوماتیک سرعت تهیه و بازنگری نقشه های شهری را افزایش می‌دهند. این تکنیک ها به انجام یک برآورد آماری اولیه روی داده های آموزشی نیاز دارند تا فرضیاتی را برای موقعیت و اندازه عوارض ساختمانی موجود فراهم آورند.(Lee, et al., 2003; Shackelford, et al., 2003) (Benediktsson, et al., 2003)(لاری و همکاران ۱۳۸۸)

انسان در هنگام مشاهده‌ی یک تصویر میان دانش قبلی و پدیده‌ی مشاهده شده ارتباط برقرار می‌کند. به عبارت دیگر بینایی انسان غیر از درجه خاکستری از ویژگی های دیگری چون بافت، شکل، اندازه و روابط بین اشیاء در شناسایی استفاده می‌کند (Nussbaum, et al., 2008) . روشی شبیه به این نوع تفسیر در آنالیز شیء مبنای تصاویر[1] سنجش از دوری نیز استفاده می‌گردد، هر چند امکان دسترسی به پیچیدگی و نحوه عملکرد ادراک بشری قابل دسترس نمی‌باشد(Baatz, et al., 1999; Nussbaum, et al., 2008) . با توجه به نیاز روز افزون به سنجش از دور و امکانات فزآینده آن و با توجه به پتانسیل بالای آنالیز های شیء مبنا در تفسیر تصاویر سنجش از دوری استفاده از این نوع آنالیز دارای اهمیت بسیاری می‌باشد. در این نوع آنالیز، تصویر مورد نظر به اشیاء تصویری منحصر به فردی قطعه بندی می‌شود. این قطعات تصویری می‌بایستی منعکس کننده اشیاء موجود در واقعیت باشد. در ادامه در یک سامانه دانش مبنا، با توجه به ویژگی های استخراج شده و بر اساس تلفیقی از این ویژگی ها، نسبت به تعریف یک پایگاه قوانین اقدام می‌گردد. به این منظور به جز ویژگی های طیفی از ویژگی-هایی چون شکل، اندازه، بافت و اطلاعات مجاورت جهت توصیف اشیاء استخراج شده از تصویر در فرآیند

[1] Object-Based Image Analysis

تقطیع[1]، استفاده می‌گردد. سپس نسبت به استفاده از تابع عضویت جهت تخصیص اشیاء به کلاس های تعریف شده و بر اساس توصیف ویژگی ها اقدام می‌گردد (Nussbaum, et al., 2008) .




شکل ۱-۱- ارتباط بین اشیاء تحت بررسی و قدرت تفکیک مکانی a) قدرت تفکیک مکانی پایین: پیکسل از شیء تصویری کوچکتر است و تکنیک های زیر پیکسلی مورد نیاز است b) قدرت تفکیک مکانی متوسط: اندازه ی پیکسل با اندازه ی شیء برابر بوده و روش های پیکسل مبنا مناسب می‌باشند c) قدرت تفکیک مکانی بالا: اندازه ی پیکسل به طور قابل توجهی از اندازه ی شیء کوچکتر بوده و گروه بندی پیکسل‌ها در قالب اشیاء تصویری مورد نیاز است (Blaschke, 2010)

شکل ۱-۱ بیان کننده ارتباط بین اشیاء مطرح شده و قدرت تفکیک[2] مکانی تصویر بوده و نوع آنالیز مورد استفاده را با توجه به قدرت تفکیک و اندازه شیء آشکار می‌سازد. چنانچه اندازه پیکسل بزرگ تر و یا در بهترین حالت برابر با اندازه شیء مورد بررسی باشد آنالیز های پیکسلی و یا زیر پیکسلی مطرح می‌گردد اما با افزایش قدرت تفکیک مکانی روش های شیء مبنا به منظور استخراج اشیاء تصویری تشکیل شده از چندین پیکسل پیشنهاد می-شود.

## 1 – 2 - مروری بر روشهای استخراج اتوماتیک ساختمان

استخراج ساختمان ها از تصاویر هوایی و ماهواره ای یک بحث تحقیقاتی فعال در حوزه ی سنجش از دور و ماشین بینایی در طی سالهای اخیر می‌باشد که بعضی از کاربردهای مفید آن، اتوماسیون فرآیند استخراج

[1] Segmentation

[2] Resolution

اطلاعات از تصاویر و بروز رسانی پایگاه‌های داده سیستم اطلاعات مکانی است. در طی دهه‌های اخیر تکنیکها و آلگوریتم های مختلفی برای استخراج عارضه ساختمان از تصاویر هوایی و ماهواره ای ارائه شده اند (Baltsavias et al., 2001). مطالعات انجام‌شده در طی این سالها نشان داده است که استفاده از منابع داده‌ی مختلف و روش‌های متفاوت در استخراج عارضه‌ی ساختمان امکان‌پذیر می‌باشد. تصویر هوایی رایج‌ترین و پراستفاده‌ترین منبع جهت استخراج عارضه‌ی ساختمان می باشد. قدرت تفکیک مکانی بسیار بالا، هندسه‌ی قوی و کیفیت بالای رادیومتریکی از مزیتهای استفاده از تصویر هوایی می‌باشد (Baltsavias et al., 2001).

با ظهور تصاویر ماهواره‌ای بزرگ مقیاس محققان به منبع دیگری دسترسی پیدا کردند. تصاویر ماهواره‌ای با در اختیار داشتن قدرت تفکیک مکانی کافی و ویژگی‌های هندسی و رادیومتریکی مناسب جهت استخراج عارضه‌ی ساختمان، منبع مناسبی قلمداد می‌گردد (Eisenbeiss et al., 2004; Jacobsen, 2009). از تصاویر ماهواره‌ای بزرگ مقیاس به طور گسترده‌ای جهت استخراج ساختمان استفاده شده و پژوهش‌های متعددی به این موضوع پرداخته است (Baltsavias et al., 2001; Jin and Davis, 2005; Rottensteiner and Briese, 2003).

همگام با پیشرفت تکنولوژی، روش‌های جدید نیز توسعه یافته‌اند. LiDAR[1] یکی از آنهاست. داده‌های لیدار از پویش[2] سطح زمین به وسیله‌ی اسکنر لیزری سوار بر هواپیما تولید می‌گردد. پژوهشگران زیادی با استفاده از مدل رقومی سطح[3] حاصل از داده‌های لیدار و تصاویر ماهواره‌ای بزرگ مقیاس موفق به استخراج عوارض ساختمانی گردیده‌اند (Brenner, 2005; Miliaresis and Kokkas, 2007; Vu et al., 2009).

یکی از آلگوریتم‌های استخراج (نیمه) اتوماتیک عوارض از تصاویر ماهواره‌ای بزرگ مقیاس، روش‌های پیکسل مبناست. در این رویکرد پیکسل‌های با مقادیر طیفی نزدیک به هم به کلاسی یکسان اختصاص می‌یابند. این روش‌ها با انجام یک برآورد آماری اولیه روی داده های آموزشی، نسبت به اختصاص پیکسل‌ها به کلاس‌های از پیش تعریف شده اقدام می‌کنند. مهمترین محدودیت این روش‌ها در نظر نگرفتن اطلاعات مکانی و مفهومی در فرآیند طبقه‌بندی است (Benz et al., 2004; Blaschke and Strobl, 2001; Burnet and Blaschke, 2003). بهبود روش‌های پیکسل مبنا با مداخله‌ی دانش معنایی در فرآیند طبقه‌بندی امکانپذیر می‌باشد. از روابط مکانی بین پوشش‌های زمینی مختلف به منظور بهبود کیفیت طبقه‌بندی پیکسل مبنا استفاده شده است (Lhomme et al., 2009) که مهمترین هدف، بهبود کیفیت آشکارسازی مرزهای ساختمانی در طی فرآیند

---

[1] Light Detection and Ranging

[2] Scanning

[3] Digital Surface Model

طبقه‌بندی می‌باشد.

رویکرد دیگر، استفاده از لبه‌های استخراج شده جهت بازسازی ساختمان‌ها می‌باشد. این بازسازی در اغلب موارد با تحمیل قواعد تعریف شده توسط کاربر (مانند لبه‌هایی با زاویه‌ی قائم) انجام می‌گیرد. مهمترین محدودیت این روش در هنگام اعمال بر روی تصاویر ماهواره‌ای بزرگ مقیاس، پایین بودن قدرت تفکیک مکانی این تصاویر جهت استخراج دقیق لبه‌ها می‌باشد (Lhomme et al., 2009).

آنالیز شیء مبنا، روش دیگری جهت استخراج اتوماتیک ساختمان است. عملکرد این روش تنها بر مبنای خصیصه‌های طیفی یک پیکسل نبوده و اطلاعات مکانی، مفهومی و بافتی را نیز در نظر می‌گیرد. در این تحقیق از آنالیز شیء مبنا جهت استخراج عارضه‌ی ساختمان از یک تصویر ماهواره‌ای بزرگ مقیاس و تصویر هوایی به همراه داده‌های لیدار استفاده شده است. در ادامه به تشریح مطالعات انجام شده در حوزه‌ی آشکارسازی ساختمان خواهیم پرداخت.

روش‌های استخراج ساختمان عموما بر مبنای گروه‌بندی اشکال هندسی اولیه مانند لبه‌ها یا قطعات تصویری و یا انطباق یک مدل پارامتری از پیش تعریف شده می‌باشد (Katartzis et al., 2001). در بعضی از روش‌های ارائه شده از داده‌های دیگری چون نقشه‌های توپوگرافی (Haala, 1999; Forstner and Pluemer, 1997)، تصاویر ابرطیفی (Huertas et al., 1999; McKeown et al., 1999)، مدل‌های ساختمانی متعدد (Braun et al., 1995) و تبدیل هاف (Lee et al., 2003) نیز استفاده شده است. در روش‌های نیمه اتوماتیک علاوه بر منابع داده‌ی اضافی از مداخله‌ی کاربر نیز استفاده شده است. مداخله‌ی کاربر برای آشکارسازی ساختمان‌های تشخیص داده نشده و ساختمان‌های به اشتباه آشکارسازی شده مطلوب می‌باشد. به طور کلی روش های استخراج ساختمان به دو نوع نیمه اتوماتیک (Sahar and Krupnik, 1999; Lee et al, 2000; Heuel and Nevatia, 1995; Li et al., 1999;) و اتوماتیک (Kim et al, 2001; Huertas, 1999; Collins, 1995) تقسیم-بندی می‌شود.

در مطالعه‌ای که در سال ۱۹۹۵ انجام شد (Lin et al., 1995) یک سامانه‌ی اتوماتیک آشکارسازی ساختمان ارائه گردید. در این سامانه از گروه‌بندی ادراکی[1] به منظور حفظ لبه‌های متعلق به عارضه‌ی ساختمان و حذف لبه‌های متعلق به عوارض دیگر استفاده گردید. در این آلگوریتم از ویژگی شکل ساختمان‌ها در گروه‌بندی ادراکی استفاده شده و از سایه‌ها و دیوار به منظور بازبینی فرضیات تولید شده در فرآیند گروه‌بندی استفاده شده است. همچنین از قطعه خطوط به منظور کشف ساختارهای خطی و اتصال بین آنها استفاده شده است. سپس ویژگی‌ها با

[1] perceptual grouping

ساختاری سلسله مراتبی معرفی می‌شود. ویژگی‌های نمایش‌دهنده‌ی ساختمان انتخاب شده و از وجود یا عدم وجود سایه نیز به منظور تائید عوارض استخراج شده، استفاده می‌شود. این روش به این دلیل که در ابتدا تمامی عوارضی که بالقوه به کلاس ساختمان اختصاص می‌یابند (با توجه به ویژگی‌های استخراج شده) را به عنوان ساختمان در نظر گرفته و در مرحله‌ی بعد سعی بر حذف بعضی از این عوارض با توجه به اطلاعات سایه دارد، چندان موفق عمل نمی‌کند. زیرا در عمل عوارض مرتفع دیگری نیز دارای سایه بوده و همچنان آن عوارض به عنوان ساختمان حفظ می‌شوند.

در تحقیق دیگری (Heuel and Nevatia, 1999)، روش نیمه اتوماتیکی به منظور آشکار سازی ساختمان ارائه شده است. این روش جهت استخراج ساختمان‌هایی با شکل T, L و I انجام شده است. همانند تحقیق قبلی در اینجا نیز از سایه برای تائید تعلق عوارض استخراج شده به کلاس ساختمان استفاده شده است. نتایج نهایی در صورت استخراج مناسب و کافی مرز بام ها برای آشکارسازی این شکل از ساختمان‌ها مناسب می‌باشد. در بعضی از موارد که بام ساختمان تیره باشد مرز بام و سایه تشخیص داده نشده و شواهد کافی (سایه) برای تائید عارضه به عنوان ساختمان وجودندارد. در این موارد راهنمایی بسیار ساده‌ی کاربر مبنی بر اینکه سامانه با ساختمانی تیره مواجه شده کافی می‌باشد.

رویکرد متفاوت دیگری در پژوهشِ (Lee et al, 2003) ارائه شده است. در این روش از خروجی طبقه‌بندی تصویر چندطیفی IKONOS به منظور تعیین حدود موقعیت و شکل ساختمان‌ها استفاده شده است. آشکارسازی دقیق‌تر با تقطیع تصویر پانکروماتیک و روش ارائه شده در این تحقیق (Squaring) امکان‌پذیر می‌باشد. روش ارائه شده (Squaring) بر مبنای تبدیل هاف توسعه یافته و موفق به آشکارسازی مرز ساختمان‌هایی با خطوط مستقیم و با زاویه‌ی ۹۰ درجه می‌گردد. روش ارائه شده موفق به استخراج ۶۴/۴% ساختمان‌ها گردیده است.

مطالعات متعددی در ارتباط با استخراج ساختمان از تصاویر ماهواره‌ای بزرگ مقیاس با استفاده از آنالیز شیء مبنا انجام گرفته است. یکی از اولین مطالعات، توسط Hofmann در سال ۲۰۰۱ انجام گرفت. در این مطالعه از آنالیز شیء مبنا جهت آشکارسازی مناطق مسکونی از تصویر ماهواره‌ای IKONOS استفاده شده است. تقطیع تصویر و طبقه‌بندی قطعات تصویری تولید شده با استفاده از ساختار پیچیده‌ی سلسله مراتبی کلاس‌ها و ویژگی‌های متعددی چون شکل، اندازه و بافت انجام گرفته است. روش بهبودیافته‌ای به منظور آشکارسازی مناطق مسکونی شهر ریودژانیرو، در سال‌های اخیر استفاده شده است. در این روش از ساختار ساده‌تر کلاس‌ها و منطق فازی استفاده شده و بر روی تصویر QuickBird پیاده‌سازی شده است (Hofmann, 2008).

در تحقیق دیگری از آنالیز شیء مبنا برای استخراج ویژگی‌هایی جهت انجام مطالعات آماری روی مناطق ساختمانی شهر بانکوک انجام گرفته است (Dutta and Serker, 2005). در این تحقیق از تقطیع چند مقیاسی

جهت آشکارسازی عوارض شهری مختلف و با اندازه‌های متفاوت استفاده شده، سپس قطعات تصویری با ساختاری سلسله مراتبی و با استفاده از منطق فازی طبقه‌بندی شده‌اند.

در مطالعه‌ی دیگری از آنالیز شیء مبنا جهت آشکارسازی مناطق زاغه‌نشین و تخمین جمعیت ساکن در آن استفاده شده است (Aminipouri et al., 2009). در این مطالعه در ابتدا تقطیع چندمقیاسی بر روی تصویر اعمال شده و سپس از طبقه‌بندی نزدیکترین همسایه جهت استخراج انواع بام‌ها بر اساس معیار رنگ، شکل، اندازه و بافت استفاده شده است.

بیشتر مطالعات انجام شده در زمینه‌ی استخراج ساختمان با استفاده از آنالیز شیء مبنا از مدل رقومی سطح نیز به همراه تصویر ماهواره‌ای بزرگ مقیاس استفاده کرده‌اند (Aubrecht et al., 2009; Jiang et al., 2008). استفاده از مدل رقومی سطح به دلیل در اختیار داشتن داده‌های ارتفاعی ساختمان باعث تمایز ساختمان از عوارض دیگری چون جاده‌ها، زمین بایر و غیره می‌گردد. در بسیاری از موارد از شاخص NDVI جهت تشخیص ساختمان‌ها از عوارض مرتفع دیگری چون درختان استفاده می‌گردد (Chen et al., 2009; Syed et al., 2005).

در انتها لازم به ذکر است، مشکلات متعددی در حل مساله‌ی استخراج اتوماتیک ساختمان وجود دارد (Sahar and Krupnik, 1999). برای مثال ممکن است قسمتی از ساختمان توسط درختان یا اشیاء دیگر و یا سایه‌ی آنها پوشیده شده باشد. علاوه بر آن عارضه‌ی ساختمان دارای اشکال و اندازه‌ها و ارتفاع‌های متنوعی می‌باشد و در ساخت آن از مصالح بسیار متنوعی استفاده می‌گردد از اینرو آلگوریتم‌های موجود قادر به حل همه‌ی این مشکلات نبوده و عدم توفیق در استخراج تمامی ساختمان‌ها منطقی به نظر می‌رسد.

## 1 – 3 – اهداف تحقیق

در این پژوهش به بررسی امکان بهبود طبقه بندی بعضی از پوشش‌های زمینی (به طور خاص استخراج مناطق ساختمانی) با استفاده آنالیز شیء مبنا پرداخته می‌شود. استخراج بردار ویژگی برای هر شیء شامل پارامترهای آماری بافت، شاخص‌های طیفی، اطلاعات هندسی شکل همراه با معرفی قوانین منطقی حاکم بین پارامترهای ارائه شده جهت کشف عوارضی خاص بعنوان ایده اولیه دنبال شده است. همچنین اهداف فرعی زیر در این تحقیق دنبال گردیده است:

- ارائه ویژگی‌های هندسی با استفاده از روش‌های پردازش تصویری بر مبنای اطلاعات مجاورت
- ساختاردهی ویژگی‌های تولید شده در قالب شیء‌گرا
- ارائه ترکیب بهینه صفات شیء بر اساس مقایسه نتایج حاصل از داده های زمینی مستقل