

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۲

## پردازش شیء گرای تصاویر سنجش از دور با توان تفکیک مکانی بالا و ابرنقاط لایدار با هدف استخراج ساختمان برای تهیه نقشه حدنگار شهری

مهدی خوش برش ماسوله

دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور، دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران  
پست الکترونیکی: m.khoshboresh@ut.ac.ir

مهدی آخوندزاده هنزائی\*

استادیار، دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران  
پست الکترونیکی: makhonz@ut.ac.ir

مهدی حسنلو

استادیار، دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران  
پست الکترونیکی: hasanlou@ut.ac.ir

سعید صادقیان

دانشیار آموزشکده نقشه برداری، سازمان نقشه برداری کشور  
پست الکترونیکی: sadeghian@ncc.org.ir

چکیده:

ساختمان و تفکیک ساختمان از سایر عوارض دارای کاربرد فراوان می‌باشد. اما پردازش این داده‌ها به صورت ترکیبی، همچنان دارای چالش‌های مهمی در انتخاب راهبردی تلفیق داده‌ها به‌ویژه در استخراج ساختمان‌هایی با شکل هندسی پیچیده می‌باشد. هدف از مقاله حاضر، ارائه راهکاری کارآمد مبتنی بر پردازش شیء گرای تصاویر سنجش از دور و ابرنقاط لایدار به صورت ترکیبی، جهت استخراج ساختمان با شکل هندسی پیچیده و با هدف تهیه نقشه حدنگار شهری است. نتایج به دست آمده بر روی تصاویر سنجنده WorldView-2 و ابرنقاط لایدار برای قسمتی از شهر ایندیاناپولیس ایالات متحده آمریکا نشان

امروزه پردازش تصاویر ماهواره‌ای (سنجش از دور) از جمله مهم‌ترین راهکارهای تهیه اطلاعات مکانی پایه از شهرها به حساب می‌آید. به دلیل اهمیت نقشه‌های حدنگار شهری که دربرگیرنده اطلاعات مکانی ساختمان‌ها است و نقش مؤثری که در برنامه‌ریزی‌های توسعه زیرساخت‌های ملی و مدیریت کاربری اراضی دارد، ارائه روشی کارآمد جهت تهیه این نقشه‌ها بر مبنای پردازش تصاویر ماهواره‌ای ضروری است. در این زمینه، استفاده از ابرنقاط لایدار به دلیل ارائه اطلاعات ارتفاعی به همراه تصاویر ماهواره‌ای با توان تفکیک مکانی بالا به دلیل شناسایی مطلوب محدوده

\* نویسنده مسئول

می‌دهد ساختمان‌هایی با ساختارهای ساده‌تر با جذر میانگین مربعات خطای (RMSE) کمتر و ساختمان‌های دارای پیچیدگی بیشتر دارای جذر میانگین مربعات خطای بیشتری هستند، اما در مجموع نتایج نشان‌دهنده دقت بالای روش تحقیق جهت استخراج ساختمان برای تهیه نقشه حدنگار شهری است به نحوی که الگوریتم پیشنهادی دقت قابل قبولی را ارائه می‌دهد. الگوریتم پیشنهادی توانسته است، نقشه ساختمان‌ها را با میانگین معیار تمامیت ۹۴٪ و معیار صحت ۹۸٪ ایجاد کند.

**واژه‌های کلیدی:** نقشه حدنگار شهری، تحلیل شی‌اگر، تصاویر سنجش از دور با توان تفکیک مکانی بالا، داده‌های لایدار، استخراج ساختمان.

#### ۱- مقدمه

پس از پایان جنگ سرد در سال ۱۹۹۰ میلادی، نخستین ماهواره‌های تصویربرداری (سنجش از دور) با هدف غیرنظامی<sup>۱</sup> و استفاده تجاری در روسیه و آمریکا مورد آزمایش قرار گرفتند. از آن زمان تاکنون فناوری ساخت ماهواره و سنجنده‌های تصویربرداری جهت دستیابی به توان تفکیک مکانی بالا<sup>۲</sup> توسعه زیادی پیدا کرده‌اند [۱]. هدف از بالا بردن توان تفکیک مکانی در سنجنده‌های ماهواره‌ای دستیابی به منبع ارزشمند داده‌های مکانی دقیق جهت برنامه‌ریزی و اجرای بسیاری از پروژه‌های مهم مهندسی است [۲]. امروزه تصاویر سنجش از دور با توان تفکیک مکانی بالا برای اهداف مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند که یکی از این کاربردها در تهیه و به‌روزرسانی نقشه‌های حدنگاری<sup>۳</sup> است [۳]. تهیه نقشه حدنگاری با توجه به اهمیت آن در مدیریت املاک و اراضی در یک کشور، از جمله فعالیت‌های پرهزینه و زمان‌بر است. از گذشته استفاده از تصاویر هوایی و نقشه‌برداری زمینی از جمله روش‌های متداول در تهیه نقشه‌های حدنگاری بوده است. به همین خاطر بسیاری از پروژه‌های حدنگاری در اغلب کشورهای

بزرگ به‌طور کامل به اتمام نرسیده است و یا زمینه‌های لازم را برای به‌روزرسانی آن‌ها به دلیل فقدان در منابع مالی به وجود نیاورده‌اند [۴ و ۵]. هدف اصلی حدنگار تعیین وضعیت حقوقی و قانونی هر قطعه زمین<sup>۴</sup> به‌وسیله تحدید حدود دقیق بر مبنای اطلاعات مکانی (موقعیت) هر ملک می‌باشد [۶]. طبقه‌بندی یکی از مهم‌ترین روش‌های استخراج اطلاعات مکانی از تصاویر سنجش از دور است که از میان روش‌های گوناگون طبقه‌بندی، روش طبقه‌بندی شی‌اگر با توجه به استفاده از اطلاعات طیفی و مکانی به‌صورت توأمان، پیکسل‌ها را بر اساس شکل، بافت و تن خاکستری در سطح تصویر با مقیاس مشخص قطعه‌بندی<sup>۵</sup> نموده و طبقه‌بندی نهایی بر اساس همین بخش‌ها صورت می‌گیرد [۷ و ۸].

در تحقیقات صورت گرفته در مورد طبقه‌بندی شی‌اگر تصاویر سنجش از دور با توان تفکیک مکانی بالا، می‌توان به روش‌هایی چون: تلفیق نتایج استخراج عوارض مختلف از مناطق شهری و سامانه‌های اطلاعات مکانی برای کاربردهای مدیریت اراضی و یکپارچه‌سازی سامانه‌های مدیریت زمین [۹]، استفاده ترکیبی از تصاویر سنجش از دور با توان تفکیک‌های متفاوت جهت تهیه نقشه‌های حدنگار در مناطق شهری و روستایی با هدف استخراج دقیق ساختمان از این مناطق [۱۰]، کاربرد تحلیل شی‌اگر برای حل مسئله وجود سایه در مناطق شهری جهت استخراج بهتر ساختمان‌ها [۱۱]، استفاده از شاخص اختلاف نرمال شده پوشش گیاهی<sup>۶</sup> و تحلیل مؤلفه‌های اساسی<sup>۷</sup> از داده‌های سنجش از دور و استفاده از آن‌ها جهت تحلیل شی‌اگر با هدف تهیه نقشه‌های کاربری اراضی [۱۲]، ارزیابی جامع داده‌های سنجش از دور با توان تفکیک مکانی بالا برای تهیه نقشه حدنگار شهری و مقایسه نتایج با روش‌های مستقیم (زمینی) و غیرمستقیم (فتوگرامتری) [۱۳]، تحلیل نتایج به دست آمده از تحلیل

4- Parcel

5- Segmentation

6- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

7- Principal Component Analysis (PCA)

1- Civil

2- High Spatial Resolution (HSR)

3- Cadastre

شی‌ءگرای داده‌های سنجش از دور با توجه به استخراج عوارض مختلف در مناطق شهری و غیرشهری [۱۴] اشاره کرد. در سال‌های اخیر استفاده تلفیقی از داده‌های سنجش از دور و ابرنقاط لایدار<sup>۸</sup> جهت استخراج عوارض مورد توجه بوده است. استفاده از مدل سطح رقومی جهت بهبود در فرآیند شناسایی و استخراج ساختمان در تهیه نقشه حدنگار شهری بسیار کارآمد می‌باشد [۱۵، ۱۶ و ۱۷]. همچنین استفاده از داده‌های لایدار و تصاویر سنجش از دور با توان تفکیک مکانی بالا در امر استخراج ساختمان دارای نتایج مناسبی است [۱۸]. علاوه بر آن در برخی تحقیقات به‌طور خاص از تحلیل شی‌ءگرا برای استخراج ساختمان از تصاویر سنجش از دور استفاده کرده‌اند [۱۹ و ۲۰]. به‌طور کلی روش‌های پیشین، دارای دو چالش اساسی هستند. اول، انتخاب مناطقی با ساختمان‌هایی که دارای شکل هندسی ساده (مانند مستطیل) می‌باشند. در حالی که یکی از چالش‌ها، استخراج ساختمان‌هایی با شکل هندسی پیچیده (مانند چندوجهی) می‌باشد. دوم، ناکارآمدی روش‌های پیشین در استخراج ساختمان‌ها با الگوهای تراکمی مختلف ناشی از روش قطعه‌بندی تصویر است.

با توجه به زمینه‌های کاربرد حدنگار در برنامه زیرساخت‌های توسعه هر کشور، موضوع ارائه روشی کارآمد با در نظر گرفتن معیار کاهش هزینه (صرفه‌جویی در منابع مالی) و افزایش سرعت در بستر پردازش شی‌ءگرای تصاویر سنجش از دور می‌تواند راه حل کارآمدی باشد. در این مقاله، به‌منظور بهبود چالش‌های روش‌های پیشین در فرآیند استخراج ساختمان از تصاویر سنجش از دور با توان تفکیک مکانی بالا و ابرنقاط لایدار، ۳ راه حل ارائه شده است. اول، تولید تصویر ادغام شده ماهواره‌ای مبتنی بر باندهای طیفی (دارای قدرت تفکیک طیفی مناسب) و باند پانکروماتیک (دارای قدرت تفکیک مکانی مناسب) برای بهبود قدرت استخراج ساختمان مبتنی بر پردازش شی‌ءگرا انجام شده است. دوم، تولید مدل

رقومی نرمال شده سطح<sup>۹</sup> با استفاده از ابرنقاط لایدار با هدف بهبود دقت شناسایی و استخراج ساختمان در فرآیند قطعه‌بندی چندتوانی<sup>۱۰</sup> تصویر صورت گرفته است. سوم، به‌کارگیری یک مورد مطالعه با ساختمان‌هایی با الگوی هندسی پیچیده و ساده به‌صورت توأمان با هدف ارزیابی دقت هندسی استخراج ساختمان با روش پیشنهادی انجام شده است. همچنین در این تحقیق، انتخاب مجموعه داده مورد استفاده برای تحلیل شی‌ءگرا، با توجه به معیار شبیه بودن سقف‌های ساختمانی به مناطق شهری ایران در نظر گرفته شده است.

در ادامه این مقاله، ابتدا مبانی نظری تحقیق با هدف تشریح ضرورت موضوعی این پژوهش و بیان روابط ریاضی حاکم بر تحقیق ارائه شده است. سپس در بخش روش تحقیق، ابتدا مروری بر تحقیقات پیشین با هدف واکاوی چالش‌های باقی‌مانده صورت گرفته است و پس از آن روش پیشنهادی تحقیق به‌منظور هموار ساختن مشکلات روش‌های قبلی بیان می‌شود. در نهایت الگوریتم پیشنهادی با استفاده از مواد و روش‌های ارائه شده پیاده‌سازی می‌گردد و از لحاظ دقت عملکرد تحلیل شده است.

## ۲- مبانی نظری

### ۲-۱- ضرورت تهیه نقشه حدنگار شهری

حدنگار (کاداستر) فهرست مرتب‌شده اطلاعات مربوط به قطعات زمین است که مشخصه‌های زمین مانند اندازه، کاربری، مشخصات رقومی، ثبتی و یا حقوقی به نقشه بزرگ‌مقیاس اضافه شده است [۲۱]. نقشه‌های ثبتی یا حدنگاری یکسری موجودی‌های نظام‌یافته قانونمند از اطلاعات، درباره املاک و دارایی‌های غیرمنقول در هر کشور یا منطقه است که پایه و اساس آن را نقشه‌های بزرگ‌مقیاس تشکیل می‌دهند [۲۲]. در کشورهای در حال توسعه تهیه نقشه‌های حدنگار با دقت مکانی بالا و

9- Normalised Digital Surface Model (nDSM)

10- Multiresolution Segmentation

8- Light Detection and Ranging (LiDAR)

کمینه نمودن هزینه اجرا (با استفاده از روش نقشه برداری مناسب) به دلیل ایجاد زیرساخت‌های توسعه، نقش کلیدی را ایفا می‌نماید [۲۳]. از جمله روش‌های نقشه برداری حدنگاری می‌توان به نقشه برداری زمینی (روش مستقیم)، هوایی و سنجش از دور (روش‌های غیرمستقیم) اشاره نمود [۲۴]. در میان این روش‌ها، روش نقشه برداری زمینی به دلیل سرعت پایین اجرا و هزینه بالا در تهیه نقشه به‌عنوان یک روش جانبی جهت تکمیل سایر روش‌ها به‌کار گرفته می‌شود. روش تصویر برداری هوایی (فتوگرامتری) از جمله روش‌های متداول بوده است، اما با توجه به نیاز تهیه تصاویر هوایی با مقیاس بزرگ و مراحل اجرا و تهیه این روش نیز از جمله روش‌های پرهزینه (البته بسیار کمتر از روش زمینی) بوده و همچنین بحث شرایط پرواز در این روش بسیار وابسته به شرایط آب و هوایی و سایر شرایط امنیتی در هر کشور می‌باشد [۲۵ و ۲۶]. روش سوم نیز که جزء روش‌های غیرمستقیم می‌باشد با توجه به این‌که از سکوی فضایی استفاده می‌کند و تقریباً محدودیت‌های سایر روش‌ها را ندارد دارای اطلاعات غنی برای تهیه نقشه حدنگاری می‌باشد [۲۷].

## ۲-۲- پردازش شیء‌گرای تصاویر سنجش از دور

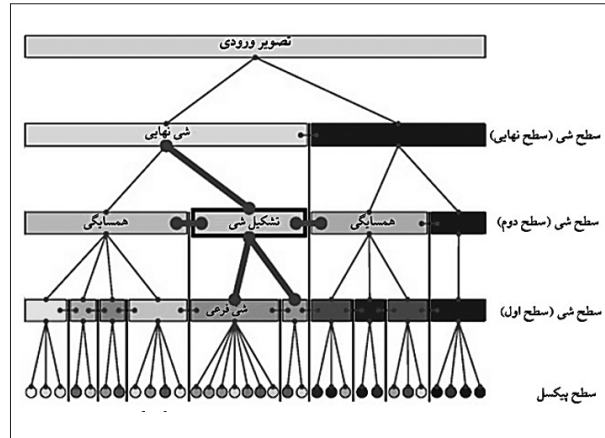
همان‌طور که در ابتدا اشاره شد از جمله روش‌های استخراج اطلاعات از تصاویر سنجش از دور، طبقه‌بندی می‌باشد. روش‌های نظارت‌نشده، نظارت‌شده و شیء‌گرا از جمله روش‌های طبقه‌بندی می‌باشند، البته دو روش اول که روش‌های پیکسل پایه هستند، شناخته‌شده‌تر بوده ولی روش سوم به دلیل قابلیت‌های شایسته در امر استخراج عوارض به‌ویژه در حیطه کار سنجش از دور با توان تفکیک مکانی بالا اخیراً مورد توجه بیشتری قرار گرفته است [۲۸].

پیکسل به‌عنوان واحد اصلی تصاویر رقومی محسوب می‌شود و بعد سوم یک پیکسل یعنی همان ارزش‌های عددی تصاویر، اساس طبقه‌بندی‌های پیکسل مبنا را تشکیل می‌دهند. در این روش هر پیکسل در یک رده منحصربه‌فرد

قرار می‌گیرد که می‌توان با استفاده از الگوهای آماری نظارت‌شده و یا نظارت‌نشده این کار را انجام داد [۲۹]. این دیدگاه کلاسیک بر اساس نظریهٔ دودویی استوار است. با این نظریه، یک پیکسل در یکی از رده‌ها طبقه‌بندی می‌شود یا این‌که در هیچ‌یک از رده‌ها ارزیابی نشده و به‌صورت طبقه‌بندی نشده باقی می‌ماند. بر اساس نظریهٔ دودویی (باینری)، پیکسل‌ها در محدوده‌های همپوشان عوارض تنها در یک رده طبقه‌بندی می‌شود، در حالی که این پیکسل‌ها با سایر رده‌ها دارای همبستگی هستند، و این همبستگی یکی از عوامل مهم کاهش دقت طبقه‌بندی پیکسل پایه است [۳۰].

طبقه‌بندی شیء‌گرا بر اساس قطعه‌بندی تصویر با بهره‌گیری از مجموعه پیکسل‌های همگن و وجه تمایز آن‌ها با پیکسل‌های ناهمگن در مورد اشیاء مورد استخراج عمل می‌کند [۳۱]. الگوریتم‌های مختلفی برای قطعه‌بندی تصویر وجود دارد که یکی از کارآمدترین آن‌ها در امر استخراج ساختمان، الگوریتم قطعه‌بندی چندتوانی است [۳۲]. این الگوریتم با قابلیت استفاده توأمان از توان تفکیک طیفی و مکانی تصویر، منجر به تولید نتایج مناسب می‌شود. اساس کار این الگوریتم ایجاد منطقه از سطح پیکسل تا سطح شیء است که به معنی تجمیع مجموعه پیکسل‌ها برای ایجاد یک شیء است [۳۳]. برای درک بهتر تحلیل شیء‌گرا، شکل ۱ فرآیند تشکیل شیء در سطح تصویر را در قالب شبکه سلسله مراتبی نشان داده است.

با توجه به شکل ۱ می‌توان نتیجه گرفت در پردازش شیء‌گرا هدف تولید اشیایی با ساختار همگن می‌باشد که پس از شناسایی پیکسل‌های همگن به یکدیگر متصل شده اما ترکیب نمی‌شود، چرا که ممکن است پیکسل مقدار عددی چند عارضه را با خود داشته باشد، به همین خاطر الگوریتم ریاضی این پردازش به دو مؤلفه شکل (موقعیت پیکسل) و رنگ (مقدار عددی پیکسل) توجه می‌کند، تا زمانی که تشخیص داده شود پیکسل‌های هم‌جوار متعلق به یک شیء (مثلاً ساختمان) هستند. برای تولید شیء نهایی از الگوریتم از سطح پیکسل شروع به تولید شیء می‌نماید،



شکل ۱: فرآیند سلسله مراتبی تشکیل شیء در سطح تصویر [۳۱]

به عنوان مثال در سطح اول تشکیل شیء ۵ پیکسل با هم ادغام شده و به همین ترتیب در سطح دوم ۱۰ پیکسل و در سطح سوم ۲۰ پیکسل با هم ادغام می‌شوند تا در نهایت در سطح نهایی شیء مورد نظر طبقه‌بندی گردد. به این ترتیب استفاده ترکیبی از داده‌های مکانی و طیفی با توان تفکیک بسیار بالا می‌تواند به همراه داده ارتفاعی حاصل از لایدار نقش مؤثری در برآورده ساختن نیازهای استخراج دقیق ساختمان برای تهیه نقشه حدنگار شهری ایفا کند. فرآیند قطعه‌بندی تصویر در تحلیل شیء‌گرا اساساً مبتنی بر دو عنصر شکل<sup>۱۱</sup> و رنگ<sup>۱۲</sup> در تصویر چند باندی عمل می‌کند. برای تعریف شکل عوارض مختلف بر روی تصویر لازم است تا وضعیت هندسی تصویر و همچنین ویژگی‌هایی که آن شیء را از سایر اشیا متمایز می‌کند تعریف شوند. مسئله دیگر موضوع پارامتر رنگ است، که بر اساس طیف بازتابی که در هر باند ثبت شده است بر مبنای ویژگی‌های طیفی عوارض مختلف در فرآیند قطعه‌بندی نقش خود را ایفا می‌کند. روابط این پردازش بر اساس [۳۴] به صورت زیر قابل بیان است.

$$S_f = W_{color} \cdot h_{color} + (1 - W_{color}) \cdot h_{shape} \quad (۱)$$

در رابطه ۱، مقادیر  $W_{color}$  معرف وزن معرفی‌شده به باندهای طیفی تصویر می‌باشد که مقدار آن همواره  $0 \leq W_{color} \leq 1$  می‌باشد، که در این پژوهش فرض بر آن است که وزن هر یک از باندها قرمز، سبز و آبی برابر با

11- Shape  
12- Color

یک می‌باشد.  $h_{color}$  معرف پارامتر رنگ با توجه به تعداد باندهای تصویر و ویژگی اشیاء موردنظر که قرار است استخراج شوند و با رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$h_{color} = \sum_{k=1}^m W_k \cdot [n_{mg} \cdot \sigma_k^{mg} - (n_{ob1} \cdot \sigma_k^{ob1} + n_{ob2} \cdot \sigma_k^{ob2})] \quad (۲)$$

در رابطه ۲،  $n_{mg}$  تعداد میانگین ادغام پیکسل‌ها،  $\sigma_k^{mg}$  انحراف از معیار میانگین ادغام پیکسل‌های تصویر،  $n_{ob1}$  و  $n_{ob2}$  میانگین ادغام پیکسل‌ها در سطح اول و دوم (با توجه به شکل ۱)،  $\sigma_k^{ob1}$  و  $\sigma_k^{ob2}$  انحراف از معیار میانگین ادغام پیکسل‌ها برای سطح اول و دوم تشکیل شیء می‌باشد.  $h_{shape}$  معرف پارامتر شکل شیء (هندسه) موردنظر می‌باشد که با رابطه ۳ محاسبه می‌شود:

$$h_{shape} = W_{cpt} \cdot h_{cpt} + (1 - W_{cpt}) \cdot h_{smooth} \quad (۳)$$

در رابطه ۳،  $W_{cpt}$  معرف وزن تراکم پیکسل‌ها در هر باند می‌باشد.  $h_{cpt}$  بیانگر تراکم پیکسل‌ها در سطوح تصویر که از رابطه ۴ محاسبه می‌شود:

$$h_{cpt} = n_{mg} \cdot \frac{l_{mg}}{\sqrt{n_{mg}}} - (n_{ob1} \cdot \frac{l_{ob1}}{\sqrt{n_{ob1}}} + n_{ob2} \cdot \frac{l_{ob2}}{\sqrt{n_{ob2}}}) \quad (۴)$$

$h_{smooth}$  بیانگر پیکسل‌های نرم شده که مبتنی بر یعنی نسبت حداقل فاصله ممکن برای ایجاد شیء بوده که از رابطه ۵ محاسبه می‌شود:

$$h_{smooth} = n_{mg} \cdot \frac{l_{mg}}{b_{mg}} - (n_{ob1} \cdot \frac{l_{ob1}}{\sqrt{n_{ob1}}} + n_{ob2} \cdot \frac{l_{ob2}}{\sqrt{n_{ob2}}}) \quad (۵)$$

### ۳- روش تحقیق

در این بخش، به منظور طرح صورت مسئله تحقیق و پیشنهاد راه حل مؤثر، ابتدا ۲ روش مرتبط که اخیراً در حیطه به‌کارگیری داده‌های سنجش از دور در حل مسئله استخراج ساختمان با هدف تهیه نقشه حدنگار شهری مورد استفاده قرار گرفته‌اند، به طور خلاصه بررسی شده‌اند. سپس بر اساس محدودیت‌های تحقیقات پیشین، الگوریتم پیشنهادی تحقیق ارائه شده است.

### ۳-۱- پردازش شیء‌گرای تک تصویر سنجش از دور

ریس و همکاران [۱۹] در پژوهشی اثرات به‌کارگیری پردازش شیء‌گرای تک تصویر سنجش از دور با توان تفکیک مکانی ۳۰ سانتی‌متر و با باندهای طیفی قرمز، سبز

و آبی را با هدف تولید نقشه حدنگار شهری مورد بررسی قرار دادند. از جمله مهم‌ترین نتایج این تحقیق عبارت است از:

(۱) قطعه‌بندی چندتوانی نقش پرنگی در بهبود دقت استخراج ساختمان از تصاویر رنگی ناشی از اثرپذیری توأمان از ویژگی‌های هندسی و طیفی ساختمان نسبت به سایر عوارض غیرساختمان دارد.

(۲) تصاویر رنگی سنجش از دور با توان تفکیک مکانی بالا (با ابعاد پیکسل بهتر از ۱ متر) قابلیت تشخیص مرز ساختمان‌ها را تا حد زیادی بهبود می‌بخشد.

(۳) ارزیابی دقت نتایج حاکی از برتری روش پردازش شیء‌گرایی مبتنی بر قطعه‌بندی چندتوانی نسبت به روش‌های رایج طبقه‌بندی پیکسل مبنا همانند روش حداکثر احتمال است.

اما این تحقیق دارای محدودیت‌های مهمی نیز می‌باشد. این محدودیت‌ها اغلب در عدم توانایی در استخراج ساختمان‌های چندوجهی و همچنین تشخیص ساختمان‌های نواحی پرتراکم ساختمانی است. به‌علاوه، استفاده از تک تصویر ماهواره‌ای بدون داشتن اطلاعات ارتفاعی با توجه به این‌که ارتفاع یک ویژگی مهم در عارضه ساختمان می‌باشد، نیز یک نقطه‌ضعف دیگر این تحقیق به شمار می‌آید.

### ۳-۲- ادغام ابرنقاط لایدار و تصاویر سنجش از دور

کومار و همکاران [۱۵] در پژوهشی به کارایی ادغام ابرنقاط لایدار و تصاویر رنگی سنجش از دور در تهیه نقشه حدنگار پرداخته است. محوریت این مطالعه برجسته کردن نقش ابرنقاط لایدار به‌عنوان یک منبع اطلاعاتی که حاوی ویژگی‌های ارتفاعی از عارضه ساختمان است در بهبود دقت شناسایی ساختمان می‌باشد. مهم‌ترین نتایج این تحقیق عبارت است از:

(۱) بهبود دقت شناسایی و استخراج ساختمان‌های چندوجهی به دلیل استفاده از ادغام ابرنقاط لایدار و تصاویر سنجش از دور ناشی از ارتقاء تفکیک‌پذیری بین ساختمان و سایر عوارض غیرساختمانی است.

(۲) تولید مدل رقومی سطح حاصل از ابرنقاط لایدار با ابعاد پیکسل معادل تصویر رنگی برای همسان‌سازی اطلاعات ارتفاعی و طیفی مربوط به ساختمان‌ها، از دیگر ویژگی این تحقیق است.

اما مهم‌ترین چالش این تحقیق مربوط به عدم ارائه یک روش پردازش داده قوی می‌باشد. به‌ویژه در مواردی که توپوگرافی منطقه نیز موجب ایجاد خطا در استخراج ساختمان می‌شود.

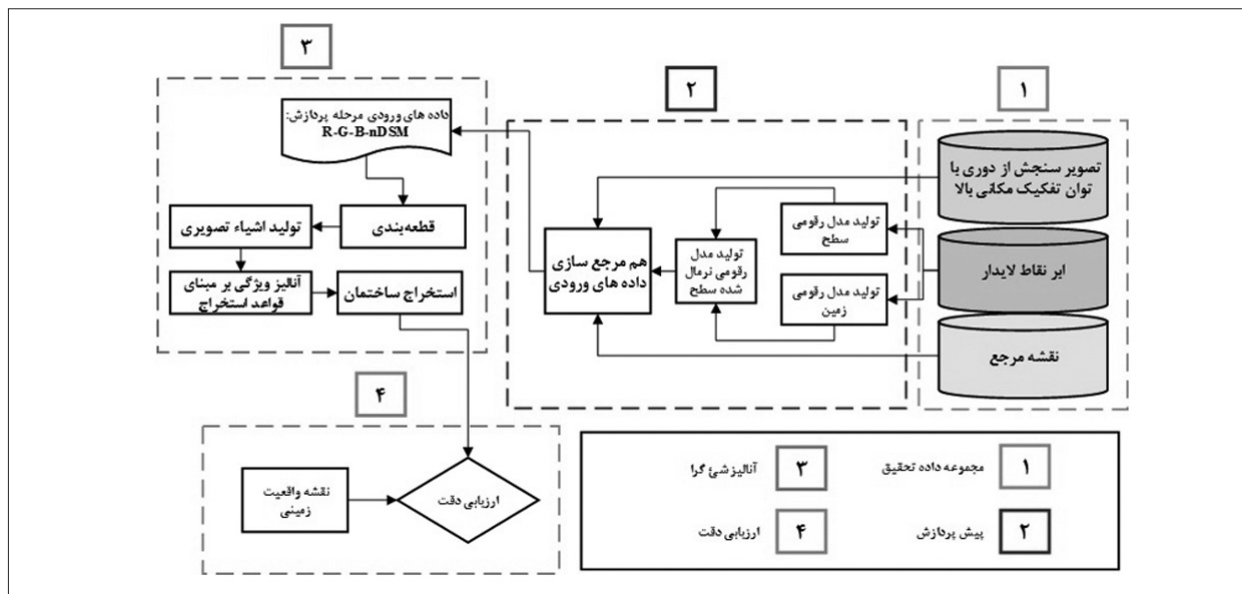
### ۳-۳- روش پیشنهادی

همواره استفاده بهینه از اطلاعات و ابزارهای موجود، راهکاری مناسب برای انجام فعالیت‌های مربوط به تهیه نقشه می‌باشد. تهیه تصاویر سنجش از دور با توان تفکیک مکانی بالا اغلب هزینه‌های کمتری را نسبت به سایر روش‌ها دارد. فرآیند استخراج اطلاعات از این تصاویر سیر مراحل کوتاه‌تری را به خود اختصاص می‌دهد که موجب افزایش سرعت تولیدات می‌شود. علاوه بر آن استفاده از اطلاعات جانبی مانند داده‌های لایدار، کمک شایانی به تولید نقشه‌های دقیق برای فعالیت‌های حدنگاری نموده است. همچنین انتخاب صحیح داده‌ها، نرم‌افزارها و روش کار صحیح، همواره بر تولید محصولات قابل اعتماد تأثیرگذار هستند. تحقیقات در حوزه تولید نقشه حدنگار شهری برای استخراج ساختمان‌ها مبتنی بر پردازش شیء‌گرایی بیان‌کننده این موضوع هستند که روش تحقیقات می‌بایست هماهنگ با داده‌ها و استفاده از نرم‌افزارهای مناسب جهت اجرای الگوریتم‌های این پردازش می‌باشد. شکل ۲ الگوریتم پیشنهادی تحقیق را نشان می‌دهد. در روش پیشنهادی، هدف بهبود مشکلات روش‌های پیشین با ارائه ۴ مرحله پردازش به شرح شکل ۲ می‌باشد.

### ۳-۳-۱- مجموعه داده تحقیق

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق مربوط به شهر ایندیاناپولیس ایالات متحده آمریکا می‌باشد. علت اصلی استفاده از این داده‌ها شباهت ساختمان‌های این تصویر (با توجه به مسطح بودن سقف این ساختمان‌ها) به





شکل ۲: الگوریتم پیشنهادی تحقیق

جدول ۱: مشخصات داده‌های تحقیق

توضیحات	نوع داده
باند پانکروماتیک با ابعاد پیکسل ۰/۴۶ متر و باند مرئی (قرمز، سبز و آبی) با ابعاد پیکسل ۱/۸ متر (سیستم تصویر GRS۸۰ NAD۸۳)	تصویر سنجنده ماهواره WorldView-۲ اخذ شده در تاریخ: ۱۴ دسامبر ۲۰۱۱، بیشینه مختصات محدوده: (۱۶۴۸۸۹۳،۴۵۱،۱۸۷۴۹۴،۱۰۳)، کمینه مختصات محدوده: (۱۶۴۷۹۱۸،۸۳۱،۱۸۵۲۸۹،۶۲۴)
خروجی مرحله ادغام داده‌ها با ابعاد پیکسل ۰/۵ متر	تصویر پن شارپ
با چگالی نقاط ۱/۵۶ pts/m <sup>۲</sup> ، برای تولید مدل رقومی سطح	داده‌های لایدار هواپرد تولید شده توسط دفتر IOT ایالت ایندیانا اخذ شده در تاریخ: ۱۳ اکتبر ۲۰۱۱
برای زمین مرجع کردن داده‌ها و اعتبارسنجی نتایج (۵ نقطه با دقت حدود ۳ سانتی‌متر برای زمین مرجع سازی انتخاب گردیده است)	نقشه رقومی ۱:۱۰۰۰ از منطقه مورد مطالعه که با استفاده از روش فتوگرامتری از تصاویر هوایی در سال ۲۰۰۹ تولید شده است.

از روش گرام اشمیت<sup>۱۳</sup> جهت ادغام تصویر چند طیفی با توان تفکیک مکانی پایین و تصویر پانکروماتیک با توان تفکیک مکانی بالا استفاده شده است. علت استفاده از این روش قابلیت مناسب آن برای انجام ادغام باندهای تصویر WorldView-2 می‌باشد [۳۵]. سپس با استفاده از ۵ نقطه کنترل زمینی به دقت حدود ۳ سانتی‌متر تصویر موردنظر زمین مرجع گردیده است.

#### ۲-۲-۳-۳- ابرنقاط لایدار

سنجنده‌های لایدار، سنجنده‌های فعالی هستند که بر اساس تاباندن لیزر به سطح اجسام و دریافت موج برگشتی کار می‌کنند. این امواج بازگشتی شامل اطلاعاتی هستند که از بین آن‌ها فاصله و شدت موج بازگشتی از درجه اهمیت

ساختمان‌های شهرهای بزرگ ایران به‌ویژه شهر تهران می‌باشد. جدول ۱ داده‌های مورد استفاده در این تحقیق را متناسب با نوع کاربرد آن‌ها نشان داده است، همچنین نرم‌افزارهای مورد استفاده و ویژگی آن‌ها که برای این تحقیق انتخاب شده‌اند در جدول ۲ نشان داده شده است.

#### ۲-۳-۳- پیش‌پردازش

##### ۱-۲-۳-۳- تصویر WorldView-2

در این تحقیق، جهت آماده‌سازی تصویر رنگی موردنظر در ابتدا لازم است تا باندهای قرمز، سبز و آبی را با باند پانکروماتیک سنجنده WorldView-2 ادغام نماییم و سپس با توجه به نقشه مرجع، تصویر موردنظر را زمین مرجع می‌نماییم. به این منظور برای ادغام تصاویر

13- Gram-Schmidt

جدول ۲: نرم‌افزارهای مورد استفاده در این تحقیق

نرم‌افزار	نوع پردازش	ویژگی
Envi 5.3 (Envi LiDAR)	انجام پیش‌پردازش بر روی داده‌های سنجش از دور و لایدار	توانایی بالای این نرم‌افزار در امر پردازش تصاویر مختلف سنجش از دور
eCognition 9.01	آنالیز شیء‌گرا	توانایی بالا در امر پیاده‌سازی الگوریتم‌های طبقه‌بندی شیء‌گرا
ArcGIS 10.4.1	تولید مدل رقومی سطح، پردازش نتایج اولیه و تولید نقشه نهایی	شناخته‌شده‌ترین نرم‌افزار در امر تولید و پردازش اطلاعات مکانی

و DEM بیانگر مقادیر پیکسل‌های مدل ارتفاعی رقومی می‌باشد.

پس از تولید مدل رقومی نرمال شده سطح، لازم است تا تغییرات شیب بررسی گردد و لایه‌ای با ویژگی تغییرات شیب تولید گردد. الگوریتم Zevenbergen and Thorne الگوریتمی کارآمد جهت نمایش تغییرات شیب می‌باشد. اساس کار این الگوریتم استفاده از یک پنجره با ابعاد  $3 \times 3$  که با محاسبه نزدیک‌ترین همسایگی از پیکسل مرکزی مقادیر تغییرات شیب محاسبه می‌گردند [۳۷ و ۳۸]. قبل از تولید نقشه تغییرات شیب، جهت بهبود نتیجه از یک فیلتر میانگین با ابعاد  $9 \times 9$  که به صورت تجربی انتخاب شده استفاده می‌شود. به این ترتیب می‌توان با اعمال پیش‌پردازش‌های گفته‌شده، از داده‌های تولید شده در این مرحله در تحلیل شیء‌گرا استفاده نمود.

#### ۳-۲-۳-۳- ارزیابی دقت

پس از استخراج اشیا در مرحله پردازش شیء‌گرا لازم است تا نتیجه به دست آمده با داده‌های مرجع مقایسه شوند تا اعتبار خروجی‌های تحقیق مورد تأیید قرار گیرد. با توجه به دقت بالای تصاویر سنجش از دور با توان تفکیک مکانی بالا، لازم است تا داده مرجع دارای دقت به مراتب بالاتری باشد، با این توصیف استفاده از نقشه رقومی  $1:1000$  که با استفاده از روش فتوگرامتری تولید شده است منطقه گزینه مناسبی می‌باشد. در این مرحله داده‌های تولید شده از دو دیدگاه مورد ارزیابی قرار می‌گیرند:

الف) دیدگاه ارزیابی کمی: فرآیند ارزیابی دقت و صحت

بالاتری برخوردار هستند. انواع مختلف سنجنده‌های لایدار قادر به دریافت تعداد مختلفی موج بازگشتی می‌باشند که تقریباً همه آن‌ها قادر به دریافت اولین موج و آخرین موج بازگشتی می‌باشند. در مورد تفاوت این دو موج می‌توان گفت موج بازگشتی اول به سطح اولیه اجسام، به طور مثال درختان، برخورد کرده و بازگشته است پس شامل اطلاعات سطح بالایی درختان می‌باشد. این در حالی است که با توجه به این‌که در تولید مدل رقومی سطح اثرات توپوگرافی تأثیرگذار هستند، لازم است تا این اثرات تصحیح گردند [۳۶]. در این تحقیق جهت بهبود مرحله محاسبات در تحلیل شیء‌گرا لازم است تا عوامل مزاحم (نظیر پوشش‌های گیاهی و همچنین اثرات توپوگرافی زمین) از داده‌های لایدار حذف گردند. به همین منظور پس از پالایش درختان از ابر نقاط لایدار طبقه‌بندی شده به تولید مدل رقومی نرمال شده سطح می‌پردازیم. مدل رقومی نرمال شده سطح با قابلیت حذف اثر توپوگرافی بر مبنای یک رابطه تفاضلی عمل می‌کند. جهت تولید مدل رقومی نرمال شده سطح، از الگوریتم ژنودزیک دایلیشن<sup>۱۴</sup> استفاده شده است، با توجه به این‌که تمامی ساختمان‌ها به طور کامل در تصویر قرار گرفته‌اند این روش می‌تواند بسیار مفید باشد. با استفاده از رابطه ۶ این محاسبه صورت می‌گیرد [۱۸].

$$nDSM(i, j) = DSM(i, j) - DEM(i, j) \quad (6)$$

در رابطه ۶، nDSM بیانگر مقادیر نرمال شده پیکسل‌های مدل رقومی سطح در سطر و ستون  $(i, j)$  DSM بیانگر مقادیر پیکسل‌های مدل رقومی سطح



جدول ۳: ماتریس خطا

غیر ساختمان	ساختمان	
FP	TP	ساختمان
TN	FN	غیر ساختمان

نتایج تحقیق با داده‌های مرجع با ایجاد ماتریس خطا برای تعداد اشیاء ساختمانی استخراج شده صحیح و ناصحیح بررسی می‌شود. رده‌های ماتریس خطا برای این ارزیابی شامل دو رده ساختمان و غیر ساختمان می‌باشد. مقادیر هر درایه این ماتریس مبتنی بر تعداد قطعات می‌باشد. جدول ۳ ساختار کلی ماتریس خطا را نشان می‌دهد.

TP تعداد قطعات ساختمانی که ساختمان، FN تعداد قطعات غیرساختمانی که ساختمان، FP تعداد قطعات ساختمانی که غیرساختمانی، TN تعداد قطعات غیرساختمانی که غیرساختمانی تشخیص داده شده‌اند. که بر اساس مقادیر ماتریس خطا، معیارهای تمامیت<sup>۱۵</sup> و صحت<sup>۱۶</sup> جهت تحلیل کمی قطعات استخراج شده به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$Completeness = TP / (TP + FN) \quad (7)$$

$$Correctness = TP / (TP + FP) \quad (8)$$

ب) دیدگاه تحلیل صحت هندسی: جذر میانگین مربعات خطا یکی از روش‌های مهم و متداول در مقایسه هندسی اطلاعات مکانی به شمار می‌رود. به همین منظور در این تحقیق از جذر میانگین مربعات خطا برای اعتبارسنجی هندسی نقشه تولید شده با نقشه مرجع استفاده شده است. رابطه ۹، معادله محاسبه جذر میانگین مربعات خطا را نشان می‌دهد.

$$RMSE = \sqrt{(D^2/n)} \quad (9)$$

$n$  تعداد نقاط آزمایش (اندازه نمونه) و  $D^2$  بیانگر مجموع مربع اختلاف مختصات بین داده‌های مشاهداتی و داده‌های مرجع به ازای هر نقطه ( $d_n^2$ ) می‌باشد، که از رابطه ۱۰ قابل محاسبه است.

$$D^2 = d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2 \quad (10)$$

15- Completeness  
16- Correctness

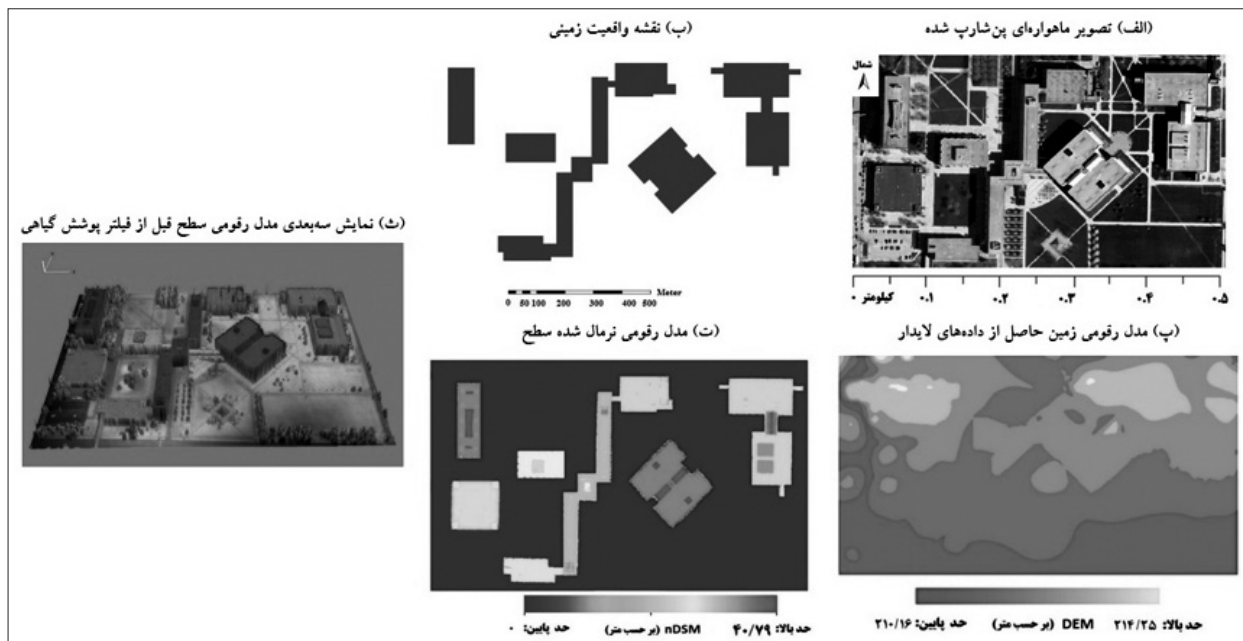
جدول ۴: پارامترهای اصلی تولید مدل رقومی سطح

پارامتر اجرایی	نوع ابزار
Non-Vegetation	پالایش ابر نقاط
Elevation	مقادیر
NATURAL_NEIGHBOR	روش پردازش
۰/۵ متر	ابعاد پیکسل

#### ۴- اجرای الگوریتم پیشنهادی تحقیق

در ابتدا با استفاده از الگوریتم‌های گرام اشمیت در نرم‌افزار ENVI 5.3 از باندهای طیفی و باند پانکروماتیک یک تصویر پن‌شارپ ایجاد می‌کنیم. سپس با استفاده از داده‌های لایدار به تولید مدل رقومی نرمال شده سطح با نرم‌افزار ArcGIS 10.4.1 می‌پردازیم. شرکت تولیدکننده نرم‌افزار برای تولید مدل رقومی سطح با داده‌های لایدار پیش‌فرض‌های قابل‌اعتمادی را بر مبنای تجربیات محققان ارائه می‌دهد [۳۹]، که بر اساس همان پیشنهادها جدول ۴ پارامترهای اصلی در این پردازش را نشان می‌دهد. همچنین شکل ۳ نتایج تولید شده در این مرحله را نشان می‌دهد.

در این مرحله با استفاده از تصویر پن‌شارپ فرآیند تحلیل شیء‌گرا را آغاز می‌نماییم. این مرحله با استفاده از نرم‌افزار eCognition 9.01 صورت گرفته است. در ابتدا لازم است تا مدل رقومی نرمال شده سطح را که به صورت یک تصویر رقومی ذخیره شده است به عنوان باند چهارم که نام آن را nDSM می‌گذاریم، به باندهای قرمز، سبز و آبی تصویر پن‌شارپ اضافه نماییم. پس از آن با بهره‌گیری از الگوریتم Zevenbergen and Thorne بر روی باند nDSM، لایه مربوط به تغییرات شیب را ایجاد می‌کنیم. حال با استفاده از باندهای موجود، از الگوریتم قطعه‌بندی چندتوانی که این قابلیت را دارد که از تمامی اطلاعات طیفی و مکانی ایجاد شده جهت استخراج ساختمان استفاده نماید، اقدام به تولید بخش‌ها در سطح شیء می‌کنیم. جهت تولید اشیاء تصویری لازم است تا پارامترهای شکل، تراکم و مقیاس را مشخص نماییم که با انجام تکراری معرفی این



شکل ۳: نمایش گرافیکی داده‌های تحقیق

گیرد. مرحله اعتبارسنجی جهت مقایسه نقشه تولیدی با نقشه مرجع صورت می‌گیرد. جدول ۵ نتایج مربوط به محاسبات تمامیت و صحت را برای نتیجه تحقیق نسبت به داده‌های مرجع نشان داده است. لازم به ذکر است که محاسبات بر مبنای روابط ۷ و ۸ صورت گرفته است.

جدول ۶ نتایج مربوط به تحلیل صحت هندسی را برای دو ساختمانی که از نظر تمامیت و صحت مقادیر کمتری را اخذ کردند (ساختمان‌های شماره ۳ و ۵) را نشان داده است.

بر مبنای مطالعات پیرامون مقایسه نتایج مربوط به اطلاعات مکانی، استفاده از جذر میانگین مربعات خطا و انحراف معیار از میانگین روش مناسبی می‌باشد. بر این اساس هرچه مقدار جذر میانگین مربعات خطا به صفر نزدیک‌تر، مقادیر مشاهداتی دارای دقت بالاتری هستند، همچنین مقدار بین ۰/۱ تا ۰/۵ نیز بیان‌کننده برآزش خوب نمونه بوده است. با توجه به جدول ۵ و ۶ ساختمان شماره ۳ و ۵ دارای مقادیر بزرگ‌تر جذر میانگین مربعات خطا و همچنین از نظر تمامیت و صحت نسبت به بقیه ساختمان‌ها نتایج ضعیف‌تری دارند، به نظر می‌رسد این کم‌دقتی به دلیل پیچیدگی‌های هندسی این ساختمان‌ها بوده است. اما

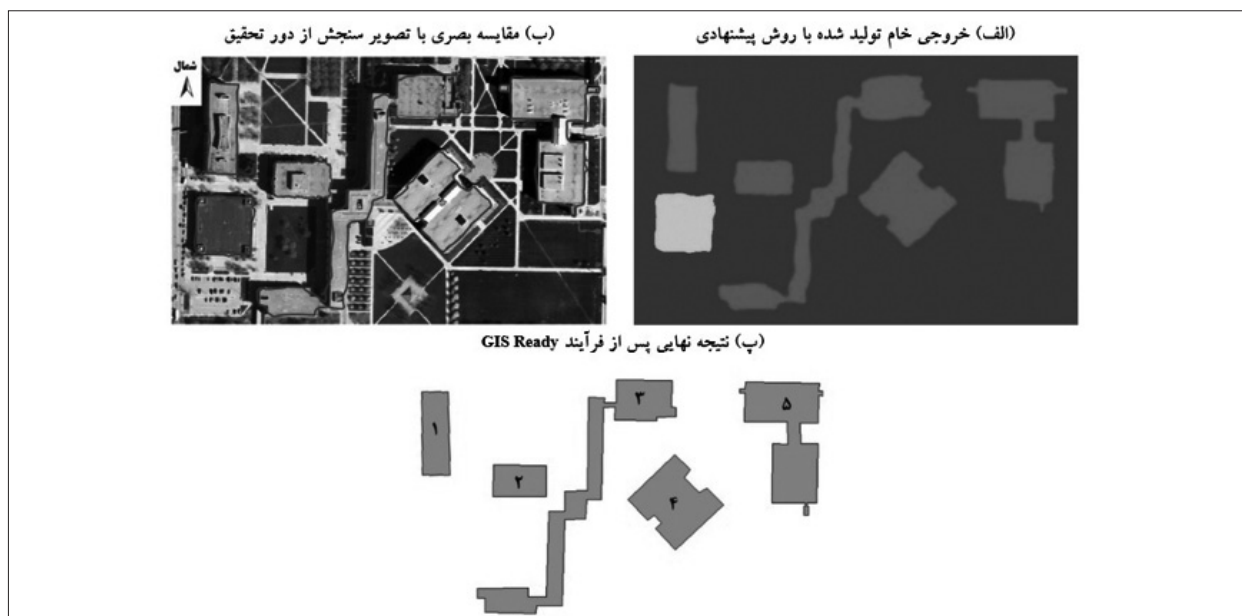
پارامترها، به ترتیب مقادیر ۰،۵، ۰،۵ و ۱۰ انتخاب گردیدند که پارامترهای بهینه هستند.

## ۵- تحلیل نتایج

برای ارائه نتایج به صورت استاندارد لازم است تا فرآیندی GIS Ready بر روی خروجی نرم‌افزاری صورت گیرد. به این منظور خروجی به دست آمده در مرحله پردازش شیء‌گرا را با قالب Shapefile وارد نرم‌افزار ArcGIS 10.4.1 نموده و سپس بر اساس دستورالعمل‌های تهیه نقشه بزرگ‌مقیاس سازمان نقشه‌برداری کشور اقدام به اجرای این فرآیند می‌نماییم [۴۰ و ۴۱]. شکل ۴ مقایسه‌ای بین نتیجه اولیه و نتیجه اصلاح شده را به تصویر کشیده است.

در شکل ۴، ساختمانی که به رنگ سبز مشخص شده است، به دلیل عدم وجود واقعیت زمینی از مجموعه خروجی‌ها حذف می‌گردند و سایر ساختمان‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

استخراج ساختمان با توجه به قواعد ذکر شده صورت پذیرفت. حال برای ارزیابی نتیجه به دست آمده لازم است تا فرآیندی با عنوان اعتبارسنجی روی این خروجی صورت



شکل ۴: نتایج حاصل از پردازش شیء‌گرا در این تحقیق

شماره ۵ با خطای کمترین مربعات  $dX$  و  $dY$  به ترتیب با مقادیر  $۰/۵۸۷$  و  $۰/۵۹۲$  بیشترین خطای صحت هندسی را به خود اختصاص داده‌اند. علت اصلی این خطاها پیچیدگی هندسی این ساختمان‌ها (ساختمان‌های شماره ۳ و ۵) نسبت به سایر ساختمان‌ها می‌باشد.

با توجه به این‌که تحقیقات زیادی در زمینه مزیت‌های روش‌های شیء‌گرا نسبت به روش‌های پیکسل پایه صورت پذیرفته است، در این تحقیق هدف اصلی انتخاب پارامترهای مناسب و داده‌های کارآمد جهت بهبود نتایج طبقه‌بندی شیء‌گرا صورت گرفت. با توجه به این‌که نقشه‌های حدنگار شهری نیازمند اطلاعات موقعیتی دقیق و بهنگام املاک هستند، در این تحقیق روشی جهت کمک به این مسئله ارائه شد. استفاده از داده‌های مرجع قابل اعتماد (نقشه ۱:۱۰۰۰) نقطه قوت این تحقیق نسبت به سایر پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه بوده، چرا که نتایج حاصل از الگوریتم پیشنهادی تحقیق را قابل اعتماد می‌کند. همچنین استفاده توأم از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای با توان تفکیک مکانی بالا و داده‌های لایدار که امروزه در برخی از کشورها از این اطلاعات در امر تهیه نقشه به‌کار می‌گیرند به‌عنوان راه‌حلی عملیاتی پیشنهاد گردید. با وجود

جدول ۵: ارزیابی کمی نتایج تحقیق


شماره ساختمان	TP	FN	FP	تمامیت	صحت
۱	۱۰	۱	۰	۰/۹۰۹	۱
۲	۶	۰	۰	۱	۱
۳	۴۶	۳	۲	۰/۹۳۸	۰/۹۵۸
۴	۱۷	۱	۰	۰/۹۴۴	۱
۵	۲۱	۲	۱	۰/۹۱۳	۰/۹۵۴

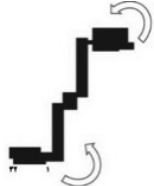
در مورد سایر ساختمان‌ها، الگوریتم نتایج مناسب‌تری تولید نموده است.

#### ۶- نتیجه‌گیری

تحلیل شیء‌گرا جهت استخراج قاعده مبنای ساختمان با هدف تهیه نقشه حدنگار برای قسمتی از شهر ایندیاناپولیس صورت گرفت. نتایج تحقیق با دو دیدگاه ارزیابی کمی و صحت هندسی بررسی گردید. جدول ۵ و ۶ نتایج عددی این ارزیابی‌ها را نشان می‌دهد. ساختمان شماره ۳ با مقادیر تمامیت و صحت  $۰/۹۳۸$ ،  $۰/۹۵۸$  و ساختمان شماره ۵ با مقادیر تمامیت و صحت  $۰/۹۱۳$ ،  $۰/۹۵۴$  کمترین مقادیر را به خود اختصاص داده‌اند، علاوه بر آن ساختمان شماره ۳ با خطای کمترین مربعات  $dX$  و  $dY$  به ترتیب با مقادیر  $۰/۵۱۳$  و  $۰/۶۲۵$  و ساختمان

جدول ۶: نتایج تحلیل صحت هندسی برای ساختمان‌های شماره ۳ و ۵

ساختمان شماره (۵)		
		
اختلاف موقعیت هندسی (متر)		نقطه رأس
dX	dY	
-۰/۳۲۴	۰/۴۲۷	۱
-۰/۳۰۱	۰/۳۲۱	۲
۰/۲۱۹	۰/۲۴۱	۳
۰/۵۸۱	۰/۳۴۵	۴
۰/۳۷۶	۰/۴۱۸	۵
۰/۳۲۲	-۰/۴۲۱	۶
-۰/۶۲۰	-۰/۴۳۳	۷
۰/۲۶۴	۰/۵۶۱	۸
۰/۶۰۱	۰/۵۸۴	۹
۰/۵۸۱	۰/۴۰۲	۱۰
۰/۳۶۵	۰/۵۴۵	۱۱
۰/۳۳۰	۰/۳۱۰	۱۲
-۰/۳۱۴	-۰/۳۲۱	۱۳
-۰/۳۲۵	۰/۳۱۲	۱۴
۰/۳۴۱	۰/۳۱۹	۱۵
-۰/۴۱۴	-۰/۳۱۸	۱۶
-۰/۲۱۴	-۰/۳۳۱	۱۷
-۰/۳۲۵	-۰/۳۱۰	۱۸
۰/۳۰۱	۰/۳۱۹	۱۹
-۰/۲۱۳	-۰/۲۱۸	۲۰
-۰/۲۱۴	-۰/۲۳۱	۲۱
-۰/۴۲۰	-۰/۲۱۰	۲۲
۰/۳۴۰	-۰/۳۱۰	۲۳
-۰/۴۱۳	-۰/۳۱۸	۲۴
۰/۵۸۷	۰/۵۹۲	RMSE

ساختمان شماره (۳)		
		
اختلاف موقعیت هندسی (متر)		نقطه رأس
dX	dY	
-۰/۵۱۴	-۰/۵۳۱	۱
-۰/۴۲۵	۰/۴۱۲	۲
۰/۴۴۱	۰/۶۱۹	۳
۰/۲۱۳	-۰/۲۱۸	۴
۰/۲۱۲	۰/۶۲۱	۵
۰/۳۳۵	۰/۶۷۲	۶
۰/۳۴۱	۰/۳۰۰	۷
۰/۳۰۳	۰/۳۱۰	۸
۰/۵۱۴	۰/۶۳۱	۹
۰/۲۲۹	۰/۵۹۲	۱۰
۰/۳۵۱	۰/۶۱۹	۱۱
-۰/۳۲۹	-۰/۴۰۳	۱۲
-۰/۵۳۴	-۰/۳۳۳	۱۳
-۰/۲۲۵	-۰/۵۱۲	۱۴
-۰/۱۴۱	-۰/۴۴۸	۱۵
-۰/۳۱۳	-۰/۲۱۷	۱۶
-۰/۵۱۵	-۰/۱۹۱	۱۷
-۰/۲۲۵	-۰/۲۱۲	۱۸
۰/۶۱۸	۰/۲۴۴	۱۹
۰/۲۲۰	۰/۲۹۰	۲۰
۰/۶۹۱	۰/۳۰۹	۲۱
-۰/۵۲۹	-۰/۶۷۳	۲۲
۰/۳۴۱	۰/۶۱۰	۲۳
-۰/۶۱۱	-۰/۶۱۸	۲۴
-۰/۵۱۴	-۰/۶۵۹	۲۵
۰/۳۲۰	۰/۲۱۲	۲۶
۰/۲۵۴	۰/۳۱۱	۲۷
۰/۵۱۳	۰/۲۱۸	۲۸
۰/۶۸۵	۰/۱۹۲	۳۰
۰/۳۲۱	۰/۶۶۳	۳۱
۰/۵۲۵	۰/۶۱۰	۳۲
۰/۵۱۳	۰/۶۲۵	RMSE

- Jan. 2004.
7. W. Zhou, A. Troy, and M. Grove, "Measuring Urban Parcel Lawn Greenness by Using an Object-oriented Classification Approach," 2006 IEEE International Symposium on Geoscience and Remote Sensing, Jul. 2006.
  8. T. Blaschke, S. Lang, E. Lorup, J. Strobl, and P. Zeil, "Object oriented image processing in an integrated GIS/remote sensing environment and perspectives for environmental applications," In: Cremers, A., Greve, K. (Eds.), *Environmental Information for Planning, Politics and the Public*, vol. II. Metropolis-Verlag, Marburg, pp. 555–570, 2000.
  9. R. Wang, and Y. Zhang, "Extraction of Urban Rural Network Using QuickBird Pan-Sharpned Multispectral and Panchromatic Imagery by Performing Edge-Aided Post-Classification," ISPRS Joint Workshop on Spatial Temporal and Multi-Dimensional Data Modeling and Analysis. October, 2-3, Quebec, Canada, 2003.
  10. W. Zhou, G. Huang, A. Troy, and M. L. Cadenasso, "Object-based land cover classification of shaded areas in high spatial resolution imagery of urban areas: A comparison study," *Remote Sensing of Environment*, vol. 113, no. 8, pp. 1769–1777, Aug. 2009.
  11. S. W. Myint, P. Gober, A. Brazel, S. Grossman-Clarke, and Q. Weng, "Per-pixel vs. Object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery," *Remote Sensing of Environment*, vol. 115, no. 5, pp. 1145–1161, May 2011.
  12. Z. Ali, A. Tuladhar, and J. Zevenbergen, "An integrated approach for updating cadastral maps in Pakistan using satellite remote sensing data," *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 18, pp. 386–398, Aug. 2012.
  13. T. Blaschke, G. J. Hay, M. Kelly, S. Lang, P. Hofmann, E. Addink, R. Queiroz Feitosa, F. van der Meer, H. van der Werff, F. van Coillie, and D. Tiede, "Geographic Object-Based Image Analysis – Towards a new paradigm," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 87, pp. 180–191, Jan. 2014.
  14. P. Kumar, A. A. Rahman, and G. Buyuksalih, "Automated Extraction of Buildings from Aerial Lidar Point Cloud and Digital Imaging Datasets for 3D Cadastral – Preliminary Results," *Cadastral: Geo-Information Innovations in Land Administration*, pp. 159–165, 2017.
  15. O. Giannaka, E. Dimopoulou, and A. Georgopoulos, "Investigation on the contribution of LiDAR data in 3D cadastral," *Second International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2014)*, Aug. 2014. [16]
  16. M. Hao, Z. Liu, and Y. Sun, "Assessment of Mobile Laser Scanning Data for Building Reconstruction in 3D Cadastral," 2011 International Symposium on Image and Data Fusion, Aug. 2011. [17]
  17. N. Ekhtari, M. J. Valadan Zoej, M. R. Sahebi, A. Mohammadzadeh "Automatic building extraction from LIDAR

روش‌های مختلف استخراج اطلاعات از تصاویر سنجش از دور، روش طبقه‌بندی شیء‌گرا با توجه به بهره‌گیری از توانایی‌های طیفی و مکانی به مراتب دارای نتایج مناسبی هستند. این روش با قطعه‌بندی تصویر اقدام به شناسایی و تولید اشیای مختلف در تصویر می‌نماید. همچنین می‌بایست گفت پیشرفت فناوری‌های تولید داده‌های مکانی مانند لایدار در امر این طبقه‌بندی بهبود قابل توجهی ایجاد نموده است. علاوه بر آن استفاده صحیح از نرم‌افزارهای اطلاعات مکانی و تحلیل آن‌ها می‌تواند خروجی مراحل پردازش را دستخوش تغییرات مناسبی نماید. در کارهای آتی بهره‌گیری از شبکه عصبی کانولوشنی عمیق به عنوان روشی نوین در حیطه تحلیل شیء‌گرا جهت استخراج ساختمان مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

#### مراجع

1. R. Lasaponara and N. Masini, Eds., "Satellite Remote Sensing," *Remote Sensing and Digital Image Processing*, 2012.
2. Z. Liu, J. Li, B. Lim, C. Seng, and S. Inbaraj, "Object-based classification for mangrove with VHR remotely sensed image," *Geoinformatics 2007: Remotely Sensed Data and Information*, Jun. 2007.
3. M. Alkan, and M. A. Marangoz, "Creating cadastral maps in rural and urban areas of using high resolution satellite imagery," *Photogrammetry, Earth Observation Systems, Information Extraction, Applied Geoinformatics for Society and Environment - Stuttgart University of Applied Sciences*, pp. 89–95, 2009.
4. Z. Ali, "Assessing Usefulness of High-Resolution Satellite Imagery (HRSI) in GIS-based Cadastral Land Information," *System Journal of Settlements and Spatial Planning*, vol. 3, no. 2, 2012. M. Alkan, and Y. Solal, "An Investigation Of 1:5000 Scale Photogrammetric Data For Cadastral Mapping Uses: A Case Study Of Kastamonu-Taskopru," *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 5(18), pp. 2576-2588, 2010.
5. M. Khoshboresh Masouleh, and S. Sadeghian, "Possibility of implementation of 3D Cadastral using LiDAR data as a tool of urban management," *The 3rd Congress on New Horizons in the Civil Engineering, Architecture, Culture and Urban Management of Iran*, Tehran, pp. 1-10, 2016.
6. V. Walter, "Object-based classification of remote sensing data for change detection," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 58, no. 3–4, pp. 225–238,

oriented approaches to VHR imagery for mapping salt-marsh plants,” *Ecological Informatics*, vol. 6, no. 2, pp. 136–146, Mar. 2011.

31. A. Lefebvre, T. Corpetti, and L. Hubert-Moy, “Object-Oriented Approach and Texture Analysis for Change Detection in Very High Resolution Images,” *IGARSS 2008 - 2008 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 2008.
32. S. Niebergall, A. Loew, and W. Mauser, “Object-Oriented Analysis of Very High-Resolution QuickBird Data for Mega City Research in Delhi/India,” *2007 Urban Remote Sensing Joint Event*, Apr. 2007.
33. U. C. Benz, P. Hofmann, G. Willhauck, I. Lingenfelder, and M. Heynen, “Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information,” *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 58, no. 3–4, pp. 239–258, Jan. 2004.
34. H. Li, L. Jing, and Y. Tang, “Assessment of Pansharpening Methods Applied to WorldView-2 Imagery Fusion,” *Sensors*, vol. 17, no. 1, p. 89, Jan. 2017.
35. P. Pahlavani, S. Talebi Nahr, and R. Karimi, “Building detection using aerial images and LiDAR data via adaptive neuro-fuzzy systems,” *JGST*. 2015; 5 (1):109-125, 2015.
36. S. N. Krivoshapko and V. N. Ivanov, “Continuous Topographic and Topographic Surfaces,” *Encyclopedia of Analytical Surfaces*, pp. 213–223, 2015.
37. S. B. Abramson and R. A. Schowengerdt, “Evaluation of edge-preserving smoothing filters for digital image mapping,” *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 48, no. 2, pp. 2–17, Apr. 1993.
38. <https://www.esri.com/>, Accessed 3 Nov 2017: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/las-dataset/lidar-solutions-creating-raŝter-dems-and-dsms-from-large-lidar-point-collections.htm>
39. General Survey Instruction Rules: “Map Scale 1:500,” National Cartographic Center of Iran, Tehran, Iran, 2001.
40. General Survey Instruction Rules: “Photogrammetry,” National Cartographic Center of Iran, Tehran, Iran, 2007.
- digital elevation models and WorldView imagery,” *Journal of Applied Remote Sensing*, vol. 3, no. 1, p. 033571, Dec. 2009. [18]
18. S. Reis, A. T. Torun, and B. B. Bilgilioglu, “Investigation of Availability of Remote Sensed Data in Cadastral Works,” *Cadaŝtre: Geo-Information Innovations in Land Administration*, pp. 63–76, 2017. [19]
19. R. Attarzadeh and M. Momeni, “Object-Based Building Extraction from High Resolution Satellite Imagery,” *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XXXIX–B4, pp. 57–60, Jul. 2012. [20]
20. Constitution of the Islamic Republic of Iran, “Cadaŝtre Legal,” 2014. [21]
21. M. Khoshboresh Masouleh, S. Sadeghian, and GH. A. Karimi mazraeh shahi, “Towards 3D and 4D Cadaŝtre in Iran (Case study: District 8 of Tehran),” *4th. International Congress on Civil Engineering, Architecture and Urban Development*, Shahid Beheshti University, Tehran, pp.1-14, 2016. [22]
22. P. R. T. Newby, “Cadaŝtre, conflict and champagne,” *The Photogrammetric Record*, vol. 26, no. 133, pp. 3–6, Mar. 2011. [23]
23. Z. Ali, J. Zevenbergen, and A. Tuladhar, “Assessing the Quality Land Administration System in Pakistan Using Systematic Approach of Case Study Methodology,” *American Journal of Rural Development*, vol. 2, no. 3, pp. 40–45, Jul. 2014. [24]
24. Z. Ali, J. Zevenbergen, and A. Tuladhar, “Quality assessment of the land administration system in Pakistan,” *Journal of Spatial Science*, vol. 58, no. 1, pp. 119–146, Mar. 2013. [25]
25. T. Yomralioglu and M. Cete, “Cadaŝtre or Land Administration: A Case Study of Turkey,” *Cadaŝtre: Geo-Information Innovations in Land Administration*, pp. 23–31, 2017.
26. S. M. Cashin, “The application of high-resolution imagery and geographical information systems in cadastral mapping: a case study of the Republic of Moldova,” *Thesis (Ph.D.)*, University of Cambridge, 2003.
27. J. Radoux and P. Bogaert, “Good Practices for Object-Based Accuracy Assessment,” *Remote Sensing*, vol. 9, no. 12, p. 646, Jun. 2017.
28. J. Dinis, A. Navarro, F. Soares, T. Santos, S. Freire, A. Fonseca, N. Afonso, and J. Tenedóriob, “Hierarchical object-based classification of dense urban areas by integrating high spatial resolution satellite images and LiDAR elevation data,” *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVIII-4/C7, 2010.
29. B. Feizizadeh, F. Jafari, H. Nazmfar, “Application remote sensing data in land use change detection of city area,” *journal of Honarhay Ziba*, No 39, pp 17-24, 2008.
30. Z.-T. Ouyang, M.-Q. Zhang, X. Xie, Q. Shen, H.-Q. Guo, and B. Zhao, “A comparison of pixel-based and object-