نشریه علمی- ترویجی مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، دوره پنجم، شماره۲، خرداد ماه۱۳۹۳

تهیه نقشه تغییرات ساختمانهای شهری با استفاده از تصاویرهوایی با قدرت تفکیک بالا وپایگاه داده مکانی سه بعدی (مطالعه موردی بخشی از شهر مشهد)

مریم قربانی محمدآباد*[1]، علی سرکارگر اردکانی[2]

[1]دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشگاه آزاداسلامی- واحد یزد
maryamghorbani15@yahoo.com

[2]استادیار گروه سنجش از دور- دانشکده پیامبر اعظم- دانشگاه جامع امام حسین(ع)
aliardakani@yahoo.com

(تاریخ دریافت اسفند ۱۳۹۲، تاریخ تصویب اردیبهشت ۱۳۹۳)

چکیده

با توجه به رشد شهرها و لزوم برنامه ریزی در زمینه میزان رشد حاشیه نشینی شهرها،ساخت وسازهای مجاز و غیر مجاز شهری، از تصاویر استرئو با قدرت تفکیک بالا، که در دو زمان متفاوت برداشت شده اند، می توان نسبت به استخراج تغییرات ساختمانها با استفاده از پایگاه اطلاعات سه بعدی شهری اقدام نمود.

در این تحقیق از قابلیت تولید DSM از تصاویر استرئو استفاده گردیده و با بکار گیری اختلاف دو مدل رقومی سطح D_DSM در دو بازه زمانی، با استفاده ازروشهای پردازش تصاویر، ضمن شناسائی ساختمانها و حذف درختان با استفاده از شاخص NDVI، از پایگاه داده شهری و فیلترهای مورفولوژیک برای بررسی تغییرات ساختمانها استفاده گردیده است. با ارزیابی نتایج، ساختمانها را به سه دسته تغییرنیافته، تغییریافته و مبهم تقسیم نموده و ضمن تهیه نقشه تغییرات ساختمانها، پایگاه داده شهری بهنگام می گردد. در این روش به دقت ۸۹٪ و صحت۸۰,۸٪ درمناطق نیمه شهری و دقت ۸۳,۹٪ و صحت ۷۸,۲٪ درمناطق شهری دست یافتیم.

واژگان کلیدی : استخراج تغییرات، پایگاه داده مکانی سه بعدی، D_DSM ، استخراج ساختمان، NDVI

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

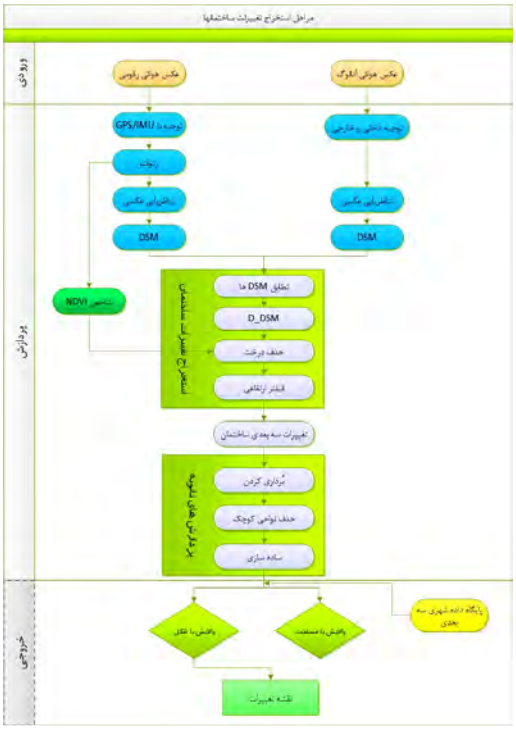
استخراج عوارض بصورت نیمه اتوماتیک از عکسهای هوایی و نیز تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک متوسط (بیشتر از سه متر) با هدف شناسایی تغییرات عمده مانند خسارات ناشی از سیل و زلزله و تخریب جنگلها مورد مطالعه قرار گرفته است ولی استفاده از تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک بالا (حدود یک متر و بهتر) و نیز عکسهای هوایی رقومی بزرگ مقیاس برای تشخیص دقیق تغییرات ، بویژه در زمینه رشد محدوده های شهری و ساخت و سازهای غیرمجاز از موارد مربوط به این تحقیق می باشد. بویژه اینکه از پایگاه اطلاعات شهری نیز بعنوان نقشه پایه استفاده گردیده و ساختمانهای سه بعدی استخراج شده با این پایگاه اطلاعاتی ارزیابی و تایید می گردد.

گسترش روز افزون تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک بالا و مدل رقومی زمین که یکی از محصولات قابل تولید از تصاویر استریو، است نقش اساسی در این تحقیق ایفا می کند. با توجه به اینکه عکسبرداری هوائی که توسط سازمان نقشه برداری و سازمان جغرافیائی نیروهای مسلح با استفاده از دوربین رقومی انجام می‌گیرد و برای انجام توجیهات از امکانات GPS/IMU آنها بهره برداری می شود، عملیات توجیه و تولید مدل رقومی زمین با این تصاویر سریعتر انجام می‌شود. همچنین در صورت استفاده از تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک بالا استخراج اتوماتیک تغییرات ساختمانها بصورت کلی و نیز استخراج تغییرات با جزییات بیشتر و مقایسه آن با پایگاه داده مکانی، در کاهش زمان و هزینه بهنگام سازی نقشه‌ها بسیار حائز اهمیت خواهد بود. روش انجام این تحقیق در شکل ۱ بصورت فلوچارت نشان داده شده است.

۲- داده‌های مورد استفاده

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، بخشی از منطقه جنوب شرقی شهر مشهد است که در آن از تصاویر هوایی سال ۱۳۸۱ و تصاویر رقومی هوایی سال ۱۳۹۱ برای بدست آوردن تغییرات استفاده شده است.

در ابتدا باید بر روی تصاویر تصحیحات هندسی صورت گیرد تا خطاهای آن اصلاح گردد سپس با استفاده از مدل سه بعدی هر یک از جفت تصاویر یک مدل رقومی سطح (DSM) تولید شده و سپس با مقایسه و انجام تحلیل‌هایی بر روی آنها میزان تغییرات را استخراج می کنیم.



شکل ۱- مراحل کار

۳- مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه استخراج تغییرات

در اکثر تحقیقات پیشین برای تشخیص تغییرات ازطبقه بندی تصاویر استفاده شده است که می توان به نمونه هایی از آن اشاره نمود بعنوان مثال آقایان G.Sarp,AErener در تحقیق خود با استفاده ازطبقه بندی نظارت شده و با استفاده از روشهای براساس منطقه بندی[۱] و Majority Filtered MLC اقدام به طبقه بندی دو دسته از تصاویرQuickBird و Ikonos نموده اند که پس ازاستخراج با پایگاه داده مکانی مقایسه گردیده است. در نتیجه نهایی و مقایسه بدست آمده دقت تصاویر QuivkBird با روش Zonal Procedure بهترین ارزیابی گردیده است.[۷]

درتحقیقی دیگر آقایان George Vosselman and Sander Dijkman با استفاده از ابر نقاط و نقشه های سطح زمین نسبت به تولید DSM و سپس بازسازی مدل سه بعدی ساختمانها پرداخته اند[۸]. در موردی دیگر

۱ Zonal Based

خانمها فرانک فرازدل و راضیه انعامی با استفاده از تصاویر WorldView2 سال ۸۹ شهر تهران نسبت به تولید DSM اقدام نموده اند که با استفاده از آن بعد سوم را استخراج نمایند.[۳]

آقایان G. R. Dini, K. Jacobsen, F. Rottensteiner, M. Al Rajhi, C. Heipke در سال ۲۰۱۲ با ارایه یک روش و ایجاد NDSM در دو بازه زمانی بر روی دو مجموعه تصاویر GeoEye و Ikonos و با استفاده از پایگاه داده شهری ساختمانهای سه بعدی را استخراج نموده اند که با تعریف فیلتر استخراج ارتفاعی ساختمانها را مشخص نموده اند.[۵]

۴- مراحل اماده سازی داده ها جهت استخراج DSM

در این قسمت ابتدا محدوده کار که به دو قسمت تقسیم شده است را بررسی می کنیم یک قسمت منطقه کاملا شهری و دیگری منطقه ای که علاوه بر بلوک ساختمانی دارای عوارض دیگری همچون پوشش گیاهی و سوله و مخزن آب نیز می باشد.

محدوده اول به مساحت ۱۴۵۷۸۹ متر مربع می باشد که شامل ۱۴۰ ساختمان (که تعداد ۱۳۰ ساختمان از قبل وجود داشته است و در آن ۴۰ ساختمان تغییر کرده و ۱۰ ساختمان جدید ایجاد گردیده است).

شکل ۲-محدوده مورد مطالعه اول

محدوده دوم به مساحت ۱۴۸۴۳۳ متر مربع می‌باشد که شامل منطقه مسکونی بیشتری می شود و دارای ۶۵۰ ساختمان می باشد که ۵۰۰ ساختمان از قبل وجود داشته، تعدادی ساختمان تغییر کرده و ۱۵۰ ساختمان جدید احداث گردیده است(شکل ۳)

شکل ۳- محدوده مورد مطالعه دوم

قبل از اینکه مدل رقومی استخراج شود لازم است تصاویر از لحاظ هندسی آماده شود. برای اینکار لازم است ابتدا توجیهات را که شرح آن در زیر آمده است انجام داده و سپس با تعریف پارامترهای لازم مدل رقومی ایجاد گردد.

۴-۱- انجام توجیهات تصاویر و استخراج DSM

در این مرحله ابتدا توجیه داخلی برای تصاویر آنالوگ سال ۸۰ و توجیه خارجی با استفاده از پارامترهای خارجی موجود از مدلهای تبدیل، و توجیه خارجی برای تصاویر رقومی سال ۹۱ با استفاده از اطلاعات GPS/IMU[۱] انجام گردید. سپس با تعیین پارامترهای مربوط به تولید مدل رقومی سطح که در اینجا با تعریف الگوریتم Urban که در آن میزان نرمی را حداقل قرار می دهیم و با استفاده از مدل رقومی تولید شده از تصاویر ماهواره ای Pleiades مقدار حداقل و حداکثر ارتفاع را تخمین می زنیم.

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می شود در مدل رقومی ایجاد شده از دیتابیس با توجه به اینکه فقط ساختمانها و منحنی های میزان و نقاط ارتفاعی استفاده شده است ، دارای جزییات کمتری هستیم ولی در دو مدل رقومی دیگر که با استفاده از تصویر مدل رقومی ایجاد شده است و از همه عوارض استفاده گردیده است جزئیات بیشتری نمایش داده شده است.

۱ Inertial Measurement Unit

شکل ۴- نمونه مدل های رقومی ترتیب از راست به چپ : از دیتابیس، تصاویر استریو سال ۸۱، تصاویر استریو سال ۹۱

۴-۲- تطابق مدلهای رقومی سطح

در این قسمت دو مدل رقومی سطح با یکدیگر مقایسه شد و به این نتیجه رسیدیم که دو مدل رقومی نسبت به یکدیگر ۰٫۵ متر در راستای x و ۰/۹ متر در جهت y و ۱ متر در جهت ارتفاع دارای جابجایی می باشد که با استفاده از برنامه نویسی مطلب این تطابق انجام گردید و موقعیت دو مدل رقومی نسبت به یکدیگر بهبود یافت.

۴-۳- D_DSM

با توجه به اینکه در DSM علاوه بر سطح توپوگرافی زمین، ارتفاع عوارض روی زمین و عوارض دست ساز از جمله ساختمانها نشان داده می شود، ابتدا با استفاده از زوج تصویر DSM منطقه در دو بازه زمانی تهیه شده و سپس با تفاضل دو DSM استخراج شده ، نتیجه بعنوان D_DSM[۳] ذخیره و نمایش داده می شود.

بنابراین D_DSM یک مدل رقومی دارای تغییرات ارتفاعیست که شامل همه عوارض روی سطح زمین می باشد و باید عوارض دیگر همچون پوشش گیاهی را از آن حذف کرده تا آماده آنالیزهای بعدی شود.

۴-۴- حذف پوشش گیاهی

از آنجا که تغییرات ارتفاعی شامل پوشش گیاهی نیز می شود، با استفاده از شاخص پوشش گیاهی NDVI[۴] که برای مشخص کردن پوشش گیاهی از باندهای قرمز و مادون قرمز استفاده می کند، این عوارض از D_DSM بدست آمده حذف می گردد. حد آستانه برای پوشش گیاهی ۰٫۰۱ تا ۱ در نظر گرفته شده است.

از عمده ترین عوارض پوشش گیاهی که دارای ارتفاع بوده و ممکن است در استخراج تغییرات نقش ایفا نماید درخت می باشد. البته با توجه به اینکه درختان بلند عمدتا دارای سن زیاد می باشند در هر دو مرحله تصویر برداری در DSM ظاهر گردیده و جزء تغییرات بشمار نمی روند. ولی با توجه به فصل تصویر برداری و فاصله زمانی دو تصویر و نیز رشد درختان ممکن است مشکلاتی در استخراج تغییرات بوجود آورد. مهمترین روش حذف درختان در تصاویر استفاده از شاخص NDVI می باشد. رز و همکاران فرمول این شاخص به صورت زیر ارائه دادند:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \qquad (۱)$$

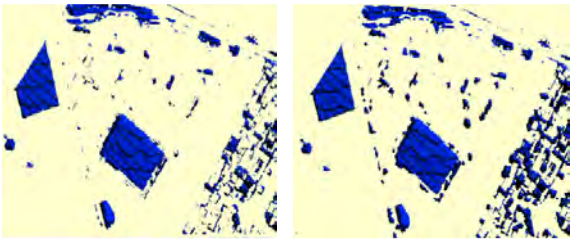
در این فرمول NIR بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک و RED بازتاب در محدوده باند قرمز می باشد.

شکل ۵- نمایش پوشش گیاهی استخراج شده با شاخص NDVI

۴-۵- اعمال فیلتر ارتفاعی بر روی D_DSM

بعد از حذف پوشش گیاهی و نویزها از D_DSM ایجاد شده به آنالیز آن می پردازیم در این جا با تعریف یک فیلتر ارتفاع تغییرات بالای ۲٫۵ متر را استخراج می کنیم (کمترین ارتفاع برای یک ساختمان را ۲٫۵ در نظر گرفته ایم) استخراج تغییرات بصورت برداری است (شکل ۶).

۳ Difference Digital surface Model
٤ Normalized Difference Vegetation Index



شکل۶ - تصویر سمت راست D_DSM با پوشش گیاهی، تصویر سمت چپ D_DSM بدون پوشش گیاهی

۵- تهیه نقشه تغییرات

۵-۱- برداری کردن نقشه حاصله

تغییرات به دو گروه ساختمانهای تغییر یافته از نظر مساحت یا ارتفاع و ساختمانهایی که جدید احداث شده اند دسته بندی می گردند.

برای شناسایی این دو گروه، ابتدا تصویر نهایی را که از مرحله قبل بدست آمده را به فرمت برداری تبدیل کرده تا با پایگاه داده مکانی مقایسه گردیده و تغییرات آن بدست آید.

۵-۲- حذف محدوده های کوچک

در این قسمت با برررسی نقشه بُرداری ابتدا محدوده های کوچک که اغلب ناشی از عوارض موقت، باقی مانده از مراحل قبل می باشد را حذف می کنیم. برای اینکار با اعمال فیلتر محدودیت مساحت ، عوارض با مساحت زیر یک متر را حذف می نماییم.

۵-۳- ساده سازی نقشه بُرداری

از آنجا که نقشه بُرداری حاصل دارای تضاریس زیاد می باشد ابتدا لازم است که آنرا ساده سازی نمود.

به عبارت دیگر در این مرحله لبه های محدوده های بدست آمده را با استفاده از فیلترهای مختلف مانند Simplify و RANSAC و ... نرم نمود.

در اینجا برای سادگی کار از فیلتر Simplify استفاده شده است. حد آستانه اعمال این فیلتر ۰,۲ در نظر گرفته شده است.

۵-۴- اصلاح نقشه خروجی با مقایسه شکل و مساحت با پایگاه داده مکانی

در این مرحله یک جدول آماری برای دو کلاس نسبت به یکدیگر تهیه می نماییم. برای تهیه جدول آماری دو لایه بُرداری را با یکدیگر مقایسه کرده و با توجه به میزان همپوشانی دو عارضه نسبت به هم نوع تغییرات را مشخص می‌کنیم. به عبارت دیگر مساحتی از ساختمانهای پایگاه داده که لایه خروجی D_DSM را پوشش می دهد، درصد همپوشانی دو عارضه متناظر را بیان می نماید. با توجه به میزان درصد همپوشانی، جدید بودن و یا تغییر یافتن ساختمان را تعیین می کنیم.

همچنین با تعیین شرط مستطیل شکل بودن، می‌توان ساختمانها را شناسایی و استخراج نمود.

شکل ۷- همپوشانی D_DSM و پایگاه داده مکانی و استخراج نقشه تغییرات

۶- تجزیه و تحلیل نتایج تغییرات استخراج ساختمانها

با تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از استخراج تغییرات ساختمانها با روش پیشنهادی به ویژه آنالیز ارتفاعی تغییرات می‌توان ساختمانهای تغییر یافته را به سه گروه ساختمانهای جدید الاحداث، ساختمانهای بازسازی شده و ساختمانهائی که صرفا از نظر ارتفاعی دارای تغییر بوده‌اند طبقه بندی نمود.

این تغییرات شامل:

۱- محلهایی که قبلا زمین خالی بوده است و در فاصله زمانی دو عکسبرداری ساختمان احداث گردیده اند. این ساختمان ها را جدیدالاحداث می نامیم. بدیهی است ساختمانهای جدیدالاحداث در محلهایی هستندکه در بانک اطلاعات شهری فاقد ساختمان بوده و در D_DSM اطلاعات ارتفاعی وجود دارد. از نظر آماری در محلهایی که اطلاعات استخراج شده در D_DSM با بانک اطلاعات شهری از نظر مساحت کمتر از ۵ درصد همپوشانی داشته باشد، ساختمان جدید احداث گردیده است.

۲ - ساختمانهایی که اولا در بانک اطلاعات شهری وجود داشته و مساحت آنها بین ۵ تا ۷۰ درصد با اطلاعات D_DSM مطابقت داشته باشد و ثانیا ارتفاع آنها در D_DSM بیشتر از ۵ متر باشد، بعنوان ساختمانهای بازسازی شده در نظر گرفته شده اند.

۳- ساختمانهایی که اولا در بانک اطلاعات شهری وجود داشته و مساحت آنها بین ۵ تا ۷۰ درصد با اطلاعات D_DSM مطابقت داشته باشد و ثانیا ارتفاع آنها در D_DSM کمتر از ۵ متر باشد، بعنوان ساختمانهای دارای تغییر ارتفاعی یا به عبارت دیگر ساختمانهائی که یک طبقه به آنها افزوده شده در نظر گرفته می‌شوند. شکلهای ۸ و ۹ انواع ساختمانهای اشاره شده را با رنگهای مختلف به ترتیب در محدوده های مطالعاتی اول و دوم نشان می دهند.

شکل۸- ساختمانهای جدیدالاحداث (زرد)، بازسازی شده (سبز)، دارای تغییرات ارتفاعی (قرمز)، و ساختمانهای فاقد تغییرات (سفید) در محدوده مطالعاتی اول

شکل۹- ساختمانهای جدیدالاحداث (زرد)، بازسازی شده (سبز)، دارای تغییرات ارتفاعی (قرمز)، و ساختمانهای فاقد تغییرات (سفید) در محدوده مطالعاتی دوم

در محدوده اول ما دارای ۴۶٪ تغییرات می باشیم. جدول ۱ تعداد انواع مختلف ساختمان های استخراج شده با روش پیشنهادی را در محدوده اول نشان داده است. بر اساس سطر اول این جدول تعداد واقعی ساختمان های فاقد تغییرات ۱۳۶ عدد می باشد که با اجرای الگوریتم مورد نظر، از این تعداد ۱۱۰ ساختمان فاقد تغییرات شناسایی شده، ۱۵ مورد به اشتباه به عنوان ساختمان بازسازی شده، ۶ مورد به اشتباه به عنوان ساختمان دارای تغییرات ارتفاعی و ۵ مورد جدیدالاحداث شناسایی شده است.

جدول۱-کیفیت دقت استخراج ساختمانها در محدوده اول

محدوده اول	فاقد تغییرات	بازسازی شده	تغییرات ارتفاعی	جدید الاحداث	مجموع
فاقد تغییرات	۱۱۰	۱۵	۶	۵	۱۳۶
بازسازی شده	۵	۴۷	۴	۲	۵۸
تغییرات ارتفاعی	۱	۵	۱۵	-	۲۱
جدیدالاحداث	۶	-	-	۳۵	۴۱

سطر دوم این جدول به این معنی است که تعداد واقعی ساختمان های بازسازی شده ۵۸ عدد می باشد که با اجرای الگوریتم مورد نظر، از این تعداد ۴۷ ساختمان به درستی به عنوان بازسازی شده و ۲ ساختمان به اشتباه به عنوان جدیدالاحداث و ۴ مورد به درستی به عنوان ساختمان دارای تغییرات ارتفاعی و ۵ ساختمان به اشتباه بدون تغییر شناسایی شده است.

در سطرهای بعدی جدول ۲ ، اطلاعات مربوط به سایر تغییرات آمده است. در محدوده دوم نیز ما دارای ۵۳٪ تغییرات می باشیم و همانطور که مشخص است، میزان تغییرات در مناطق شهری (محدوده دوم) بیشتر از

محدوده اول می باشد. جدول ۳ مفاهیم جدول ۲ را که قبلا توضیح داده شد در مورد محدوده دوم در بر دارد.

جدول ۲- کیفیت دقت استخراج ساختمانها در محدوده دوم

محدوده دوم	فاقد تغییرات	بازسازی شده	تغییرات ارتفاعی	جدید الاحداث	مجموع
فاقد تغییرات	۲۴۲	۲۷	۴	۱۳	۲۸۰
بازسازی شده	۳۳	۲۰۰	۳	۱۰	۲۴۶
تغییرات ارتفاعی	۲	۴	۱۵	-	۲۱
جدیدالاحداث	۱۸	۵	۲	۶۱	۸۶

برآورد دقت و صحت طبقه بندی ساختمانهای دارای تغییرات که با الگوریتم مورد نظر شناسایی شده را می توان بر اساس معیارهای دقت و صحت که روابط آنها بصورت زیر است، به شرح جدول ۳ برای میزان شناسایی تغییرات برآورد نمود.

$$\text{Correctness}=\frac{T_P}{T_P+F_P}*100\% \qquad (۲)$$

$$\text{Completeness}=\frac{T_P}{T_P+F_N}*100\% \qquad (۳)$$

در روابط بالا True Positive یا TP تعداد ساختمانهای دارای تغییرات، که صحیح شناسایی شده است False Negative یا FN ساختمانهای دارای تغییرات شناسایی نشده و False positive با FP ساختمانهای بدون تغییرات که اشتباه شناسایی شده است را نمایش می دهند.

جدول۳- دقت و صحت استخراج تغییرات ساختمانها در دو محدوده نیمه شهری (محدوده اول) و شهری(محدوده دوم)

تغییرات	TP	FP	FN	Completeness	Correctness
محدوده اول	۹۷	۱۲	۲۳	٪۸۹,۰	٪۸۰,۸
محدوده دوم	۲۷۶	۵۳	۷۷	٪۸۳,۹	٪۷۸,۲

جداول ۴ و ۵ نیز به بررسی دقت و صحت شناسایی نوع تغییرات ساختمانها بترتیب برای محدوده اول و دوم نوشت. همانطور که در این جداول دیده می شود ، دقت و صحت شناسایی نوع تغییرات از شناسایی خود تغییرات کمتر می باشد.

جدول۴- میزان صحت و دقت طبقه بندی استخراج تغییرات در محدوده اول

محدوده اول	TP	FP	FN	Completeness	Correctness
بازسازی شده	۴۷	۲۰	۱۱	٪۸۱	٪۷۱
تغییرات ارتفاعی	۱۵	۱۲	۶	٪۷۱	٪۶۰
جدید الاحداث	۳۵	۲	۶	٪۸۵	٪۸۳

جدول۵- میزان صحت و دقت طبقه بندی استخراج تغییرات در محدوده دوم

محدوده دوم	TP	FP	FN	Completeness	Correctness
بازسازی شده	۲۰۰	۳۶	۴۶	٪۸۱	٪۸۴
تغییرات ارتفاعی	۱۵	۹	۶	٪۷۱,۰	٪۶۲,۵
جدید الاحداث	۶۱	۲۳	۲۵	٪۷۱	٪۷۲

۷- نتیجه گیری و پیشنهادات

با بررسی نتایج حاصل از اجرای روش پیشنهادی، دقت ٪۸۹,۰ و صحت٪۸۰,۸ درمناطق نیمه شهری و دقت ٪۸۳,۹ و صحت ٪۷۸,۲ درمناطق شهری برآورد گردیده است، که این مقادیر با توجه به آنچه که درباره پیشنه تحقیق این طرح آمده است، متناسب به نظر می رسد. بنابراین اجرای این روش تا حد قابل قبولی می تواند تغییرات ساختمانها را شناسایی نموده و علاوه بر آن بر اساس پایگاه داده شهری تغییرات را طبقه بندی نماید.

این روش برای شناسایی تغییرات ساخت و ساز شهری به ویژه در شهرهای بزرگ که تهیه نقشه های بزرگ مقیاس زمانبر می باشد حائز اهمیت بوده و بی شک شهرداری ها و سازمان های مسکن استان ها می توانند در زمان نسبتا کوتاهی نسبت به تهیه نقشه تغییرات اقدام نمایند.

پیاده سازی این روش برای مناطق وسیع شهری به تمهیدات خاص سخت افزاری نیاز دارد ولی این تجهیزات نسبت به استقرار سیستمهای فتوگرامتری از نظر زمان و هزینه کاملا مقرون به صرفه می باشد.

با توجه به اینکه در این تحقیق بنا به ضرورت و عدم وجود داده، از زوج عکس آنالوگ سال ۱۳۸۰ و زوج عکس

رقومی سال ۱۳۹۰ استفاده شده است، به نظر می رسد اجرای تحقیق روی دو جفت تصویر هوائی رقومی، نتایج بهتری در بر داشته باشد.

درصورتیکه تصاویر رقومی دارای باند اینفرارد یا IR باشد، بهتر است مرحله NDVI قبل از D_DSM انجام گردد. در پایان پیشنهاد می گردد در تحقیقات بعدی مرحله CO_Register با پارامترهای بیشتر و بررسی دقیق تر انجام گردد تا D_DSM حاصله با دقت بهتری استخراج گردد. همچنین با توجه به نتایج بررسی دقت و صحت که در جداول ۴ و ۵ دیده می شود ، دقت و صحت شناسایی نوع تغییرات از شناسایی خود تغییرات کمتر می باشد، لذا می توان در بخش مقایسه D_DSM با پایگاه داده مکانی با تعریف قوانین و بررسی جزئیات بیشتر، نوع تغییرات را بهتر و صحیح تر استخراج نمود.

سپاسگزاری

در پایان به مصداق «من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق » بسی شایسته است از همکار گرامی جناب آقای مهندس ایازی به خاطر حمایتهای بی دریغ ایشان نهایت تشکر را داریم.

مراجع

[۱] پایان نامه کارشناسی ارشد، افشارنیا حامد، تولید مدل رقومی زمین از تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک بالا با استفاده از روش کمترین مربعات مقید،۱۳۸۸،پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران ، گروه مهندسی نقشه برداری وژئوماتیک

[۲] پایان نامه کارشناسی ارشد، ایازی سید محمد، بررسی روشهای پیش پردازش در افزایش دقت تناظریابی عکسی ،۱۳۷۸، دانشکده های فنی دانشگاه تهران، گروه مهندسی نقشه برداری وژئوماتیک

[۳] فرازدل، فرانک (۱۳۹۰)، ساخت مدل سه بعدی شهر با استفاده از تصاویر ماهواره ای با تفکیک بالا، مجله شهرنگار، شماره ۵۴

[۴] خسروی ایمان، مومنی مهدی، استخراج ساختمان‌های مسکونی از تصاویر قدرت تفکیک بالا با استفاده از تعریف قواعد در طبقه‌بندی شی‌مبنا

[5] G. R. Dini, K. Jacobsen, F. Rottensteiner, M. Al Rajhi, C. Heipke at (2012),' 3D Building Change Detection Using High Resolution Stereo Images And A Gis Database', International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXIX-B7, 2012

[6] Vozikis, G. (2009). Comparison Of Methods For Automated Building Extraction From High Resolution Image Data. Object Extraction for 3D City Models, Road Databases and Traffic Monitoring - Concepts, Algorithms, and Evaluation

[7] G. Sarp1, A.Erener2.' Land Use Detection Comparison From Satellite Images With different Classification Procedures',Ankara, Commission WG IV/4.

[8] George Vosselman and Sander Dijkman at (2001),' 3D Building Model Reconstruction From Point Clouds And Ground Plans' , International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume XXXIV-3/W4 Annapolis.

[9] Cheng, L., W. Zhao, et al. (2012). "Building region derivation from LiDAR data using a reversed iterative mathematic morphological algorithm." Optics Communications.

[10] im and jensen 2005,chaaabouni - chouayakh and reinartz 2011,bouziani et al 2010,zhang and gruen 2006

[11] Bouziani, M., Goita, K., He, D-C., (2010). "Rule-Based Classification of a Very High Resolution Image in an Urban Environment Using Multispectral Segmentation Guided by Cartographic Data." IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 48, No. 8.

[12] Wang, Z., Wei, W., Zhao, S., Chen, X., (2004). "Object-oriented Classification and Application in Land Use Classification Using SPOT-5 PAN Imagery." IEEE, Urban Remote Sensing Joint Event.

[13] Nikfal, M., Samadzadegan, F., (2008). "Object-Based Classification Techniques in Urban Change Planning." GEOBIA 2008, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing.

[14] Wen, C., Zhao, S., (2009). "A Method of Urban Change Detection Using High Spatial Resolution Remotely Sensed Data." IEEE, Urban Remote Sensing Joint Event.

[15] Min, Z., Yunxuan, Z., Jin, H., (2010). "Research of Object-oriented Classification Method for High-spatial Resolution Remote Sensing Image Used in Land Use/Cover." IEEE, Urban Remote Sensing Joint Event.

[16] Rongqun, Z., Daolin Z., (2010). "Study of land cover classification based on knowledge rules using high-resolution remote sensing images." Expert Systems with Applications.

[17] Benz, U.C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I., Heynen, M., (2004). "Multi-Resolution, Object-Oriented Fuzzy Analysis of Remote Sensing Data for GIS-Ready Information." ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing.

[18] Walter, W., (2004). "Object-Based Classification of Remote Sensing Data for Change Detection." ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing.

[19] Jiang, N., Zhang, J.X., Li, H.T., Lin, X.G., (2008). "Semi-Automatic Building Extraction from High Resolution Imagery Based on Segmentation." IEEE, International Workshop on Earth Observation and Remote Sensing Applications.