

پایش نیمه‌خودکار ساخت‌وسازهای غیرقانونی در تهران محدوده شهری با استفاده از تلفیق روش عملگر فازی یای ضمنی و روش تفسیر فازی شهودی

نیما خلیلی مقدم^۱، محمودرضا دلاور^{۲*}، پیروز حناچی^۳

^۱کارشناس ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران
n_khalili@ut.ac.ir

^۲دانشیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران
mdelavar@ut.ac.ir

^۳استاد دانشکده معماری - پردیس هنرهای زیبا - دانشگاه تهران
pirouzhanachi@ut.ac.ir

(تاریخ دریافت بهمن ۱۳۹۴، تاریخ تصویب خرداد ۱۳۹۵)

چکیده

با توجه به روند بی‌سابقه و روبه‌رشد جمعیت و گسترش شهری در سال‌های اخیر، با افزایش نگران‌کننده ساخت‌وسازها و تخلفات ساختمانی در محدوده شهری مواجه بوده‌ایم. بازدید میدانی، به عنوان روش کنونی کنترل ساخت‌وسازها در ایران، علاوه بر صرف هزینه‌های گزاف مالی و نیروی انسانی، بسیار زمان‌بر می‌باشد. در این تحقیق، یک روش نیمه‌خودکار مبتنی بر تلفیق سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات مکانی جهت شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای دو-زمانه از محدوده‌ای از غرب شهر تهران، نقشه‌های پوششی در مقیاس ۱:۲۰۰۰ و پایگاه داده ممیزی بهنگام اطلاعات ساختمانی منطقه، ارائه گردیده است. پس از اعمال تصحیحات رادیومتریک و هندسی بر تصاویر ماهواره‌ای، پیکسل‌های تغییر یافته در تصاویر با استفاده از تلفیق روش عملگر فازی یای ضمنی و روش تفسیر فازی شهودی شناسایی شد و تصاویر طبقه‌بندی گردیدند. در ادامه درصد تغییرات هر ساختمان توسط تحلیل‌های مکانی محاسبه شد و با حدآستانه مجاز ساخت‌وساز بر طبق قوانین شهرداری منطقه مورد مطالعه مقایسه شد و بدین ترتیب ساختمان‌های درحال ساخت شناسایی شدند. سپس ساخت‌وسازهای غیرقانونی با پرسش و پاسخ از پایگاه داده بهنگام ممیزی شهرداری به عنوان عوارض مشکوک مشخص گردیدند. در نهایت با بررسی هدفمند میدانی از ساخت‌وسازهای مشکوک، دقت برآورد ساخت‌وساز غیرقانونی در محل عوارض مشکوک ارزیابی شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که از ۳۳۸ ساختمان موجود در محدوده مورد مطالعه، به ترتیب ۱۶ و ۲ ساختمان به عنوان ساختمان‌های درحال ساخت و ساخت‌وسازهای غیرقانونی، شناسایی شدند. در این تحقیق، دقت کلی ۹۸٪، ۸۶٪ و ۱۰۰٪ به ترتیب برای روش فازی طبقه‌بندی تصویر، شناسایی ساختمان‌های در حال ساخت و شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی بدست آمد.

واژگان کلیدی: شناسایی نیمه‌خودکار ساخت و سازهای غیرقانونی، تصاویر ماهواره‌ای ژئوآی-یک، تلفیق روش عملگر فازی یای ضمنی و روش تفسیر فازی شهودی در طبقه بندی تصاویر

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

با توجه به افزایش بی‌سابقه جمعیت در سال‌های اخیر و متعاقباً افزایش نیاز این جمعیت گسترش یافته به مسکن، سالانه ساختمان‌های جدید بسیاری ساخته می‌شوند. متأسفانه عدم توجه برخی از سازندگان به قوانین مصوب شهرداری و تخلف آنها از قوانین مذکور ممکن است به ساخت ساختمان‌های غیر مستحکم و فاقد استانداردهای عمرانی منجر گردد.

روش کنونی که امروزه در شهرداری‌ها برای کنترل و شناسایی ساخت‌وسازهای غیر قانونی مورد استفاده قرار می‌گیرد مبتنی بر حضور عامل انسانی و جست و جو بر مبنای دانش انسانی در سراسر مناطق شهر می‌باشد [۱۸]. از جمله معایب این روش می‌توان به پرهزینه بودن، زمانبر بودن و غیر دقیق بودن آن اشاره نمود. همچنین ممکن است به دلیل تبانی برخی از سازندگان با بازرسین شهرداری، برخی از تخلفات به شهرداری گزارش نشوند. این در حالی است که شناسایی ساخت و سازهای غیر قانونی باید به اندازه کافی سریع و کم‌هزینه باشد تا بتواند در کمترین زمان ممکن از ادامه این ساخت و سازها جلوگیری به عمل آورد. بنابراین وجود یک روش بهینه جهت کاهش هزینه‌های مالی و نیروی انسانی در کنترل ساخت و سازهای غیر قانونی بیش از پیش مورد نیاز می‌باشد. سولاتی که در اینجا مطرح می‌شود، این است که آیا امکان شناسایی و پایش ساخت‌وسازهای غیرقانونی با کمک روش‌های خودکار یا نیمه‌خودکار وجود دارد؟ آیا با استفاده از روشهای تلفیقی مبتنی بر منطق فازی می‌توان به دقت بالایی در شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی رسید؟

استفاده از فنون آشکارسازی تغییرات در شناسایی تخلفات ساختمانی تاکنون در ایران به صورت عملیاتی و در مقیاس وسیع مورد استفاده قرار نگرفته است [۱۰]. از یک سو پایش نیمه‌خودکار تخلفات ساختمانی باعث کاهش چشمگیر هزینه‌ها در مقایسه با روش کنونی می‌گردد و از سوی دیگر، نیروی انسانی و متعاقباً امکان تبانی بین سازندگان و بازرسین شهرداری را از بین برده یا کاهش می‌دهد. فرض این تحقیق بر این است که در فاصله زمانی اخذ تصاویر ماهواره‌ای ژئوآی-یک در ۲۵ مارس ۲۰۱۳ و ۱۶ اکتبر ۲۰۱۳، پایگاه اطلاعات ممیزی شهرداری در خصوص پروانه‌های ساخت و ساز اخذ شده بهنگام شده است.

اگر چه تحقیقات بسیاری در زمینه روش‌های آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش زمین صورت گرفته است [۶، ۱۳، ۷، ۴، ۲۰، ۵، ۲، ۱۷ و ۱۱]، تعداد کمتری از مطالعات در خصوص شناسایی ساخت‌وسازهای غیر قانونی انجام شده است [۳، ۱، ۲۲ و ۱۰] که در ادامه به بررسی برخی از آنها پرداخته شده است.

[۶] از دو الگوریتم خوشه بندی فازی مختلف (FCM و GKC) جهت شناسایی تغییرات در تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه با در نظر گرفتن دو خوشه پیکسل‌های تغییر یافته و تغییر نیافته، استفاده نمود. نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که دقت روش‌های ارائه شده بهتر از روش‌هایی نظیر MRF و شبکه عصبی بوده است. [۱۳] از دو روش فازی جدید در آشکارسازی تغییرات کاربری زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه در منطقه مورد مطالعه استفاده و نتایج حاصل از این روش‌ها را با یکدیگر مقایسه نمود. در این تحقیق از دو روش فازی مبتنی بر فاصله طیفی و شبکه عصبی استفاده شد. [۷] یک روش پیکسل مبنای فازی جدید ارائه نمود که در آن تغییرات هر پیکسل در تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه با در نظر گرفتن تغییرات فازی در آن پیکسل و وابستگی مکانی آن پیکسل با پیکسل‌های مجاور در تصویر تفاضل مشخص می‌شد. [۴] بسیاری از روش‌های بکار گرفته شده در آشکارسازی تغییرات تصاویر ماهواره‌ای را دسته بندی و خلاصه‌ای از آنها را ارائه نمود. نتایج حاصله در این تحقیق، نیاز به ارائه روش‌های جدیدتر آشکارسازی تغییرات در تصاویر ماهواره‌ای جهت کاهش نواقص و ضعف عملکرد روش‌های پیشین را آشکار می‌سازد.

[۲۰] یک روش فازی نیمه نظارت‌شده آشکارسازی تغییرات در تصاویر ماهواره‌ای را ارائه نمود. همچنین، چندین روش فازی و روش ارائه شده در این تحقیق را پیاده سازی و دقت کلی آنها را در تصاویر ماهواره‌ای مختلفی بررسی نمود. در روش ارائه شده، مشکل روش‌های پیشین آشکارسازی تغییرات در تحلیل تصویر تفاضل، با استفاده از روش خوشه بندی فازی رفع شده است. [۵] یک روش طبقه بندی فازی نظارت نشده آشکارسازی تغییرات در تصاویر ماهواره‌ای دوزمانه (FCM) را جهت شناسایی موقیت مکانی خطوط ساحلی ارائه نمود. در این تحقیق ترکیبی از روش‌های فازی و غیرفازی آشکارسازی تغییرات ارائه شده است. [۲] روش‌های موجود

در سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات مکانی جهت آشکارسازی تغییرات پوشش و کاربری زمین را به سه دسته کلی پیکسل مبنا، عارضه مبنا و ویژگی مبنا تقسیم کرد و به بررسی خصوصیات آنها پرداخت. [۱۷] روش‌های گوناگون سنتی و روش‌های جدید ارائه شده در آشکارسازی تغییرات تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه را با استفاده از چندین تصویر ماهواره‌ای تحلیل نمود. همچنین در این تحقیق مناسب بودن هر یک از روش‌ها، با توجه به خصوصیات منطقه‌های مورد مطالعه، مورد بررسی قرار گرفته است. [۱۱] یک روش جدید شی‌گرا آشکارسازی تغییرات در تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه را جهت بهبود دقت عملکرد روش مقایسه پس از طبقه بندی ارائه نمود.

[۳] ساخت‌وسازهای غیر قانونی در محدوده ممنوعه مناطق آبی را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای آی‌کونوس با دوره زمانی سه ماهه در محدوده خدمات‌دهی شهرداری استانبول شناسایی کرد. [۱] نتایج حاصل از شناسایی سکونت‌گاه‌های غیرقانونی را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند طیفی دارای قدرت تفکیک مکانی بالا و روش‌های خودکار شناسایی ساختمان، ارائه نمود. نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که امکان شناسایی ساخت‌وسازهای قانونی یا غیرقانونی با استفاده از سنجنده کوئیک‌برد^۱ بیشتر از سنجنده اسپات-۲۵ می‌باشد. [۲۲] سکونت‌گاه‌های غیرقانونی را با استفاده از یک راهکار مبتنی بر عارضه، از تصاویر ماهواره‌ای دارای قدرت تفکیک مکانی بالای کوئیک‌برد شناسایی نمود. [۱۰] برخی از ساخت‌وسازهای غیر قانونی در محدوده‌ای از شهر تهران را با استفاده از روش نظارت نشده آشکارسازی تغییرات شناسایی نمود. در تحقیق فوق، در یک فرآیند تکراری و زمانبر نظارت نشده، تصویرنقشه تغییرات تولید شد و با اعمال شروطنی ساخت‌وسازهای غیرقانونی شناسایی شدند. با وجود اینکه چندین روش برای شناسایی ساخت و سازهای غیرقانونی در حومه شهر ارائه شده است، اما آشکارسازی این ساختمان‌ها در مناطق شهری با موفقیت زیادی انجام نشده است چرا که ارزیابی روش‌های مذکور نشان می‌دهد که برخی از ساخت و سازهای غیرقانونی با استفاده از روش‌های ارائه شده شناسایی نشده‌اند. لذا این

تحقیق در راستای افزایش دقت و بهبود عملکرد روش ارائه شده در تحقیق [۱۰]، یک روش طبقه بندی مبتنی بر تلفیق عملگر فازی یای ضمنی (Xor)^۲ و روش تفسیر فازی شهودی را ارائه می‌دهد که سبب بهبود دقت آشکارسازی تغییرات و شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی در مناطق شهری می‌شود. از طرف دیگر، روش ارائه شده سریع و کم هزینه می‌باشد و می‌تواند استفاده از عامل انسانی را به حداقل برساند.

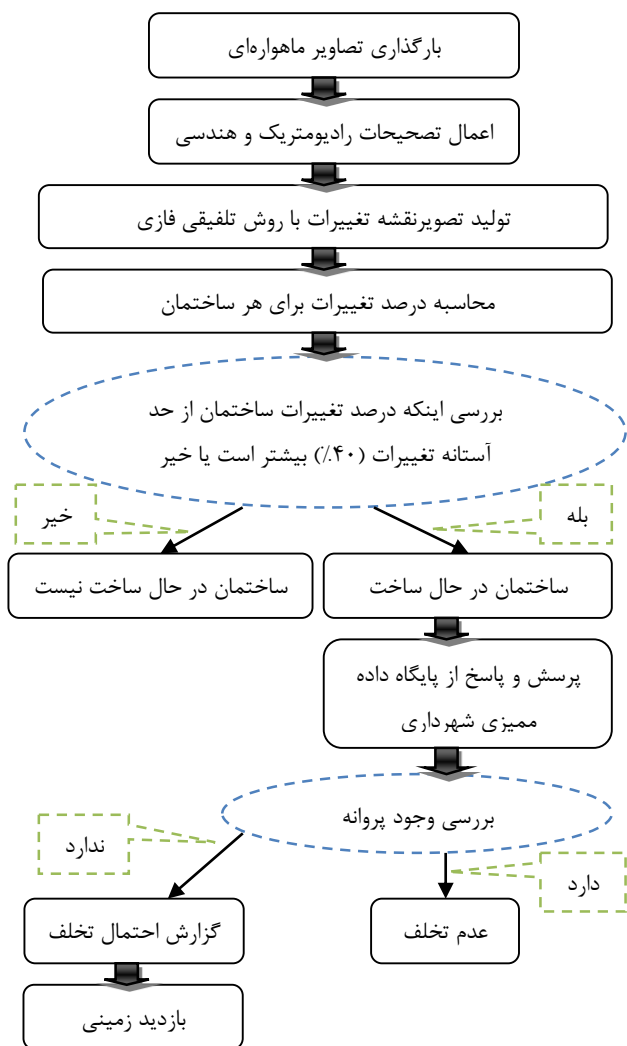
در ادامه، در بخش ۲ روش تحقیق ارائه شده است. در بخش ۳ نیز یک مطالعه موردی از محدوده قسمتی از غرب شهر تهران ارائه شده است. نهایتاً در بخش ۴، نتایج تحقیق ارائه شده است.

۲- روش تحقیق

مراحل مختلف شناسایی ساخت و سازهای غیرقانونی در این تحقیق، در نرم افزار متلب^۴ پیاده سازی شده است. در مرحله اول، تصاویر ماهواره‌ای دو زمانه ژئو-آی-یک از منطقه مورد نظر در نرم افزار بارگذاری می‌شوند. در مرحله دوم، تصحیحات رادیومتریک و هندسی بر تصاویر اعمال می‌شوند. سپس با استفاده از تلفیق روش عملگر فازی یای ضمنی و روش تفسیر فازی شهودی تمامی پیکسل‌های موجود در تصاویر به دو کلاس تغییر یافته و تغییر نیافته طبقه‌بندی شده و تصویرنقشه تغییرات با استفاده از روش فازی پیاده سازی شده تولید می‌شود. در مرحله چهارم، درصد تغییرات هر ساختمان به صورت جداگانه محاسبه می‌شود. با توجه به اینکه موقعیت هر ساختمان در نقشه‌های شهری در مقیاس ۱:۲۰۰۰ موجود می‌باشد، پیکسل‌های موجود در هر ساختمان با استفاده از همپوشانی تصویرنقشه تغییرات تولید شده در مرحله قبل و نقشه‌های شهری، شناسایی شده و بدین ترتیب تعداد کل پیکسل‌ها و همچنین تعداد پیکسل‌های تغییر یافته مربوط به هر ساختمان به صورت جداگانه مشخص می‌شوند. بنابراین، با محاسبه نسبت پیکسل‌های تغییر یافته به کل پیکسل‌های موجود در هر ساختمان، درصد تغییرات هر ساختمان مشخص می‌شود. در مرحله پنجم، با بررسی یک شرط، ساختمان‌های در حال ساخت از سایر

^۲ Fuzzy Exclusive OR
^۴ MATLAB

^۱ Quickbird
^۲ SPOT-5



شکل ۱- مراحل شناسایی ساخت‌وسازهای غیر قانونی

هر کدام از روش‌های آشکارسازی تغییرات مذکور مزایا و معایب مخصوص به خود را دارد و عموماً انتخاب روش مورد استفاده منوط به کاربرد مورد نظر و ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه می‌باشد [۸]. به عنوان مثال معایب برخی از روش‌های فوق‌الذکر که دلیل عدم استفاده از آنها در این تحقیق بود، در ادامه مطرح شده است.

وجود نویز حاصل از تصحیحات رادیومتریک در شناسایی برخی از پیکسل‌های تغییر ایراد روش تفاضل تصویری می‌باشد [۲۱]. نیاز به توسعه توابع رگرسیون دقیق برای باندهای انتخاب شده قبل از پیاده‌سازی شناسایی تغییرات ایراد اصلی روش رگرسیون تصویری محسوب می‌گردد. توزیع غیر نرمال نتیجه و برجسته کردن نویز تصادفی یا نویز کوه‌رنس به ترتیب از جمله معایب روش‌های نسبت‌گیری تصویری و تفاضل شاخص گیاهی محسوب می‌شوند [۸]. مشکل بودن تشخیص

ساخت‌مان‌ها تفکیک می‌گردد. بدین معنی که اگر درصد تغییرات ساختمانی بیشتر از حد آستانه تغییرات مجاز در منطقه باشد، آن ساختمان به عنوان ساختمان در حال ساخت معرفی می‌شود. لازم به توضیح است که مقدار حد آستانه مجاز تغییرات مذکور از ضوابط موجود در شهرداری منطقه مورد مطالعه تعیین می‌گردد. در مرحله ششم، با اتصال نرم‌افزار به پایگاه داده بهنگام ممیزی شهرداری، وجود پروانه ساختمان شناسایی شده در مرحله قبل، بررسی می‌شود. در صورتی که جواز ساختمان مورد نظر در پایگاه داده موجود نباشد، آن ساختمان به عنوان عارضه مشکوک معرفی شده و تحت عنوان ساخت و ساز غیرقانونی با موقعیت مشخص در نقشه به بازرسین شهرداری گزارش می‌گردد. در نهایت برای تحقیق صحت وجود ساخت و ساز غیرقانونی، یک کنترل زمینی توسط بازرسین شهرداری انجام می‌گردد. شکل (۱) فلوجارت شناسایی ساخت‌وسازهای غیر قانونی را نمایش می‌دهد.

به طور کلی روش‌های گوناگونی برای آشکارسازی تغییرات تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد. روش‌های جبری (تفاضل تصویری، رگرسیون تصویری، نسبت‌گیری تصویری، تفاضل شاخص گیاهی، تجزیه و تحلیل بردار تغییرات و کاهش پس‌زمینه)، روش‌های تبدیل (تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی^۱، تبدیل کلاه منگوله‌ای، تبدیل گرام اشمیت و تبدیل کای اسکوتر)، طبقه‌بندی (مقایسه پس از طبقه‌بندی، تجزیه و تحلیل ترکیبی طیفی-زمانی، شناسایی پیشینه کردن امید، خوشه‌بندی، شناسایی تغییرات پیوندی و شبکه‌های عصبی هوشمند)، مدل‌های پیشرفته (مدل انعکاسی لی استراهلر، مدل مخلوط طیفی و روش پارامتر زیست‌فیزیکی)، مدل‌های مبتنی بر سیستم‌های اطلاعات مکانی (روش تلفیق سنجش از دوری و سیستم‌های اطلاعات مکانی، روش سیستم اطلاعات مکانی)، روش‌های فازی (روش فازی C-means، روش فازی نیمه-نظارت شده C-means و روش عملگر فازی پای‌ضمنی)، آنالیز بصری و روش‌های عارضه‌منا از جمله روش‌های مورد استفاده در آشکارسازی تغییرات در تصاویر ماهواره‌ای می‌باشند [۸].

^۱ Principle Component Analysis (PCA)

روشی که برای آشکارسازی تغییرات موجود در تصاویر ماهواره‌ای و تولید تصویرنقشه تغییرات در این تحقیق توسعه داده شده است، یک روش فازی مبتنی بر پیکسل است که در آن تصویرنقشه تغییرات با استفاده از تلفیق روش عملگر فازی یای ضمنی و روش تفسیر فازی شهودی با دو کلاس تغییر یافته و تغییر نیافته تولید می‌شود.

بطور کلی تصاویر ماهواره‌ای از پیکسل‌هایی با مقدار درجه خاکستری $P(x, y)$ ، که این مقدار با توجه به قدرت تفکیک رادیومتریک ممکن است در بازه‌های مختلفی قرار گیرد، در یک یا چند باند طیفی تشکیل شده‌اند. واضح است که پس از اعمال تصحیح رادیومتریک، مقادیر درجات خاکستری پیکسل‌ها با توجه به بازتابش زمین تغییر می‌یابند. با انتقال حد پایین این درجات خاکستری به عدد صفر و سپس با تقسیم این درجات خاکستری به بازه تغییراتی که کلیه پیکسل‌های موجود در تصویر پس از اعمال تصحیح رادیومتریک در آن قرار می‌گیرند، می‌توان تمامی مقادیر درجات خاکستری موجود در تصویر ماهواره‌ای را در هر باند طیفی به بازه $[0, 1]$ تبدیل نمود. این کار باعث می‌شود تا تمامی مقادیر مربوط به درجات خاکستری تصاویر، نرمال‌سازی شوند. از طرفی، چون در این تحقیق از تلفیق روش عملگر فازی یای ضمنی و روش تفسیر فازی شهودی استفاده شده است، فرض بر این است که نرمال‌سازی مذکور، درجات خاکستری تصاویر را به فضای فازی برده است. بدین صورت تمامی پیکسل‌ها در هر باند طیفی دارای درجه عضویت فازی می‌شوند. بنابراین، درجه عضویت فازی $g(x, y)$ ، برای هر پیکسل $p(x, y)$ در باند i ام و در تصویر G با تابع عضویت فازی μ به شکل رابطه (۱) تعریف می‌گردد [۹]:

$$g_i(x, y) = \mu_{G_i}(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{اگر } G_i(x, y) \text{ دارای بالاترین درجه عضویت فازی باشد} \\ \dots \\ \frac{1}{\mu}, & \text{اگر } G_i(x, y) \text{ دارای درجه عضویت فازی وسط باشد} \\ \dots \\ 0, & \text{اگر } G_i(x, y) \text{ دارای پایین‌ترین درجه عضویت فازی باشد} \end{cases} \quad (1)$$

لازم به توضیح است که نقیض درجه عضویت فازی $g(x, y)$ به صورت $\bar{g}(x, y)$ نمایش داده می‌شود و از رابطه (۲) محاسبه می‌گردد [۲۳].

$$\bar{g}(x, y) = \mu_{\bar{G}}(x, y) = 1 - g(x, y) \quad (2)$$

مسیرهای تغییر پوشش زمینی و دقت پایین به ترتیب از ایرادات روش تجزیه و تحلیل بردار تغییرات و روش کاهش پس زمینه محسوب می‌گردند [۸].

ایرادی که به روش PCA وارد است این است که وابسته به منظره است. بنابراین، نتایج شناسایی تغییرات بین تاریخ‌های مختلف اغلب دارای مشکل جهت تفسیر و برچسب‌دهی است. این روش همچنین نمی‌تواند ماتریس کامل از اطلاعات کلاس تغییر را فراهم کند. همچنین، مشکل در تفسیر و برچسب‌دهی اطلاعات تغییر، عدم فراهم کردن یک ماتریس کامل تغییرات و نیاز به کالیبراسیون دقیق جوی برای هر تاریخ تصویری از جمله معایب روش کلاه منگوله‌ای محسوب می‌شود. مشکل روش گرام اشمیت وابستگی به انتخاب بردارهای طیفی از نمونه تصویر چندزمانه و نوع تغییری که بررسی می‌شود، می‌باشد.

نیاز به اخذ داده آموزشی متعدد، تصمیم‌گیری در خصوص استفاده از کدام یک از روش‌های نظارت شده و وابستگی دقت نهایی به دقت و مهارت کاربر، از جمله ایرادات روش مقایسه پس از طبقه بندی محسوب می‌شوند [۲۱ و ۱۶]. از طرفی، مشکل بودن شناسایی و برچسب‌دهی کلاس‌های تغییرات (ساختمان‌های تغییر یافته) و عدم فراهم کردن یک ماتریس کامل از اطلاعات تغییرات از معایب روش تجزیه و تحلیل ترکیبی طیفی-زمانی محسوب می‌شود. همچنین، نیاز به تخمین یک احتمال بیشین مشترک کلاسی و زمانبر بودن به ترتیب از جمله مشکلات روش‌های پیشینه کردن امید و خوشه بندی محسوب می‌شوند [۸]. به علاوه، پیچیده بودن شناسایی خط سیرهای تغییرات و زمانبر بودن فرآیند آموزش نیز به ترتیب از جمله معایب روش‌های شناسایی تغییرات پیوندی و شبکه‌های عصبی هوشمند محسوب می‌گردند. از طرفی مدل انعکاسی لی استراهلر و روش پارامتر زیست فیزیکی صرفاً برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی مناسب است و نمی‌توان از آنها در شناسایی تغییرات ساختمان‌ها استفاده نمود [۸].

با توجه به مشکلات ذکر شده مربوط به روش‌های مذکور، در این تحقیق تصمیم به استفاده از یک روش فازی پیکسل‌مبنای آشکارسازی تغییرات و داده‌های سیستم‌های اطلاعات مکانی (نقشه کاداستری منطقه) گرفته شد.

همچنین عملیات اشتراک فازی به صورت حاصلضرب توابع عضویت فازی بر اساس رابطه (۳) تعریف می‌شود [۲۳].

$$\mu_{G1 \cap G2} = \mu_{G1}(x, y) * \mu_{G2}(x, y) = g1(x, y) * g2(x, y) \quad (3)$$

با استفاده از منطق فازی جهت آشکارسازی تغییرات، مشخص کردن میزان تغییرات بین یک پیکسل متناظر در هر باند طیفی از دو تصویر دو زمانه از طریق این قانون فازی مشخص می‌شود: «اگر درجه عضویت فازی پیکسلی در یک باند طیفی در تصویر اول بالا باشد و درجه عضویت فازی همان پیکسل در همان باند از تصویر دوم پایین باشد یا حالت برعکس آن اتفاق بیافتد، آنگاه آن پیکسل در آن باند طیفی خاص دچار تغییر شده است». بدین ترتیب با استفاده از قوانین و عملگر فازی یای ضمنی می‌توان درجه عضویت فازی تغییرات پیکسل‌ها را در هر باند طیفی از تصاویر ماهواره‌ای دو زمانه بدست آورد. قانون فازی فوق را می‌توان به صورت رابطه (۴) مدل کرد [۹].

$$C_i(x, y) = \mu_{(G1 \cap G2) \cup (\bar{G}1 \cap \bar{G}2)}(x, y) = (g1(x, y) * \bar{g}2(x, y) \cup (\bar{g}1(x, y) * g2(x, y))) \quad (4)$$

که در این رابطه $C_i(x, y)$ میزان تغییرات فازی یک پیکسل در مختصات (x, y) و در باند i ام از تصاویر دو زمانه را نشان می‌دهد، $g1(x, y)$ و $g2(x, y)$ به ترتیب درجه عضویت فازی یک پیکسل در باند مورد نظر از تصویر اول و دوم را در مختصات (x, y) نشان می‌دهند. $\bar{g}1(x, y)$ و $\bar{g}2(x, y)$ به ترتیب نمایانگر نقیض درجه عضویت فازی یک پیکسل در باند مورد نظر در تصاویر اول و دوم در مختصات (x, y) می‌باشند و عملگر \cup نشان دهنده اجتماع فازی می‌باشد که بیشترین مقدار مقادیر چپ و راست موجود در معادله را به عنوان مقدار نهایی می‌پذیرد.

با محاسبه درجه عضویت فازی تغییرات برای کل پیکسل‌ها در هر باند از تصویر با استفاده از عملگر فازی یای ضمنی (رابطه ۴)، تمامی پیکسل‌ها در هر باند طیفی دارای یک درجه عضویت فازی تغییرات محاسبه شده در بازه $[0, 1]$ می‌شوند. سپس برای ترکیب درجه عضویت‌های فازی بدست آمده برای هر پیکسل در تمامی باندهای طیفی تصویر ماهواره‌ای و محاسبه یک درجه عضویت فازی تغییرات منحصر به فرد برای هر پیکسل در تصویر (حاصل از تلفیق باندها)، از قوانین فازی شهودی استفاده شده است.

در حقیقت، مفهوم تفاسیر فازی شهودی این امکان را می‌سازد تا توصیفات زبانی غیردقیق و یا فازی را به فرمول‌های دقیق ریاضی تبدیل کنیم [۱۹]. از طرفی، مفاهیم فازی شهودی برای محاسبه درجه تعامل بین مجموعه‌های فازی زمانی که یک قانون اگر-آنگاه فازی بر روی آن مجموعه‌ها اعمال می‌شود، استفاده می‌گردد [۱۹]. لذا می‌توان از این خاصیت در ترکیب درجات عضویت فازی تغییرات همه باندهای طیفی و محاسبه یک درجه عضویت فازی تغییرات نهایی برای هر پیکسل استفاده نمود.

انواع مختلفی از قوانین اگر-آنگاه فازی و تفاسیر فازی در سیستم‌های فازی و کاربردهای متنوع آن استفاده می‌شود. اپراتور مینیمم مدانی^۱، اپراتور حاصلضرب مدانی^۲، اپراتور لوکاسیویکز^۳، اپراتور دینس رچر^۴ تفسیر زاده^۵ و تفسر گودل^۶ از جمله مشهورترین و پرکاربردترین تفاسیر فازی می‌باشند که همه آنها با استفاده از قوانین اگر-آنگاه فازی ایجاد می‌شوند. عموماً تفاسیر محلی فازی بیشتر در کاربردها و سیستم‌های فازی مورد استفاده قرار می‌گیرند چراکه این تفاسیر از قوانین اگر-آنگاه دقیق‌تری استفاده می‌کنند [۱۹]. بنابراین در این تحقیق تصمیم بر این گرفته شد که از اپراتور فازی محلی مینیمم مدانی برای تلفیق درجات عضویت فازی تغییرات همه باندهای طیفی و محاسبه یک درجه عضویت فازی تغییرات واحد برای هر پیکسل در تصویر استفاده شود. لذا برای محاسبه درجه عضویت فازی تغییرات نهایی هر پیکسل، از این تفسیر فازی استفاده می‌شود: «اگر درجه عضویت فازی پیکسلی در باند اول و باند دوم و ... و باند n ام بالا باشد، آنگاه آن پیکسل دچار تغییر شده است». رابطه (۵) نحوه تلفیق درجات عضویت فازی تغییرات باندهای مختلف طیفی را با استفاده از اپراتور مینیمم مدانی نمایش می‌دهد.

$$C_T(x, y) = \mu_{C1 \cap C2 \cap \dots \cap Cn}(x, y) \quad (5)$$

که در این رابطه $C_T(x, y)$ میزان تغییرات فازی نهایی یک پیکسل در مختصات (x, y) را نشان می‌دهد، $\mu_{C_i}(x, y)$ درجه عضویت فازی تغییرات یک پیکسل در

^۱ Mamdani minimum

^۲ Mamdani product

^۳ Lukasiewicz

^۴ Dienes-Rescher

^۵ Zade implication

^۶ Godel Implication

تصمیم گیری قطعی در مقطع اولیه را رفع می نماید [۲۰]. به علاوه، دلیل تلفیق روش عملگر فازی یای ضمنی و روش تفسیر فازی شهودی، بهره برداری حداکثری از اطلاعات و تغییرات طیفی تمامی باندهای موجود در تصویر و معرفی پیکسل های تغییر یافته با بررسی تمامی باندهای طیفی تصاویر ماهواره ای می باشد.

این در حالی است که مشکل اصلی روش فازی C-means، تاثیر پیکسل های همسایه در نتیجه نهایی آشکارسازی تغییرات هر پیکسل می باشد. لذا در این روش درجه عضویت فازی تغییرات بدست آمده برای هر پیکسل متاثر از پیکسل های مجاور بوده و صرفاً نمایانگر تغییرات حقیقی پیکسل مورد نظر نمی باشد. حال آنکه روش ارائه شده در این تحقیق، با در نظر گرفتن خواص طیفی هر پیکسل در همه باندهای طیفی بصورت جداگانه، صرفاً تغییرات در همان پیکسل تحقیق می شود. از طرفی، از آنجا که در این تحقیق تغییرات پیکسل های موجود در هر ساختمان مورد نظر می باشد، لذا بررسی تغییرات حتماً باید بصورت پیکسل به پیکسل صورت پذیرد و نباید این بررسی تحت تاثیر پیکسل های مجاور (خارج از ساختمان) قرار گیرد. به همین دلیل نتیجه بکارگیری تلفیق روش عملگر فازی یای ضمنی و روش تفسیر فازی شهودی در قیاس با روش فازی C-means، به واقعیت نزدیک تر خواهد بود.

۳- مطالعه موردی

محدوده مورد مطالعه در این تحقیق، یک منطقه از غرب شهر تهران می باشد که در مختصات بین $35^{\circ}44'2.7''$ و $51^{\circ}11'33''$ طول شرقی و $35^{\circ}44'26''$ و $51^{\circ}11'15.5''$ عرض شمالی از زون ۳۹ سامانه مختصات جهانی مرکاتور معکوس^۱ (UTM)، واقع شده است. این محدوده حدوداً $32/054$ هکتار را پوشش می دهد.

در این تحقیق از تصاویر ماهواره ای دو زمانه چهار باندهی سنجنده ژئوآی-یک^۲ با قدرت تفکیک مکانی نیم متر که به ترتیب در تاریخ های ۲۵ مارس ۲۰۱۳ و ۱۶ اکتبر ۲۰۱۳ از محدوده شهری غرب تهران اخذ شده بودند و نقشه های شهری از منطقه مورد مطالعه در مقیاس ۱:۲۰۰۰ برای شناسایی ساختمان های در حال ساخت استفاده گردید. دلیل استفاده از تصاویر ماهواره ای مذکور

مختصات (x, y) و در باند i ام را نمایش می دهد و نهایتاً n تعداد باندهای طیفی موجود در تصویر ماهواره ای مورد استفاده می باشد.

حال تصمیم گیری در خصوص اینکه کدام یک از این مقادیر فازی محاسبه شده برای هر پیکسل به عنوان تغییر و کدام یک به عنوان عدم تغییر شناسایی شوند، نیازمند تعریف یک حد آستانه مناسب و تبدیل این مقادیر فازی به دو مقدار مشخص تغییر/عدم تغییر می باشد. تحقیقات نشان داده است که مقادیر حاصل از دو عملگر اشتراک فازی برای کل پیکسل های تصویر به گونه ای در کل تصویر توزیع شده اند که می توان یک حد آستانه مناسب برای غیر فازی سازی آنها مشخص نمود [۹]. به طور واضح تر مقدار حد آستانه برای عملگر اشتراک فازی از رابطه (۶) بدست می آید که در این تحقیق نیز مورد استفاده قرار گرفته است [۹].

$$\tau = \operatorname{argmax} (Ha) + 2\sigma a \quad (6)$$

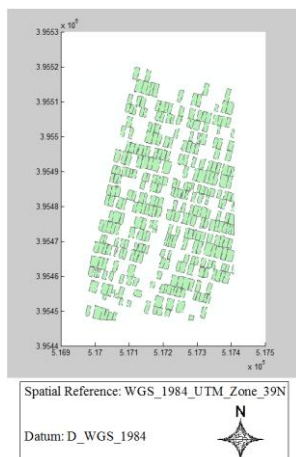
که در این رابطه Ha و σa به ترتیب هیستوگرام عملگر اشتراک فازی و انحراف معیار استاندارد عملگر اشتراک فازی مربوطه را نشان می دهد. حال در صورتی که درجه عضویت فازی پیکسلی در تصویر نقشه تغییرات بیشتر از این حد آستانه باشد، آن پیکسل به عنوان تغییر و در غیر این صورت به عنوان عدم تغییر شناخته می شود. بدین ترتیب تمامی پیکسل های موجود در تصویر برچسب تغییر/عدم تغییر می پذیرند.

دلیل استفاده از روش فازی در تشخیص درجه عضویت فازی تغییرات نهایی برای پیکسل های موجود در تصاویر دو زمانه و غیر فازی سازی آنها با استفاده از رابطه (۶) در این تحقیق، تخصیص سریع، همزمان و دقیق برچسب به تمامی پیکسل های موجود در تصویر می باشد [۱۲ و ۲۰]. همچنین، عدم نیاز به دانش اولیه و عدم نیاز به توسعه روابط ریاضی دقیق از دیگر محاسن روش فازی ارائه شده محسوب می شود [۲۰]. به علاوه، از آنجا که میزان تغییرات در پیکسل های تغییر یافته و تغییر نیافته در برخی از موارد نزدیک بهم می باشد، لذا انتخاب روش فازی، به لحاظ در نظر گرفتن عدم قطعیت، می تواند روش مناسبی جهت تفکیک آنها باشد [۷]. همچنین، با توجه به عدم قطعیت موجود بین پیکسل های تغییر یافته و تغییر نیافته، روش فازی با تخصیص درجه عضویت فازی، مشکل

^۱ Universal Transverse Mercator

^۲ GeoEye-1

استفاده از نمودار هیستوگرام فازی بدست آمد و با مقایسه تمامی درجات عضویت فازی پیکسل‌ها با این حد آستانه، به تمامی پیکسل‌های موجود در تصویر دو برچسب تغییر و عدم تغییر تخصیص یافت. تصویرنقشه تغییرات تولید شده در شکل (۴) نمایش داده شده است. در این شکل، پیکسل‌های تغییر یافته و تغییر نیافته به ترتیب با رنگ سفید و مشکی نمایش داده شده‌اند.



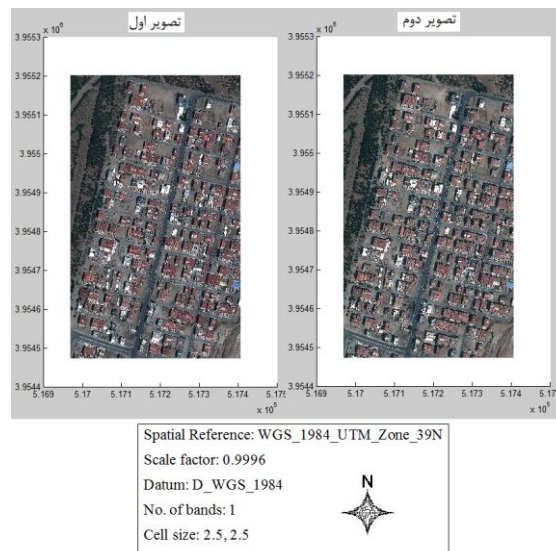
شکل ۳- موقعیت ساختمان‌ها در نقشه شهری در مقیاس ۱:۲۰۰۰ تهیه شده در سال ۱۳۸۱

از آنجا که در این تحقیق از نقشه‌های شهری منطقه مورد نظر نیز استفاده شد، موقعیت مکانی هر ساختمان در سیستم مختصات بکار گرفته شده موجود بود. لذا تعداد پیکسل‌های موجود در هر ساختمان بطور جداگانه با همپوشانی تصویرنقشه تغییرات تولید شده و نقشه‌های شهری و با استفاده از تحلیل نقطه در چند ضلعی مشخص گردید. از طرفی با روش مشابه، تعداد پیکسل‌های تغییر یافته موجود در هر ساختمان نیز شمارش شدند. سپس درصد تغییرات برای هر ساختمان با استفاده از نسبت تعداد پیکسل‌های تغییر یافته برای یک ساختمان به کل پیکسل‌های موجود در آن ساختمان محاسبه شد. این درصد، برای تمامی ساختمان‌های موجود در منطقه مورد مطالعه، محاسبه گردید. درصد تغییرات ساختمان با استفاده از رابطه (۷) محاسبه شده است.

$$C.P._i = \frac{C_i}{T_i} * 100 ; C_i \leq T_i \quad (7)$$

که در آن C_i مجموع تعداد پیکسل‌های تغییر یافته در ساختمان i ، T_i تعداد کل پیکسل‌های موجود در ساختمان i و $C.P._i$ درصد تغییرات ساختمان i می‌باشد.

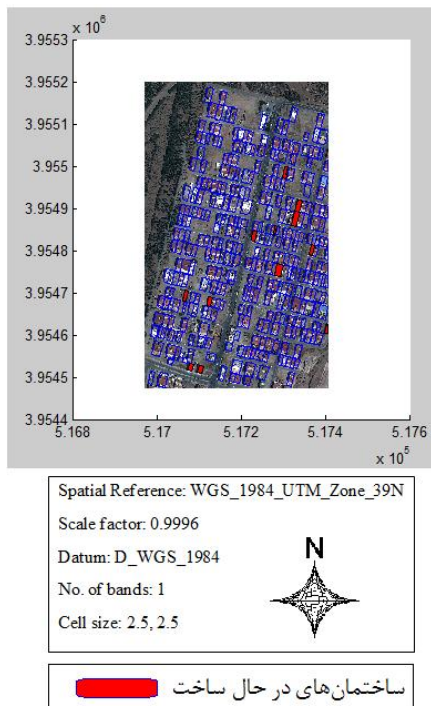
قدرت تفکیک مکانی بالای آنها می‌باشد. همچنین در این تحقیق، از پایگاه داده ممیزی شهرداری در محدوده مورد مطالعه برای ایجاد یک سامانه اطلاعات مکانی و دسترسی به اطلاعات مورد نیاز جهت تشخیص ساخت‌وسازهای غیر قانونی استفاده شد. تصاویر ماهواره‌ای دوزمانه مذکور و نقشه پوششی منطقه در مقیاس ۱:۲۰۰۰ به ترتیب در شکل‌های (۲) و (۳) ارائه شده‌اند.



شکل ۲- تصویرنقشه‌های محدوده مورد مطالعه اخذ شده در تاریخ‌های ۲۵ مارس ۲۰۱۳ (تصویر اول) و ۱۶ اکتبر ۲۰۱۳ (تصویر دوم)

در پیاده سازی تلفیق روش پیکسل مبنای عملگر فازی یای ضمنی و روش تفسیر فازی شهودی جهت طبقه بندی تصاویر و تولید تصویرنقشه تغییرات، ابتدا درجات خاکستری تمامی پیکسل‌ها در تمامی باندها و در هر دو تصویر نرمال شده و به فضای فازی برده شد. سپس با استفاده از عملگر فازی یای ضمنی تصاویر دو زمانه به صورت پیکسل به پیکسل و باند به باند مورد بررسی قرار گرفتند و با بررسی یک قانون فازی (که در بخش قبلی مطرح شد) درجه عضویت فازی تغییرات برای هر پیکسل در هر باند بصورت جداگانه محاسبه شد. سپس با استفاده از روش تفسیر فازی شهودی، یک درجه عضویت فازی تغییرات منحصر به فرد برای هر پیکسل با تلفیق درجات عضویت مربوط به تمامی باندهای پیکسل مربوطه با استفاده از عملگر مینیمم مدانی بدست آمد. در نهایت، برای غیرفازی سازی درجات عضویت تغییرات پیکسل‌ها و تبدیل درجات عضویت فازی بدست آمده به دو مقدار مشخص تغییر یا عدم تغییر، یک حد آستانه تغییرات با

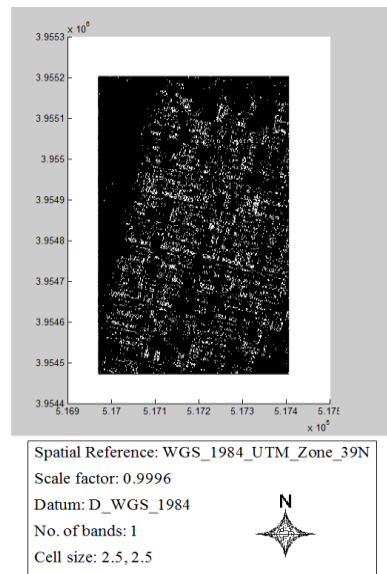
تغییر (در حال ساخت) که با روش مذکور شناسایی شده‌اند، با رنگ قرمز نمایش داده شده‌اند.



شکل ۵- ساختمان‌های در حال ساخت شناسایی شده (رنگ قرمز)

شهرداری تهران دارای یک پایگاه داده ممیزی جامع می‌باشد که شامل تمامی اطلاعات توصیفی ساختمان‌ها به همراه موقعیت مکانی آنها می‌باشد. هر ساختمان دارای یک پلاک ثبتی منحصر به فرد می‌باشد که به عنوان شناسه ساختمان تلقی می‌گردد. بدین معنی که با استفاده از شناسه مذکور و پرسش و پاسخ از پایگاه داده می‌توان به اطلاعات توصیفی و مکانی آن ساختمان دسترسی پیدا کرد. برای بررسی اینکه ساختمان‌های مشکوک شناسایی شده در مرحله قبل دارای پروانه ساختمانی از شهرداری می‌باشند یا خیر، از پرسش و پاسخ مذکور در پایگاه داده استفاده شده و بدین ترتیب ساختمان‌هایی که در حال ساخت می‌باشند و اقدام به اخذ پروانه ساختمانی از شهرداری ننموده‌اند، شناسایی می‌شوند. لذا ساخت و سازهای غیرقانونی با موقعیت مشخص در تصویرنقشه موجود، با این روش شناسایی می‌شوند.

دقت کلی معیاری بر اساس میانگین دقت طبقه بندی تصاویر می‌باشد. در حقیقت، دقت کلی از محاسبه نسبت عوارضی که به درستی طبقه بندی شده اند به تمامی عوارض موجود بدست می‌آید [۱۴]. ضریب کاپا نیز دقت طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای را در مقایسه با یک روش



شکل ۴- تصویرنقشه تغییرات تولید شده با استفاده از تلفیق روش پیکسل مبنای عملگر فازی یای ضمنی و روش تفسیر فازی شهودی

قوانین ساخت و ساز تقریباً در هر منطقه از شهرداری متفاوت می‌باشد. در حقیقت، در هر منطقه از شهرداری تراکم ساختمانی مجاز متفاوت است. با توجه به قوانین موجود در شهرداری منطقه مورد مطالعه (شهرداری منطقه ۲۱ تهران)، سازندگان مجاز به ساخت و ساز در ۶۰٪ از محدوده ملک خود می‌باشند. بنابراین، برای شناسایی ساخت‌وسازهای مجاز از غیر مجاز، حد آستانه ۴۰٪ (۶۰٪-) در نظر گرفته شد. در نتیجه، اگر درصد تغییرات محاسبه شده ساختمانی بیش از ۴۰٪ باشد ($C.P_i > 40\%$) [۱۰]، آن ساختمان به عنوان ساختمان در حال ساخت و نقطه مشکوک در نظر گرفته می‌شود. در حقیقت، این حد آستانه این اطمینان را می‌دهد که اگر ساخت و سازی چه در حیاط و چه در ساختمان یک ملک در فاصله زمانی بین اخذ دو تصویر منطقه ایجاد شود، درصد تغییرات شناسایی شود و ساختمان مورد نظر به عنوان عارضه مشکوک قلمداد شود. در نظر گرفتن حد آستانه کمتر از ۴۰٪ بصورت تجربی نتایج قابل قبولی را در پی نخواهد داشت چراکه ممکن است این تغییرات کم ناشی از تغییر مکان خودروهای پارک شده در حیاط مربوط به قطعات و ... باشد. در حقیقت حد آستانه کمتر از ۴۰٪ سبب می‌شود تا بسیاری از ساختمان‌ها به اشتباه در حال ساخت معرفی شوند. از طرفی حد آستانه بیشتر از ۴۰٪ نیز بصورت تجربی نتایج قابل قبولی را ندارد. زیرا در اینصورت ممکن است بسیاری از ساخت‌وسازها ناشناخته باقی بمانند. در شکل (۵) ساختمان‌های در حال

طبقه بندی تصادفی محاسبه می‌کند [۱۴]. در این تحقیق جهت ارزیابی روش پیاده سازی شده، دقت کلی برای سه مرحله تولید تصویر نقشه تغییرات به روش فازی، شناسایی ساختمان‌های در حال ساخت و شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی محاسبه شد. همچنین ضریب کاپا برای ارزیابی طبقه بندی تصویر به روش فازی محاسبه گردید.

نتایج بدست آمده در این تحقیق با داده‌های واقعیت زمینی مقایسه شد و بدین ترتیب با بررسی تصویر نقشه تغییرات حاصل شده از روش فازی و ایجاد ماتریس خطای حاصل از طبقه بندی، دقت کلی ۹۸٪ و ضریب کاپای ۷۶٪ برای طبقه بندی تصویر به روش فازی بدست آمد. با استفاده از روش طبقه بندی فازی ارائه شده، ۱۶ ساختمان از ۳۳۸ ساختمان موجود در تصویر به عنوان ساختمان در حال ساخت شناسایی شدند که با استناد به پایگاه داده ممیزی شهرداری، ۱۲ ساختمان از آنها به درستی در حال ساخت شناسایی شده‌اند. حال آنکه چهار مورد از آنها به

اشتباه ساختمان در حال ساخت شناسایی شده است. همچنین با توجه به اطلاعات موجود در شهرداری، ۱۴ ساختمان در دوره زمانی بین اخذ تصاویر ماهواره‌ای در این تحقیق، شروع به ساخت کرده‌اند. لذا ۸۶٪ (۱۲) ساختمان از ۱۴ ساختمان‌های در حال ساخت توسط روش ارائه شده شناسایی شده‌اند، در حالیکه دو ساختمان در حال ساخت با روش ارائه شده در این تحقیق، شناسایی نشده‌اند. از طرفی دیگر، دو ساختمان با استناد به اطلاعات آماری موجود در شهرداری در بازه زمانی اخذ تصاویر ماهواره‌ای، به عنوان ساخت‌وساز غیر قانونی ثبت شده بودند که هر دو مورد آنها در این تحقیق، با استفاده از روش ارائه شده شناسایی شدند. بدین ترتیب تمامی ساخت‌وسازهای غیرقانونی موجود در منطقه مورد مطالعه تشخیص داده شدند. نتایج و دقت‌های بدست آمده در این تحقیق در جدول (۱) نمایش داده شده‌اند.

جدول ۱- نتایج حاصل از روش پیاده‌سازی شده

۳۳۸	تعداد کل ساختمان‌های موجود در تصویر
۱۶	تعداد کل ساختمان‌های در حال ساخت شناسایی شده
۱۲	تعداد ساختمان‌های صحیح شناسایی شده به عنوان در حال ساخت
۲	تعداد ساختمان‌های شناسایی نشده به عنوان در حال ساخت
۱۴	تعداد ساختمان‌های در حال ساخت با توجه به آمار شهرداری
۲	تعداد ساخت‌وسازهای غیر قانونی شناسایی شده
۲	تعداد ساخت‌وسازهای غیر قانونی با توجه به آمار شهرداری
۹۸٪	دقت کلی طبقه بندی تصویر به روش فازی ارائه شده
۷۶٪	ضریب کاپای طبقه بندی تصویر به روش فازی ارائه شده
۸۶٪	دقت شناسایی ساختمان‌های در حال ساخت
۱۰۰٪	دقت شناسایی ساخت‌وسازهای غیر قانونی

در مقایسه با تحقیق [۱۰] به ترتیب به میزان ۷٪ و ۲۵٪ افزایش داشته است. به علاوه، هر دو ساخت‌وساز غیر قانونی با توجه به آمار شهرداری و با استفاده از روش ارائه شده در این تحقیق شناسایی شدند. حال آنکه در تحقیق [۱۰] فقط سه مورد از چهار تخلف ساختمانی شناسایی شده بودند. همچنین در تحقیق [۲۲]، دقت کلی ۸۷٪ برای شناسایی ساخت‌وسازهای غیر قانونی بدست آمد که نسبت به دقت حاصل شده در این تحقیق کمتر می‌باشد. در تحقیق [۱] نیز ۵۵۳ و ۱۰۳۶ ساخت‌وساز غیر قانونی به ترتیب با استفاده از ماهواره‌های اسپات و کوئیک برد شناسایی شدند. لیکن به دلیل عدم وجود داده‌های واقعیت

۴- نتیجه‌گیری

نتایج اخذ شده در این تحقیق نشانگر آن است که دقت بدست آمده در طبقه‌بندی تصویر، شناسایی ساختمان‌های در حال ساخت و شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی به مراتب بالاتر از روش ارائه شده توسط [۱۰] می‌باشد. دقت کلی طبقه بندی تصویر به روش تلفیق عملگر فازی یای ضمنی و روش تفسیر فازی شهودی نسبت به روش ارائه شده در [۱۰]، ۱۵٪ افزایش یافته است. همچنین دقت کلی شناسایی ساختمان‌های در حال ساخت و دقت کلی شناسایی ساخت‌وسازهای غیر قانونی

ساختمان در حال ساخت شناسایی نشده‌اند، رخ بدهد و بدین ترتیب، تخلفات مذکور ناشناخته باقی بمانند. شایان ذکر است که اختلاف زمانی بین زمان اخذ تصاویر ماهواره‌ای و زمان تولید نقشه شهری، در ایجاد خطا و کاهش دقت نتایج این تحقیق، بی‌تاثیر نیست. از طرفی خطاهای موجود در تصحیحات تصاویر ممکن است به ایجاد خطا در نتایج نهایی منجر گردد.

بکارگیری این روش به بازرسین شهرداری برای جست و جوی هدفمند در سطح شهر کمک می‌کند. بدین معنی که با شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی، موقعیت مکانی آنها نیز شناسایی شده و به بازرسین شهرداری گزارش می‌شود تا بازرسان بتوانند در کمترین زمان ممکن عوارض مشکوک را سرکشی کنند. لذا، استفاده از روش نیمه‌خودکار ارائه شده مشخصاً باعث کاهش زمان شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی و کمک به جلوگیری از ادامه چنین ساخت و سازهایی شده و اهداف این تحقیق را محقق می‌سازد.

روش ارائه شده بطور کلی عمومیت داشته و قابل استفاده در سایر کلانشهرها و شهرهای کشور می‌باشد. لیکن استفاده از تصاویر ماهواره‌ای دوزمانه، که در زمان ظهر و با بازه زمانی کوتاه مدت اخذ شده‌اند باعث به حداقل رسیدن خطای تصاویر می‌گردد. چراکه سبب می‌شود تا اثر سایه به حداقل رسیده و تصویر برداری در شرایط نوردهی یکسان صورت پذیرد. به علاوه با استفاده از عکس‌های هوایی با کیفیت بالاتر، احتمالاً دقت‌های بالاتری در شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی قابل حصول خواهد بود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از حمایت سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران برای فراهم کردن تصاویر ماهواره‌ای دوزمانه GeoEye-1 قدردانی می‌گردد.

زمینی موفق به ارزیابی روش ارائه شده نشده‌اند. به علاوه، علی‌رغم عدم موفقیت تحقیق [۳] در شناسایی ساختمان‌های غیرقانونی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، در این تحقیق، با تلفیق تصاویر ماهواره‌ای دارای قدرت تفکیک مکانی بالا و نقشه‌های شهری و با ارائه یک روش فازی جدید، ساخت‌وسازهای غیرقانونی موجود در محدوده مورد مطالعه شناسایی شد.

همچنین در این تحقیق دقت کلی رضایت بخش ۹۸٪ و ضریب کاپای ۷۶٪ برای طبقه بندی تصاویر با استفاده از روش فازی جدید ارائه شده، بدست آمد. این درحالی است که بالاترین دقت کلی بدست آمده در تحقیق [۱۳] (مربوط به روش فازی شبکه عصبی در آشکار سازی تغییرات) ۹۰/۴۰٪ بود که نسبت به دقت حاصل شده در این تحقیق ۷۶٪ کمتر می‌باشد. لیکن ضریب کاپای محاسبه شده در این تحقیق در مقایسه با روش فازی C-means و روش فازی نیمه نظارت‌شده آشکارسازی تغییرات، ارائه شده در تحقیق [۲۰]، به ترتیب بیشتر و کمتر می‌باشد. این بدین معنی است که روش نیمه نظارت شده فازی ارائه شده در تحقیق [۲۰]، عملکرد بهتری را در مقایسه با روش ارائه شده در این تحقیق داشته است. حال آنکه این روش عملکرد بهتری در شناسایی تغییرات نسبت به روش فازی C-means داشته است.

نتایج این مقاله حاکی از آن است که اکثر ساخت‌وسازهای غیرقانونی را می‌توان با استفاده از روش ارائه شده بصورت نیمه‌خودکار شناسایی کرد و نهایتاً با یک بازدید زمینی هدفمند از صحت نتایج حاصل شده در کوتاهترین زمان ممکن اطمینان حاصل کرد. علی‌رغم اینکه در این روش تمامی ساخت‌وسازهای غیرقانونی در محدوده مورد مطالعه شناسایی شدند، با توجه به اطلاعات آماری شهرداری، دو مورد از ساختمان‌های در حال ساخت ناشناخته باقی ماندند. لذا این مشکل، یکی از نقاط ضعف روش ارائه شده می‌باشد چراکه ممکن بود برخی از تخلفات ساختمانی در ساختمان‌هایی که به عنوان

مراجع

- [1] Asmat, A., Zamzami, S.Z., and Mansur. S. (2012). "The use of multi-sensor for illegal human settlement detection". Asian Journal of Environment-Behaviour Studies, Vol. 3, No. 10, pp. 71-80.
- [2] Attri, p., Chaudhry, S., and Sharma, S. (2015). "Remote sensing & GIS based approaches for LULC change detection- a review." International Journal of Current Engineering and Technology, Vol. 5, No. 5, pp. 3126-3137.

- [3] Bayburt, S., Buyuksalih, G., and Baz, I. (2008). "Detection of changes in Istanbul area with medium and high resolution space images." *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*. Vol. XXXVII. Part B7, pp. 1607-1612.
- [4] Deilami, B.R., Ahmad, B.B., Saffar, M. R.A., and Umar, H.Z. (2015). "Review of change detection techniques from remotely sensed images." *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, Vol. 10, Issue 2, pp. 221-229.
- [5] Dewi, R.S., Bijker, W, Stein, A., and Marfai, M.A. (2016). "Fuzzy classification for shoreline change monitoring in a part of the northern coastal area of Java, Indonesia." *The International Journal of Remote Sensing*, Vol. 8, Issue 3, 25 p.
- [6] Ghosh, S., Mishra, N.S., and Ghosh. A. (2009). "Unsupervised change detection of remotely sensed images using fuzzy clustering." *The International Conference on Pattern Recognition (ICAPR)*, Kolkata, February 4-6, 2009, pp. 385-388.
- [7] Ghosh, S., Mishra, N.S., and Ghosh. A. (2010). "Fuzzy clustering algorithms for unsupervised change detection in remote sensing images." *Journal of Information Sciences*, Vol. 181, Issue 4, pp. 699-715.
- [8] Hussain, M., Chen. D., Cheng, A., Wei, H., and Stanley, D. (2013). "Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based approaches." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 80, pp. 91-106.
- [9] Ilsever, M. and Unsalan, C. (2012). "Two Dimensional Change Detection Methods, Remote Sensing Applications." Springer London Heidelberg New York Dordrecht.
- [10] Khalilimoghadam, N., Delavar, M.R., and Hanachee, P. (2015). "Automatic urban illegal building detection using multi-temporal satellite images and geospatial information systems." *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XL-1/W5, Kish Island, Iran, Nov. 23-25, 2015, pp. 387-393.
- [11] Li, L, Ying, G., Wen, X., and Zhang, Y. (2015). "Object-oriented change detection based on spatiotemporal relationship in multitemporal remote sensing images." *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-7/W3, Berlin, Germany, 11–15 May 2015, pp. 1241-1248.
- [12] Merrikh-Bayat, F., Bagheri Shouraki, S., and Merrikh-Bayat, F. (2014) "Memristive fuzzy edge detector." *Journal of Real-Time Image Processing*, Vol. 9, Issue 3, pp. 479-489.
- [13] Nemmour, H. and Chibani, Y. (2006). "Fuzzy neural network architecture for change detection in remotely sensed imagery." *The International Journal of Remote Sensing*, Vol. 27, Issue 4, pp. 705-717.
- [14] Njoku, E.G. (2014). "Encyclopedia of Remote Sensing." Springer-Verlag New York Inc., 939 p.
- [15] Roudgarmi, P., Khorasani, N.A., Monavari S.M., and Nouri, J. (2009). "Predicting the effects of environmental development using satellite images and remote sensing techniques." *Journal of Environmental Sciences and Technology*, Vol. 11, No. 1, pp. 161-172.
- [16] Saeifar, M. H. and Mohammadnia, M. (2015). "Land use/ land cover change detection in Tehran city using Landsat satellite images." *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, Vol. 5, pp.199-207.
- [17] Sagnika, S., Bilgaiyan, S., Mishra, S., and Mishra, S.P.M. (2014). "An exploration of change detection techniques for images." *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, Vol. 64, No. 3, pp. 820-836.
- [18] Saremizadeh, M. F. (2012). "Complete sets of rules and regulations relating to the municipality." Municipality of Shiraz. Shiraz, Iran. 512 p.
- [19] Selvachandran, G. and Salleh, A.R. (2014). "Local and global fuzzy implications in an intuitionistic fuzzy setting", *The International Journal of Mathematical Analysis*, Vol.8, No. 51, pp. 2519-2529.
- [20] Shao, P., Shi, W., He, p., Hao, M., and Zhang, X. (2016). "Novel approach to unsupervised change detection based on a robust semi-supervised FCM clustering algorithm." *The International Journal of Remote Sensing*, Vol. 8, Issue 3, 25 p.
- [21] Shaoqing, Z. and Lu, X. (2008). "The comparative study of three methods of remote sensing image change detection" *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVII, pp. 1595-1598.
- [22] Shekhar, S. (2012). "Detecting slums from quickbird data in Pune using an object oriented approach." *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXIX-B8, Melbourne, Australia, 25 August – 01 September, 2012, pp. 519-524.
- [23] Zadeh, L.A. (1965). "Fuzzy sets." *Information and Control*, Vol. 8, No. 3, pp. 338-353.