

پایش نیمه‌خودکار ساخت‌وسازهای غیرقانونی در محدوده شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش پیکسل‌مبنای عملگر فازی یای ضمنی

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

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

^۲ دانشیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران
(قطب علمی مهندسی نقشه‌برداری در مقابله با سوانح طبیعی)
mdelavar@ut.ac.ir

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

(تاریخ دریافت بهمن ۱۳۹۴، تاریخ تصویب خرداد ۱۳۹۵)

چکیده

در سال‌های اخیر با توجه به روند بی‌سابقه و روبه‌رشد جمعیت و گسترش شهری، با افزایش نگران‌کننده ساخت‌وسازها در محدوده شهری مواجه بوده‌ایم. متأسفانه برخی از سازندگان به خصوص در کلانشهرها، مرتکب برخی از تخلفات ساختمانی می‌شوند که ممکن است پیامدهای جبران‌ناپذیری برای ساختار شهری به همراه داشته باشد. بازدید میدانی، به عنوان روش کنونی کنترل ساخت‌وسازها در ایران، علاوه بر صرف هزینه‌های گزاف مالی و نیروی انسانی، بسیار زمانبر بوده و ممکن است به تبانی بین سازندگان و بازرسان شهرداری در راستای عدم گزارش تخلف منجر گردد. در این تحقیق، یک روش نیمه‌خودکار مبتنی بر عملگر فازی یای ضمنی 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. در مرحله پیش‌پردازش، ابتدا تصحیحات رادپومتریک و هندسی بر تصاویر اعمال شد، سپس پیکسل‌های تغییر یافته در تصاویر با استفاده از روش پیکسل‌مبنای مبتنی بر منطق فازی شناسایی شده و تصاویر طبقه‌بندی شدند. در ادامه درصد تغییرات هر ساختمان محاسبه شد و با حد‌آستانه مجاز ساخت‌وساز در شهرداری منطقه مورد مطالعه مقایسه شد و بدین ترتیب ساختمان‌های در حال 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 ساختمان‌های مشکوک به تخلف، دقت وجود ساخت‌وساز غیرقانونی در محل عوارض مشکوک تحقیق شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که از ۳۴۳ ساختمان موجود در محدوده مورد مطالعه، به ترتیب ۲۱ و ۴ ساختمان به عنوان ساختمان‌های در حال ساخت و ساخت‌وسازهای غیرقانونی، شناسایی شدند. در این تحقیق، دقت کلی ۹۲٪، ۸۳٪ 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 دو-زمانه، روش پیکسل‌مبنای فازی طبقه بندی تصاویر

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

امروزه با روند رو به رشد افزایش جمعیت مواجه هستیم. برای تامین اسکان این جمعیت گسترش یافته، سالانه ساختمان‌های جدید بسیاری ساخته می‌شوند. لیکن متأسفانه برخی از سازندگان اقدام به ساخت و ساز غیر قانونی بدون اخذ پروانه ساخت در مناطق شهری می‌نمایند که ممکن است به ساخت ساختمان‌های غیر مستحکم و فاقد استانداردهای عمرانی منجر گردد. همچنین برخی از سازندگان خواسته و یا ناخواسته اقدام به برخی از تخلفات ساختمانی می‌کنند که مخالف با قوانین شهرسازی و شهرداری می‌باشد.

تخلفات ساختمانی موضوع بسیار مهمی برای تمامی شهرداری‌ها در سراسر کشور می‌باشد که می‌تواند موجبات تهدید ساختار شهری را فراهم آورد [۱۶]. روش کنونی که امروزه در شهرداری‌ها برای کنترل و شناسایی ساخت‌وسازهای غیر قانونی مورد استفاده قرار می‌گیرد بر اساس حضور عامل انسانی و جست و جو به صورت اتفاقی در سراسر مناطق شهر می‌باشد. 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 نشود. 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. سوالاتی که در اینجا مطرح می‌شود، این است که آیا امکان شناسایی و پایش تخلفات ساختمانی بدون حضور عامل انسانی و با کمک روش‌های خودکار یا نیمه‌خودکار وجود دارد؟ آیا با استفاده از روش‌های مبتنی بر منطق فازی می‌توان به دقت بالایی در شناسایی نیمه‌خودکار تخلفات ساختمانی رسید؟ آیا می‌توان سرعت شناسایی تخلفات ساختمانی را افزایش و آمار ساخت‌وسازهای غیرقانونی را کاهش داد؟

اخذ تصاویر ماهواره‌ای و استفاده از فنون آشکارسازی تغییرات، یکی از روش‌های بهینه پایش تخلفات ساختمانی است [۱۰]، که تاکنون در ایران به صورت عملیاتی و در

مقیاس وسیع مورد استفاده قرار نگرفته است. 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. لذا فرضیه این تحقیق بر این مبنا است که می‌توان با استفاده از فنون پردازش تصویر و داده‌های مورد نیاز نظیر تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های شهری، پایگاه داده ممیزی شهرداری و روش پیکسل مبنای فازی آشکارسازی تغییرات، تخلفات ساختمانی را بصورت نیمه‌خودکار، با کمترین حضور عامل انسانی شناسایی و در کمترین زمان ممکن کنترل نمود. همچنین فرض بر این است که در فاصله زمانی اخذ تصاویر ماهواره‌ای در سوم ژوئن ۲۰۱۰ و سوم اکتبر ۲۰۱۰، پایگاه اطلاعات ممیزی شهرداری در خصوص پروانه‌های ساخت و ساز اخذ شده در منطقه مورد نظر بهنگام شده است.

اگر چه تحقیقات بسیاری در زمینه آشکارسازی ساختمان‌ها صورت گرفته است [۱، ۴، ۶، ۷، ۹، ۱۱، ۱۹، ۲۲]. تعداد کمتری از مطالعات در خصوص شناسایی ساخت‌وسازهای غیر قانونی انجام شده است [۲، ۳، ۱۰، ۱۳، ۱۸، ۲۰]. تفاوت اصلی تمامی تحقیقات فوق‌الذکر در روش شناسایی تغییرات ساختمان و ساختمان‌های در حال ساخت می‌باشد.

[۱] با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه و با دقت مکانی نسبتاً زیاد سنجنده آیکونوس^۱، ساختمان‌های موجود در مناطق پر تراکم شهری و روستایی را شناسایی کرد. [۴] یک روش احتمالی استخراج ساختمان را در تصاویر ماهواره‌ای معرفی کرد. همچنین یک چهارچوب سلسله مراتبی انعطاف پذیر، که می‌تواند مدل‌های مختلف ظواهر ساختمان‌ها را از ماژول‌های ساده بر طبق عوارض مختلف استخراج کند، ایجاد نمود. [۶] یک روش استخراج ساختمان‌ها بر اساس شناسایی سایه در تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا را ارائه نمود. [۹] یک مدل را بر اساس روش‌های شناسایی ساختمان که قادر به استخراج و بازسازی ساختمان‌ها از تصاویر اخذ شده توسط پهپادها می‌باشد، معرفی نمود. [۲۲] یک روش شناسایی و بازسازی ساختمان از تصاویر هوایی مایل را بر اساس یک

ساخت‌وسازهای غیر قانونی در محدوده شهری در یک فرآیند تکراری زمانبر انجام شد.

همان طور که اشاره شد، شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی در مقایسه با آشکارسازی تغییرات کاربری زمین کمتر مورد بحث قرار گرفته است. البته 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]، روشی مبتنی بر عملگر فازی یای ضمنی (Xor)^۳ 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. این روش زمان فرآیند شناسایی ساخت‌وسازهای غیر قانونی را در مقایسه با تحقیق [۱۰] تا حد قابل توجهی کاهش می‌دهد که می‌تواند به جلوگیری از ادامه ساخت و سازهای غیرمجاز کمک نماید.

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

تخلف ساختمانی به معنی نقض قوانین و ضوابط شهرسازی، فنی، ایمنی و بهداشتی ساختمان‌ها است و ابهام در قوانین و مقررات ناظر بر ساخت و ساز از جمله علل اصلی تخلفات ساختمانی است [۱۶]. در یک دسته بندی کلی می‌توان تمامی تخلفات ساختمانی را به دو گروه تخلفات برون‌ساختمانی و تخلفات درون‌ساختمانی تفکیک نمود [۱۰]. تخلفات مربوط به پارکینگ، عدم استحکام بنا، تغییر نقشه معماری، تغییر در ابعاد آسانسور و راه پله، عدم رعایت درز انقطاع و تخلفات مربوط به مهندس ناظر از جمله تخلفات درون‌ساختمانی به شمار

روش مبتنی بر عوارض خطی ارائه کرد. [۱۹] یک روش را برای شناسایی ساختمان‌ها از تصاویر هوایی رنگی با دقت مکانی بالا و با استفاده از یک روش آشکارسازی لبه معرفی نمود. [۱۱] یک روش را برای استخراج خودکار ساختمان‌ها، بدون در نظر گرفتن شکل و ساختار آنها جهت افزایش دقت شناسایی ساختمان، ارائه کرد. [۲۰] یک راهکار برای شناسایی خودکار و طبقه‌بندی انواع تغییرات در ساختمان‌ها با استفاده از داده‌های مربوط به دو بازه زمانی مختلف پویسگر لیزری هوایی، معرفی کرد. [۷] دو راهکار مختلف طبقه‌بندی تصویر (مبتنی بر حد آستانه و عوارض) را برای شناسایی خودکار ساختمان‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای دارای قدرت تفکیک مکانی بالا و داده‌های لیدار مقایسه کرد. [۱۳] یک روش خودکار که تحلیل‌های مبتنی بر عارضه را به داده‌های ابر نقاط چندزمانه جهت شناسایی ساختمان‌های تغییر یافته اعمال می‌کند، ارائه کرد. [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. [۲] 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. در تحقیق مذکور، یک روش خودکار مکانی و مبتنی بر شمارش درختان در منطقه ارائه شد. 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. [۱۸] 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 نظارت نشده، تصویرنقشه تغییرات تولید شد و با اعمال شروطی ساختمان‌های در حال ساخت و ساخت‌وسازهای غیرقانونی شناسایی شدند. همچنین، شناسایی

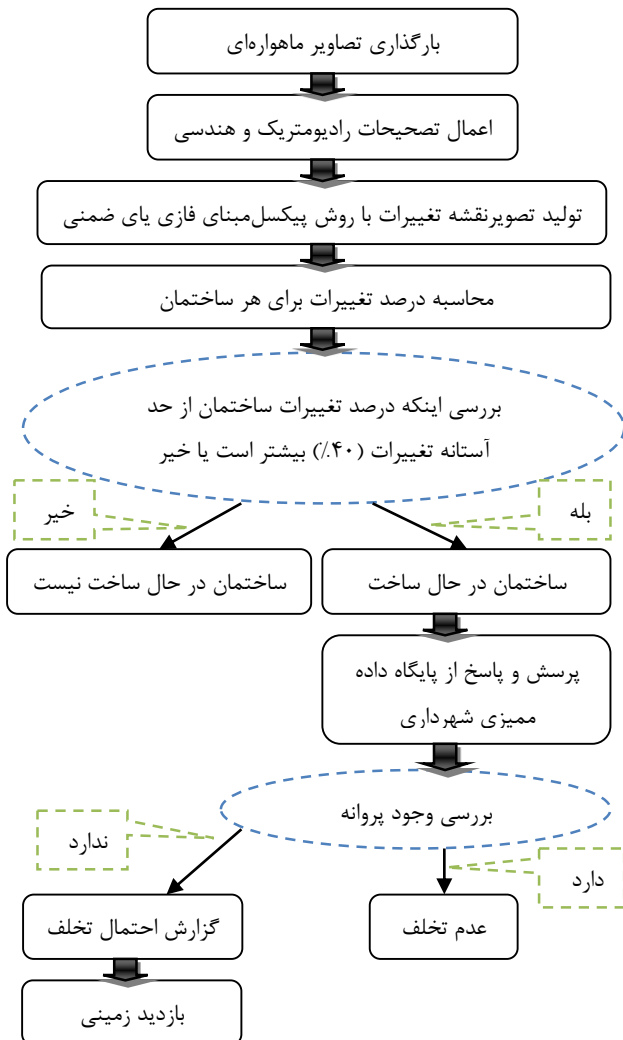
^۱ Quickbird
^۲ SPOT-5

^۳ Fuzzy Exclusive OR

می‌روند. حال آنکه، ساختمان‌های بدون پروانه (اقدام به ساخت بدون اخذ مجوز از شهرداری)، تخلف اضافه بنا، تغییر کاربری، ساخت و ساز در حریم لوله‌های نفت و گاز و خطوط انتقال برق و حریم رودخانه و دریاچه از جمله تخلفات بیرون‌ساختمانی محسوب می‌شوند [۱۶].

در این تحقیق، مراحل مختلف در نرم افزار متلب^۱ جهت شناسایی ساخت و سازهای غیرقانونی پیاده سازی شده است. در مرحله اول، دو تصویر ماهواره‌ای از منطقه مورد نظر، جهت بررسی تغییرات شهری در نرم افزار بارگذاری می‌شوند. سپس تصحیحات رادیومتریک و هندسی بر تصاویر ماهواره‌ای اعمال می‌شوند. در مرحله سوم، تمامی پیکسل‌های موجود در تصاویر با استفاده از عملگر فازی یای ضمنی به دو کلاس تغییر یافته و تغییر نیافته طبقه بندی می‌شوند و نتیجتاً تصویرنقشه تغییرات با استفاده از روش طبقه‌بندی فازی تولید می‌شود. در مرحله چهارم، درصد تغییرات هر ساختمان به صورت جداگانه محاسبه می‌شوند. 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 ساختمان‌ها تمییز داده می‌شوند. 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 یک کنترل زمینی برای تحقیق صحت وجود ساخت و ساز غیرمجاز توسط بازرسین شهرداری به عمل می‌آید. شکل (۱) فلوچارت شناسایی ساخت‌وسازهای غیر قانونی را نمایش می‌دهد.



شکل ۱- مراحل شناسایی ساخت‌وسازهای غیر قانونی

روشی که برای آشکارسازی تغییرات موجود در تصاویر ماهواره‌ای و تولید تصویرنقشه تغییرات در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است، روشی مبتنی بر پیکسل است که در آن تصویرنقشه تغییرات با استفاده از عملگر فازی یای ضمنی با دو کلاس تغییر یافته و تغییر نیافته تولید می‌شود. تصاویر ماهواره‌ای متشکل 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 می‌باشند. واضح است که پس از اعمال تصحیح رادیومتریک، مقادیر درجات خاکستری پیکسل‌ها با توجه به بازتابش زمین تغییر

^۱ MATLAB

باشد یا حالت برعکس آن اتفاق بیافتد، آنگاه آن پیکسل تغییر کرده است». بدین ترتیب با استفاده از قوانین و عملگر فازی یای ضمنی می‌توان درجه عضویت فازی تغییرات پیکسل‌ها را در تصاویر ماهواره‌ای دو زمانه بدست آورد. قانون فازی فوق را می‌توان به صورت رابطه (۴) مدل کرد [۸].

$$C(x, y) = \mu_{(G_1 \cap G_2) \cup (\bar{G}_1 \cap \bar{G}_2)}(x, y) \\ = (g_1(x, y) * \bar{g}_2(x, y) \cup (\bar{g}_1(x, y) * g_2(x, y))) \quad (4)$$

که در این رابطه $C(x, y)$ میزان تغییرات فازی یک پیکسل در مختصات (x, y) بین دو تصویر دو زمانه را نشان می‌دهد، $g_1(x, y)$ و $g_2(x, y)$ به ترتیب درجه عضویت فازی یک پیکسل در 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 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 تصویر با استفاده از عملگر فازی یای ضمنی (رابطه ۴)، تمامی پیکسل‌ها دارای یک درجه عضویت فازی محاسبه شده در بازه $[0, 1]$ می‌شوند. حال تصمیم‌گیری در خصوص اینکه کدام یک از این مقادیر فازی محاسبه شده به عنوان تغییر و کدام یک به عنوان عدم‌تغییر شناسایی شوند، نیازمند تعریف یک حد آستانه مناسب و تبدیل این مقادیر فازی به دو مقدار مشخص تغییر/عدم‌تغییر می‌باشد. تحقیقات نشان داده است که مقادیر حاصل از دو عملگر اشتراک فازی برای کل پیکسل‌های تصویر به گونه‌ای در کل تصویر توزیع شده‌اند که می‌توان یک حد آستانه مناسب برای غیر فازی سازی آنها مشخص نمود [۸]. به طور واضح‌تر مقدار حد آستانه برای عملگر اشتراک فازی از رابطه (۵) بدست می‌آید که در این تحقیق نیز مورد استفاده قرار گرفته است [۸].

$$\tau = \operatorname{argmax}(Ha) + 2\sigma a \quad (5)$$

که در این رابطه Ha و σa به ترتیب هیستوگرام عملگر اشتراک فازی و انحراف معیار استاندارد عملگر اشتراک فازی مربوطه را نشان می‌دهد. لازم به توضیح است که انحراف معیار استاندارد عملگر اشتراک فازی با توجه به مقادیر فازی

می‌یابند. 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 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 عملگر فازی یای ضمنی استفاده شده است، فرض بر این است که نرمال‌سازی مذکور، درجات خاکستری تصاویر را به فضای فازی برده است. بدین صورت تمامی پیکسل‌ها دارای درجه عضویت فازی می‌شوند. بنابراین، درجه عضویت فازی $g(x, y)$ برای هر پیکسل $p(x, y)$ در تصویر خاکستری G با تابع عضویت فازی μ به شکل رابطه (۱) تعریف می‌گردد [۸]:

$$g(x, y) = \mu G(x, y) \\ = \begin{cases} \text{اگر } G(x, y) \text{ کاملاً سفید باشد، } 1, \\ \dots \dots \\ \text{اگر } G(x, y) \text{ خاکستری باشد، } \frac{1}{2}, \\ \dots \dots \\ \text{اگر } G(x, y) \text{ کاملاً مشکی باشد، } 0. \end{cases} \quad (1)$$

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 [۲۱].

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

همچنین عملیات اشتراک فازی به صورت حاصلضرب توابع عضویت فازی بر اساس رابطه (۳) تعریف می‌شود [۲۱].

$$\mu_{G_1 \cap G_2} = \mu_{G_1}(x, y) * \mu_{G_2}(x, y) \\ = g_1(x, y) * g_2(x, y) \quad (3)$$

با استفاده از منطق فازی جهت آشکارسازی تغییرات، مشخص کردن میزان تغییرات بین یک پیکسل متناظر در دو تصویر دو زمانه از طریق این قانون فازی مشخص می‌شود: « اگر پیکسلی در تصویر اول روشن باشد و در تصویر دوم تیره باشد یا آن پیکسل در تصویر اول تیره باشد و در تصویر دوم روشن باشد، آنگاه در موقعیت آن پیکسل تغییر رخ داده است.» همچنین این جمله را می‌توان به گونه‌ای دیگر تفسیر نمود: « اگر پیکسلی در تصویر اول دارای درجه عضویت فازی بالا باشد و در تصویر دوم دارای درجه عضویت فازی پایین

$C(x,y)$ برای کل تصویر نقشه تغییرات و به کمک محاسبه میانگین و واریانس این مقادیر بدست می‌آید. 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 می‌شود. بدین ترتیب تمامی پیکسل‌های موجود در تصویر بر چسب تغییر/عدم تغییر می‌گیرند.

در حقیقت، اعمال این حد آستانه به مقادیر فازی محاسبه شده $(C(x,y))$ و تبدیل آنها به دو برچسب مشخص تغییر/عدم تغییر در مرحله غیر فازی سازی پس از اعمال عملگر فازی یای ضمنی در محاسبه درجه عضویت فازی تغییرات برای پیکسل‌ها نتیجه قابل قبولی در شناسایی محدوده‌های تغییر یافته در تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه خواهد داشت [۸].

دلیل استفاده از عملگر فازی یای ضمنی در تشخیص درجه عضویت فازی تغییرات برای پیکسل‌های موجود در تصاویر دو زمانه و غیر فازی سازی آنها با استفاده از رابطه (۵) در این تحقیق، تخصیص سریع و همزمان برچسب به تمامی پیکسل‌های موجود در تصویر به صورت همزمان می‌باشد [۱۲]. همچنین مزیت دیگر استفاده از این روش در قیاس با سایر روش‌های غیر فازی، عدم نیاز به تصمیم‌گیری به صورت قطعی و عدم استفاده از فرمول‌های ریاضی دقیق در مرحله مقایسه پیکسل به پیکسل در تصاویر دو-زمانه می‌باشد. همچنین مزیت دیگر روش ارائه شده در این است که در کدنویسی این روش می‌توان تغییرات در تک باند و یا در همه باندها و یا ترکیبات مختلفی از باندها جهت حصول دقت بیشینه مورد بررسی قرار گیرد. در این تحقیق، به دلیل وجود تصاویر تک باند، تحلیل فازی در تک باند صورت پذیرفت.

روش آشکارسازی تغییرات ارائه شده در این تحقیق دارای مزایای بیشتر و معایب کمتر نسبت به سایر روش‌های پر کاربرد می‌باشد. به عنوان مثال، یک روش نظارت شده آشکارسازی تغییرات، روش مقایسه پس از طبقه‌بندی نام دارد. در این روش تصاویر دوزمانه به ترتیب با یکی از روش‌های نظارت شده نظیر بیشترین شباهت و با اخذ نمونه آموزشی طبقه‌بندی می‌گردند [۱۵]. دقت خروجی نهایی در این روش به دقت طبقه‌بندی جداگانه تصاویر و متعاقباً اخذ نمونه آموزشی توسط کاربر بستگی دارد [۱۷]. لذا این روش برای شناسایی تغییرات چندان قابل اعتماد نیست. از طرفی با توجه

به اینکه سقف‌های ساختمان‌های مختلف از مصالح ساختمانی گوناگونی ساخته شده‌اند، دارای رفتار طیفی متفاوتی می‌باشند. در نتیجه، برای طبقه‌بندی تصاویر نیاز به تعریف کلاس‌های متعدد و اخذ نمونه آموزشی بسیار زیادی از این کلاس‌ها بوده و این کار به زمان قابل توجهی نیاز دارد و حتی ممکن است خطاهای زیادی در اخذ نمونه آموزشی غیر دقیق به وجود بیاید. بنابراین، معایب روش مذکور، باعث می‌شوند تا برای آشکارسازی تغییرات ساختمان‌ها، مناسب نباشد.

همچنین اکثر روش‌های جبری از جمله روش تفاضل تصاویر دو زمانه، روش‌های بسیار پر کاربرد و ساده جهت آشکارسازی تغییرات می‌باشند. این در حالی است که این روش‌ها دارای معایب متعددی می‌باشند. یکی از بزرگترین معایب آن عدم امکان تشخیص نوع تغییر در تصویر می‌باشد [۱۷]. لذا نمی‌توان از این روش به تنهایی در تشخیص تغییرات ساختمانی استفاده نمود. از طرفی، تغییرات طیفی گاهی در این روش ناشی از تغییرات پوشش زمین نمی‌باشد چراکه ممکن است این تغییرات طیفی موجود در تصویر ناشی از مواردی نظیر شرایط اتمسفری، نور خورشید، کالیبراسیون دستگاه و وضعیت آب موجود در سطح زمین باشد. لذا این روش برای بررسی در مناطق شهری مناسب نمی‌باشد [۱۷].

بنابراین تلفیق روش مبتنی بر منطق فازی آشکارسازی تغییرات با داده‌های سیستم‌های اطلاعات مکانی نظیر نقشه مربوط به قطعات ساختمانی، نتیجه مطلوب‌تری نسبت سایر روش‌های فوق‌الذکر در تشخیص تغییرات ساختمانی خواهد داشت.

۳- مطالعه موردی

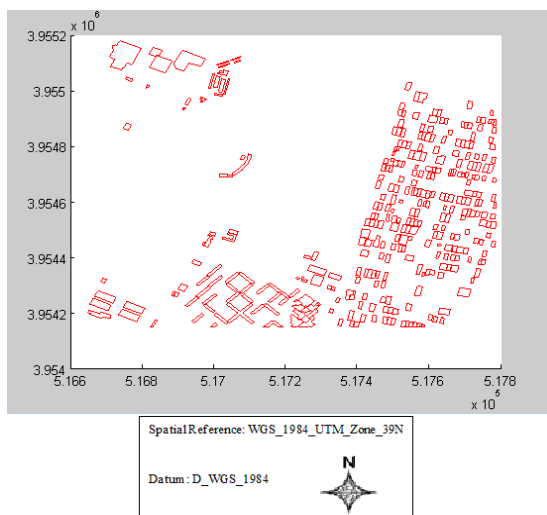
محدوده مورد مطالعه در این تحقیق، یک منطقه از غرب شهر تهران می‌باشد که در مختصات بین $51^{\circ}10'18''$ و $51^{\circ}12'08''$ طول شرقی و $35^{\circ}43'18''$ و $35^{\circ}44'26''$ عرض شمالی از زون ۳۹ سامانه مختصات جهانی مرکاتور معکوس^۱ (UTM)، واقع شده است. این محدوده حدوداً $580/125$ هکتار را پوشش می‌دهد.

در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای دوزمانه تک باندی^۲ از سنجنده ماهواره ای-آر-اس پی پنج^۳ با قدرت تفکیک

^۱ Universal Transverse Mercator

^۲ Panchromatic

^۳ IRS-P5



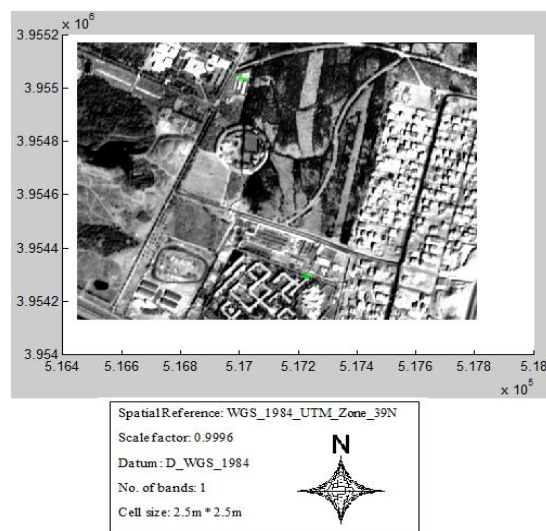
شکل ۴- موقعیت ساختمان‌ها در نقشه شهری در مقیاس ۱:۲۰۰۰ تهیه شده در سال ۱۳۸۱

در این تحقیق، ابتدا تصحیحات رادیومتریک و هندسی بر تصاویر اعمال شد. معمولاً تصاویر رقومی دارای اعوجاج‌هایی هستند به طوری که این گونه تصاویر نمی‌توانند مستقیماً به عنوان نقشه مورد استفاده قرار گیرند. از جمله علل این اعوجاج‌ها می‌توان به تغییرات در ارتفاع و سرعت سکوی سنجنده، انحنای توپوگرافی زمین اشاره کرد [۵]. منظور از تصحیح هندسی جبران این اعوجاجات است. در این تحقیق برای تطابق هندسی تصاویر مورد نظر از نقشه‌های شهری در مقیاس ۱:۲۰۰۰ استفاده شد. تصاویر با استفاده از ۱۹ نقطه کنترل زمینی که در سرتاسر تصویر به طور همگن توزیع شده بودند با خطای هندسی نیم پیکسل نسبت به نقاط چک ($RMS=0.5$) و با روش نمونه‌برداری مجدد تطابق هندسی شد. لازم به توضیح است که تعداد نقاط کنترل در ابتدا ۳۱ نقطه بود که با حذف نقاط نامناسب به ۱۹ نقطه کاهش یافت. در مرحله بعد با استفاده از روش نمونه‌برداری مجدد تصاویر زمین مرجع شدند تا کلیه تصاویر از نظر هندسی هم مرجع شوند.

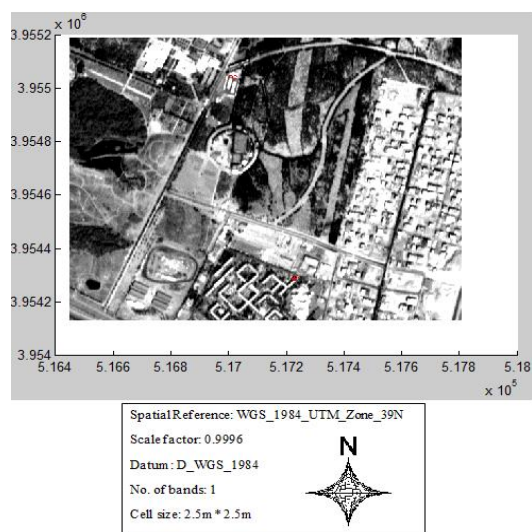
از آنجا که سنجنده‌های ماهواره‌ای در زمان‌ها و زوایای ارتفاعی مختلف اقدام به اخذ تصاویر می‌نمایند، نیاز است تصحیحات رادیومتریک و جوی بر روی تصاویر اعمال شود. لذا نیاز است که خطاهای ارزش رقومی^۱ ثبت شده از یک پیکسل معین که در بازه‌های زمانی مختلف، تحت تأثیر زاویه دید، موقعیت و زاویه خورشید و شرایط

^۱ DN value

مکانی ۲/۵ متر که به ترتیب در تاریخ‌های ۳ ژوئن ۲۰۱۰ و ۳ اکتبر ۲۰۱۰ از محدوده شهری غرب تهران اخذ شده بودند و نقشه‌های شهری از منطقه مورد مطالعه در مقیاس ۱:۲۰۰۰ برای شناسایی ساختمان‌های در حال ساخت استفاده گردید. دلیل استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مذکور قدرت تفکیک مکانی نسبتاً 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 دوازده‌ماهه مذکور و نقشه پوششی منطقه در مقیاس ۱:۲۰۰۰ به ترتیب در شکل‌های (۲)، (۳) و (۴) ارائه شده‌اند.

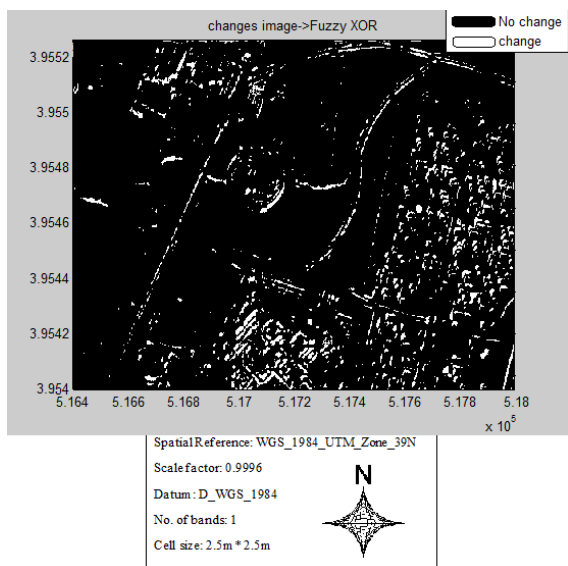


شکل ۲- تصویر نقشه محدوده مورد مطالعه اخذ شده در تاریخ ۳ ژوئن ۲۰۱۰



شکل ۳- تصویر نقشه محدوده مورد مطالعه اخذ شده در تاریخ ۳ اکتبر ۲۰۱۰

تصویرنقشه تغییرات تولید شده در شکل (۵) نمایش داده شده است. در این شکل، پیکسل‌های تغییر یافته و تغییر یافته به ترتیب با رنگ سفید و مشکی نمایش داده شده‌اند.



شکل ۵- تصویرنقشه تغییرات تولید شده با استفاده از روش پیکسل مبنای عملگر فازی پای ضمنی

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 و نقشه‌های شهری 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 (۸) محاسبه شده است.

$$C.P._i = \frac{C_i}{T_i} * 100 ; C_i \leq T_i \quad (8)$$

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.

قوانین ساخت و ساز تقریباً در هر منطقه از شهرداری متفاوت می‌باشد. در حقیقت، در هر منطقه از شهرداری،

اتمسفری قرار می‌گیرد، تصحیح گردد [۵]. برای انجام تصحیح رادیومتریک در اولین گام ارزش‌های رقومی به تابش طیفی تبدیل می‌شود که این عمل با استفاده از ضرایب کالیبراسیون سنجنده و با استفاده از رابطه (۶) صورت می‌گیرد [۱۴].

$$L = Gain * DN + Offset \quad (6)$$

که در آن L تابش طیفی ($Wem^{-2} Ster^{-1} \mu m^{-1}$)، DN ارزش رقومی پیکسل (۰ تا ۲۵۵) و $Gain$ و $Offset$ ضرایب کالیبراسیون سنجنده می‌باشند. سپس مطابق با رابطه (۷) مقدار تابش طیفی به بازتاب طیفی تبدیل می‌شود [۱۴].

$$p = \frac{\pi . L . d^2}{ESUN . COS (SZ)} \quad (7)$$

که در آن L تابش طیفی در دریچه سنجنده، d^2 مجذور فاصله زمین و خورشید بر اساس واحدهای ستاره شناسی، $ESUN$ ارتفاع خورشید و SZ زاویه خورشید در هنگام تابش در زمان اخذ تصویر ماهواره‌ای می‌باشد.

با تبدیل مقادیر تابش طیفی به بازتاب طیفی، اثرات مربوط به تغییر شرایط نوردهی، فصل، عرض جغرافیایی و شرایط آب و هوایی روی تصاویر حذف می‌گردد. تصویر حاصل جهت مقایسه بازتاب پدیده‌ها بین تصاویر مختلف و یک تصویر در زمان‌های متفاوت قابل کاربرد است.

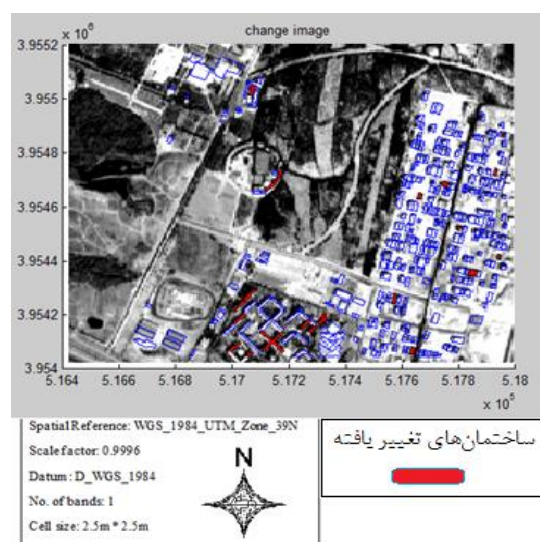
در پیاده سازی روش پیکسل مبنای عملگر فازی پای ضمنی جهت طبقه بندی تصاویر و تولید تصویرنقشه تغییرات، ابتدا درجات خاکستری تمامی پیکسل‌ها در هر دو تصویر نرمال شده و به فضای فازی برده شد. سپس با استفاده از عملگر فازی پای ضمنی تصاویر دو زمانه به صورت پیکسل به پیکسل مورد بررسی قرار گرفتند و با بررسی یک قانون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

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. از طرف دیگر، با انجام یک پرسش و پاسخ از پایگاه داده، می‌توان تمامی ساختمان‌هایی که دارای پروانه ساختمانی می‌باشند را شناسایی نمود. 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 [۵]. ضریب کاپا نیز دقت طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای را در مقایسه با یک روش طبقه بندی تصادفی محاسبه می‌کند [۵]. در این تحقیق جهت ارزیابی روش پیاده سازی شده، دقت کلی برای سه مرحله تولید تصویرنقشه 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 شد.

نتایج بدست آمده در این تحقیق با داده‌های واقعیت زمینی مقایسه شد و بدین ترتیب با بررسی تصویرنقشه تغییرات حاصل شده از روش فازی و ایجاد ماتریس خطای حاصل از طبقه بندی، دقت کلی ۹۲٪ و ضریب کاپای ۶۷٪ برای طبقه بندی تصویر به روش فازی بدست آمد. با استفاده از روش طبقه بندی فازی یای ضمنی تصاویر ماهواره‌ای، ۲۱ ساختمان از ۳۴۳ ساختمان موجود در تصویر به عنوان ساختمان در حال ساخت شناسایی شدند که با استناد به پایگاه داده ممیزی شهرداری، ۲۰ ساختمان از آنها به درستی در حال ساخت شناسایی شده‌اند. حال آنکه یکی از آنها به اشتباه ساختمان در حال

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٪-۱) 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 حیات 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 حیات 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 (۶) ساختمان‌های در حال تغییر (در حال ساخت) که با روش مذکور شناسایی شده‌اند، با رنگ قرمز نمایش داده شده‌اند.



شکل ۶- ساختمان‌های در حال ساخت شناسایی شده (رنگ قرمز)

ساخت شناسایی شده است. همچنین با توجه به اطلاعات موجود در شهرداری، ۲۴ ساختمان در دوره زمانی بین اخذ تصاویر ماهواره‌ای در این تحقیق، شروع به ساخت کرده‌اند. لذا ۸۳٪ (۲۰ ساختمان از ۲۴) ساختمان‌های در حال ساخت توسط روش ارائه شده شناسایی شده‌اند، در حالیکه چهار ساختمان در حال ساخت با روش ارائه شده در این تحقیق، شناسایی نشده‌اند. از طرفی دیگر، چهار

ساختمان با استناد به اطلاعات آماری موجود در شهرداری در بازه زمانی اخذ تصاویر ماهواره‌ای، به عنوان ساختمان بدون مجوز ثبت شده بودند که هر چهار 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

۳۴۳	تعداد کل ساختمان‌های موجود در تصویر
۲۱	تعداد ساختمان‌های در حال ساخت شناسایی شده
۱	تعداد ساختمان‌های غلط شناسایی شده به عنوان در حال ساخت
۲۰	تعداد ساختمان‌های صحیح شناسایی شده به عنوان در حال ساخت
۲۴	تعداد ساختمان‌های در حال ساخت با توجه به آمار شهرداری
۴	تعداد ساخت‌وسازهای غیرقانونی شناسایی شده
۴	تعداد ساخت‌وسازهای غیرقانونی با توجه به آمار شهرداری
٪۹۲	دقت کلی طبقه بندی تصویر به روش عملگر فازی یای ضمنی
٪۶۷	ضریب کاپای طبقه بندی تصویر به روش عملگر فازی یای ضمنی
٪۸۳	دقت کلی شناسایی ساختمان‌های در حال ساخت
٪۱۰۰	دقت کلی شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی

۴- نتیجه‌گیری

پایش ساخت‌وسازهای غیرقانونی در مناطق شهری یک موضوع نسبتاً جدید می‌باشد که پیش از این بیشتر به مناطق غیر شهری محدود شده بود. لیکن در این مقاله یک روش جدید مبتنی بر منطق فازی جهت شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی در محدوده شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای دوزمانه، نقشه شهری و پایگاه داده بهنگام ممیزی شهرداری از ساختمان‌های محدوده مورد مطالعه ارائه شد و به کمک آن تعدادی از ساختمان‌های در حال ساخت و ساخت‌وسازهای غیرقانونی موجود در منطقه مورد مطالعه شناسایی شدند. لذا شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی در این تحقیق، سبب شد تا فرضیه این تحقیق به اثبات برسد. بدین معنی که امکان پایش نیمه‌خودکار ساخت‌وسازهای غیرقانونی توسط فنون پردازش تصاویر و داده‌های مورد نیاز، با کمترین حضور عامل انسانی و در زمان کوتاهتر وجود دارد.

مراتب بالاتر از روش ارائه شده توسط [۱۰] می‌باشد. لازم به توضیح است که مدت زمان فرآیند شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی در این تحقیق حدوداً ۳۳٪ زمان روش ارائه شده در [۱۰] می‌باشد. از طرفی دقت کلی طبقه بندی تصویر به روش عملگر فازی یای ضمنی نسبت به روش ارائه شده در [۱۰]، ۹٪ افزایش یافته است. همچنین دقت کلی شناسایی ساختمان‌های در حال ساخت و دقت کلی شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی در مقایسه با تحقیق [۱۰] به ترتیب به میزان ۴٪ و ۲۵٪ افزایش داشته است. به علاوه، هر چهار ساختمان غیرقانونی 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 [۱۸]، دقت کلی ۸۷٪ برای شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی بدست آمد که نسبت به دقت حاصل شده در این تحقیق کمتر می‌باشد. در تحقیق [۲] نیز ۵۵۳ و ۱۰۳۶ ساختمان غیرقانونی به ترتیب با استفاده از ماهواره‌های اسپات و کوئیک برد شناسایی شدند. لیکن به دلیل عدم وجود داده‌های واقعیت زمینی موفق به ارزیابی روش ارائه شده نشده‌اند. به علاوه،

نتایج این تحقیق حاکی از آن است که سرعت و دقت بدست آمده در طبقه‌بندی تصویر، شناسایی ساختمان‌های در حال تغییر و شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی به

می‌توانند تخلف را شناسایی کرده و به شهرداری مربوطه گزارش دهند و بدین ترتیب تخلف بازرسی اولیه شهرداری در عدم گزارش تخلف ساختمانی به شهرداری، قابل پیگیری می‌باشد.

از طرف دیگر، بکارگیری این روش به بازرسی 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 بازرسی 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 تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالاتر، احتمالاً دقت‌های بالاتری در شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی قابل حصول خواهد بود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از حمایت سازمان جغرافیای نیروهای مسلح برای فراهم کردن تصاویر ماهواره‌ای دوزمانه آی-آر-اس پی پنج قدردانی می‌گردد.

علی‌رغم عدم موفقیت تحقیق [۳] در شناسایی ساختمان‌های غیرقانونی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، ما در این تحقیق توانستیم با تلفیق تصاویر ماهواره‌ای دارای قدرت تفکیک مکانی بالا و نقشه‌های شهری، ساختمان‌های غیرقانونی را شناسایی کنیم.

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، چهار 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 ساختمان در حال ساخت شناسایی نشده‌اند، رخ بدهد و بدین ترتیب، تخلفات مذکور ناشناخته باقی بمانند. شایان ذکر است که اختلاف زمانی هشت ساله 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.

لیکن استفاده از این روش، باعث به حداقل رسیدن امکان تبانی بین سازندگان و بازرسی شهرداری و تسریع در روند تشخیص ساخت‌وسازهای غیرقانونی و کمک به جلوگیری از ادامه ساخت آنها می‌شود. چراکه اگر در بازرسی ساختمان‌های مشکوک به بروز تخلف توسط بازرسی شهرداری، تخلفی عمداً گزارش نشود، در بازدید ثانویه‌ای که در زمان اخذ پایان کار شهرداری انجام می‌شود، کارشناسان دیگر شهرداری و نظام مهندسی

مراجع

- [1] Ahmad, A. (2005). "Change Detection in High Density Urban Area and Rural Area Using High Resolution Satellite Image", MSc. Thesis, Faculty of Civil Engineering, Atilim University, Ankara, Turkey.
- [2] 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.
- [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] Benedek, C., Descombes, X. and Zerobia, J. (2010). "Building detection in a single remotely sensed image with a point process of rectangle." Proc. The International Conference on Pattern Recognition (ICPR), Istanbul, Aug. 23-26, 2010, pp. 1417-1420.
- [5] Njoku, E.G. (2014). "Encyclopedia of Remote Sensing." Springer-Verlag New York Inc., 939 p.
- [6] Chen, D., Shang, S. and Wu, C. (2014). "Shadow-based building detection and segmentation in high resolution remote sensing images." Journal of Multimedia, Vol. 9, No. 1, pp. 181-188.
- [7] Hermosilla, T., Ruiz, L.A., Recio, J.A. and Estornell, J. (2011). "Evaluation of automatic building detection approaches combining high resolution images and LIDAR data." International Journal of Remote Sensing, Vol. 3, pp. 1188-1210.
- [8] Ilsever, M. and Unsalan, C. (2012). "Two Dimensional Change Detection Methods, Remote Sensing Applications." Springer London Heidelberg New York Dordrecht.
- [9] Karantzalos, K., Koutsourakis, P., Kalisperakis, I. and Grammatikopoulos, L. (2015). "Model-based building detection from aerial low-cost optical sensors onboard Unmanned Aerial Vehicles." The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Vol. XL-1/W4, pp. 293-297.
- [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] Kovacs, A., and Sziranyi, T. (2012). "Orientation based building outline extraction in aerial images." ISPRS Annuals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 1-7, Melbourne, Australia, pp. 141-146.
- [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] Pang, S., Hu, X., Wang, Z. and Lu, Y. (2014). "Object-based analysis of airborne LiDAR data for building change detection." International Journal of Remote Sensing, Vol. 6, pp. 10733-10749.
- [14] Roudgarni, 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.
- [15] 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.
- [16] Saremizadeh, M. F. (2012). "Complete sets of rules and regulations relating to the municipality." Municipality of Shiraz. Shiraz, Iran. 512 p.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] Singhal, S., and Radhika, S. (2014). "Automatic detection of buildings from aerial images using color invariant features and canny edge detection." International Journal of Engineering Trends and Technology, Vol. 11, No. 8, pp. 393-396.
- [20] Xu, S., Vosselman, S. and Elberink, O. (2013). "Detection and classification of changes in buildings from airborne laser scanning data." ISPRS Annuals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. II-5/W2, Antalya, Turkey, pp. 343-348.
- [21] Zadeh, L.A. (1965). "Fuzzy sets." Information and Control, Vol. 8, No. 3, pp. 338-353.
- [22] Zhu, Q., Jiang, W. and Zhang, J. (2015). "Feature line based building detection and reconstruction from oblique airborne imagery." The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Vol. XL-4/W5, pp. 199-204.