



ارزیابی تکنیک‌های آشکارسازی تغییرات شیء گرا در تصاویر چند زمانه با قدرت تفکیک مکانی بالا

فاطمه سعیدزاده^۱، حمید عبادی^۲، محمودرضا صاحبی^۳، وحید صادقی^۴

۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد فتوگرامتری، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- دانشیار پژوهشکده سنجش از دور، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۳- استادیار پژوهشکده سنجش از دور، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۴- دانشجوی دکتری فتوگرامتری، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده:

آنالیز تصاویر سنجش از دور به‌عنوان روشی مناسب برای آشکارسازی تغییرات مربوط به پدیده‌ها، سبب تسهیل در فرآیند شناسایی تغییرات شده است. امروزه به دلیل دستیابی به نسل جدید ماهواره‌ها با قدرت تفکیک مکانی بالا و اطلاعات طیفی غنی، همگام با پیشرفت آنالیزهای پردازش تصاویر، افق‌های جدیدی را به‌منظور شناسایی تغییرات و به‌روزرسانی نقشه‌ها گشوده شده است. یک دیدگاه متداول برای دسته‌بندی تکنیک‌های آشکارسازی تغییرات، واحد محاسباتی مورد استفاده است که از این لحاظ، به دو گروه پیکسل مینا و شیء مینا تقسیم می‌شوند. با توسعه روش‌های آنالیز شیء‌گرای تصاویر، نقطه ضعف روش‌های مبتنی بر پیکسل رفع شده و طیف وسیعی از اطلاعات طیفی، متنی، ساختاری و مفهومی از عوارض، در غالب شیء‌های تصویری فراهم شده است. در این تحقیق بعد از انجام پیش پردازش‌های لازم بر روی تصاویر دو زمانه، اقدام به قطعه‌بندی، به روش چندمقیاسه کرده و سپس شیء‌های استخراج شده از هر دو تصویر با سه ماشین بردار پشتیبان، نزدیک‌ترین همسایگی و سلسله مراتبی طبقه‌بندی می‌شوند و با استفاده از روش‌های آشکارسازی تغییرات شیء کلاس (OBC) و آشکارسازی تغییرات شیء چند زمانه (OBMT) ماهیت و نوع تغییرات به دست می‌آید. برای این منظور در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای با توان تفکیک بالای ماهواره‌های GeoEye و QuickBird مربوط به سالهای ۱۳۸۵ و ۱۳۸۹ جهت شناسایی تغییرات در منطقه مطالعاتی شهرک آزادشهر واقع در ناحیه هشت از منطقه ۲۲ استان تهران، استفاده شده است. نتایج حاصل شده نشان داد که به طور کلی صحت کلی روش آشکارسازی تغییرات شیء-چندزمانه در تمامی تکنیک‌های طبقه‌بندی بیشتر از صحت کلی روش آشکارسازی تغییرات شیء-کلاس بوده است و این دقت‌ها برای روش‌های سلسله‌مراتبی-چندزمانه، ماشین بردار پشتیبان شیء، گرا-چندزمانه و نزدیکترین همسایگی شیء-گرا-چندزمانه به ترتیب ۹۳/۰۵، ۹۱/۵۹ و ۹۰/۷۰ بوده است.

واژه‌های کلیدی: آشکارسازی تغییرات، آنالیز شیء‌گرای تصاویر، آشکارسازی تغییرات شیء کلاس، آشکارسازی تغییرات شیء چند زمانه.



۱- مقدمه

فرآیند شناسایی تغییرات، زمینه را برای بهنگام رسانی اطلاعات فراهم می‌آورد و یکی از موضوعات کاربردی و چالش‌برانگیز در بسیاری از شاخه‌ها از جمله: برنامه‌ریزی شهری، محیط‌زیست و سایر علوم مربوط به زمین است. از آن جمله می‌توان به پایش گسترش شهرها، آشکارسازی تغییرات کاربری و پوششی اراضی و پایش تغییرات پوشش گیاهی منطقه اشاره نمود. به همین علت تحقیقات ارزنده‌ای برای ارتقای روش‌های تشخیص تغییرات با استفاده از تصاویر سنجش‌ازدور انجام گرفته است [۱]. اهمیت روزافزون اطلاعات به هنگام که مبنای تصمیم‌گیری در سطح کلان کشور می‌باشد، به‌گونه‌ای است که باید تحقیقات کامل و جامعی در زمینه آشکارسازی تغییرات انجام شود. در سالهای اخیر، آنالیز تصاویر سنجش‌ازدور به‌عنوان روش مناسبی برای آشکارسازی تغییرات مربوط به پدیده‌ها سبب تسهیل و تسریع فرآیند شناسایی تغییرات و کاهش هزینه‌های مربوطه شده است.

در سال‌های اخیر روش‌های جدیدی برای آشکارسازی تغییرات مبتنی بر طبقه‌بندی تصاویر توسعه داده شده است. روش‌های طبقه‌بندی را می‌توان از نظر واحد محاسباتی به دودسته کلی شامل شیء مینا^۱ و پیکسل مینا^۲ تقسیم نمود. مبنای روش‌های پیکسل مینا، پیکسل‌های تصویری‌اند درحالی‌که روش‌های شیء مینا بر اساس واحدهایی به نام شیء تصویری استوارند که شامل مجموعه‌ای از پیکسل‌ها می‌شوند. روش طبقه‌بندی شیء مینا تا حد وسیعی سنجش‌ازدور را به حوزه‌هایی که منجر به تصمیم‌گیری می‌شوند، وارد می‌سازد و قادر است از پتانسیل اطلاعات نهفته در تصاویر ماهواره‌ای با رزولوشن بالا استفاده کند که امروزه نیاز به استفاده از این روش به مراتب بیشتر احساس می‌شود [2].

آنالیز شیء‌گرای تصاویر چند زمانه جهت شناسایی تغییرات در دو رویکرد کلی: مقایسه مستقیم شیء‌های تصویری و مبتنی بر طبقه‌بندی شیء‌های تصویری صورت می‌گیرد که در واقع همان مقایسه پس از طبقه‌بندی است [2]. رویکرد مبتنی بر طبقه‌بندی، با توجه به قابلیت تولید اطلاعات ماهیت تغییرات (از - به ۳) نسبت به رویکرد مقایسه مستقیم در بسیاری از مواقع ارجحیت دارد. فارغ از رویکرد مورد استفاده، قطعه‌بندی به‌عنوان مرحله اولیه طبقه‌بندی شیء‌گرا مطرح بوده و موفقیت و کیفیت نتایج آنالیز شیء‌گرای تصاویر متأثر از نتایج مرحله قطعه‌بندی است، لذا این مرحله از جایگاه ویژه‌ای در رویه طبقه‌بندی شیء‌گرا برخوردار است. لذا لازم است تا این مرحله به‌طور جدی مورد بررسی قرار گرفته و روش‌های توسعه داده‌شده در این خصوص بررسی و نقاط قوت و ضعف آن‌ها مشخص شود تا در صورت امکان یک‌راه حل مناسب جهت قطعه‌بندی بهینه تصاویر با تأکید بر کاربرد شناسایی تغییرات پیشنهاد شود. مسئله دیگری که فرآیند شناسایی تغییرات را تحت تأثیر قرار می‌دهد، وابستگی صحت نتایج شناسایی تغییرات به فرآیند طبقه‌بندی تصاویر قطعه‌بندی شده است. الگوریتم‌های متعددی برای طبقه‌بندی تصاویر سنجش‌ازدوری توسعه داده شده است که به دودسته کلی تکنیک‌های پارامتریک و غیر پارامتریک قابل تقسیم است.

محصول نهایی موردنظر یکی از عوامل بسیار مهم در انتخاب تکنیک مناسب شناسایی تغییرات است. در برخی مواقع محصول نهایی به‌صورت نقشه باینری تغییرات که تنها محل تغییرات را نشان می‌دهد کافی بوده و جزئیات تغییرات (ماهیت تغییرات) به‌صورت "از-به" موردنیاز نیست. به‌عنوان نمونه، در تخمین مناطق آسیب‌دیده در ساعات اولیه بعد از یک فاجعه‌ای همانند: زلزله، سیل، آتش‌سوزی جنگل‌ها، مزارع و همانند آن‌ها، تولید آنی و سریع نقشه تغییرات هرچند به‌صورت باینری (بدون مشخص شدن نوع تغییرات) مدنظر بوده و نیازی به جزئیات تغییرات رخ داده در منطقه وجود ندارد. یا به‌عنوان نمونه دیگر در برخی از آنالیزهای تصاویر چند زمانه مثل نرمال‌سازی نسبی تصاویر چند زمانه،

¹ Object-based

² Pixel-based

³ From-to



تولید نقشه باینری تغییرات به صورت خودکار و نظارت نشده مطلوب است. در این موارد بهتر است متناسب با نیاز، از تکنیک‌هایی با قابلیت تولید نقشه باینری تغییرات استفاده گردد. در بسیاری از کاربردهای دیگر از جمله، بررسی تغییرات کاربری و پوششی اراضی، بهنگام رسانی نقشه‌های موضوعی و غیره، حصول نقشه ماهیت تغییرات هدف اصلی پروژه شناسایی تغییرات بوده و بنابراین لازم است تا از تکنیکی با قابلیت تولید نقشه ماهیت تغییرات (با قابلیت ارائه اطلاعات تغییرات از- به) استفاده شود. به جرئت می‌توان گفت؛ کاربرد عملی از شناسایی تغییرات در حوزه سنجش از دور بیشتر مرتبط با تعیین ماهیت تغییرات است.

هدف نهایی در این تحقیق مقایسه دقت نقشه ماهیت تولید شده به وسیله دو روش آشکارسازی تغییرات شیء-کلاس⁴ (OBC) و آشکارسازی تغییرات شیء-چندزمانه⁵ (OBMT) است که اشیاء تصویری با استفاده از سه روش ماشین بردار پشتیبان، نزدیک ترین همسایگی و سلسله مراتبی طبقه بندی شده اند. در واقع در این تحقیق هدف مقایسه بین دو روش آشکارسازی تغییرات شیء گرا و سه روش طبقه بندی کننده شیء گرا است.

در این تحقیق پس از بررسی مطالعات انجام شده در حیطه آشکار سازی تغییرات شیء گرا و تحلیل نتایج این تحقیقات، به معرفی مبانی نظری تحقیق پرداخته که در این بخش به بررسی تکنیک‌های آشکارسازی تغییرات شیء گرا پرداخته می‌شود. در ادامه این بخش به مبحث قطعه بندی به عنوان لازمه آنالیز شیء گرای تصاویر سنجش از دور پرداخته و پس از آن در مورد روش قطعه بندی چند مقیاسه اطلاعاتی بیان می‌گردد. در این بخش روش های طبقه بندی مورد استفاده در این تحقیق نیز معرفی می‌شود. در بخش چهارم به بیان مواد و روش تحقیق پرداخته و نتایج پیاده سازی تکنیک‌های مد نظر بررسی و تحلیل خواهد شد.

۲- مروری بر تحقیقات انجام شده

اطلاعات تغییرات پوشش کاربری و پوشش اراضی به خاطر استفاده‌های عملی آن در کاربردهای مختلف، شامل جنگل زدایی، ارزیابی خسارت، پایش حادثه، پایش گسترش شهری، برنامه‌ریزی و مدیریت زمین مهم است. Singh آشکارسازی تغییرات را به این صورت تعریف می‌کند: "پروژه‌ای برای مشخص کردن اختلافات در یک شیء یا یک پدیده به وسیله مشاهده آن در زمان‌های مختلف"^[3]. چارچوب آشکارسازی تغییرات از مجموعه داده‌های چند زمانه استفاده می‌کند تا به صورت کیفی اثرات زمانی پدیده را آنالیز کند و به صورت کمی تغییرات را مشخص کند. در طی سال‌های گذشته مطالعات زیادی در زمینه انواع روش‌های شیء گرا برای آشکارسازی تغییرات صورت گرفته است. در جدول ۱ خلاصه ای از تحقیقات انجام شده در زمینه آشکارسازی تغییرات شیء گرا ارائه شده است.

⁴ Object Base-Class Change Detection

⁵ Object Base-Multi Temporal Change Detection



جدول ۱: خلاصه ای از تحقیقات انجام شده در زمینه آشکارسازی تغییرات شیء گرا

تکنیک	سال انتشار	نام نویسنده	موضوع	توضیحات
مقایسه مستقیم اشیا تصویری	۲۰۰۸	Lefebvre	آشکارسازی زمین های خالی از چمن و علفزار	مقایسه درست اشياء تصوير، پياده سازی آسان، ویژگی های هندسی یکسان اشياء تصوير در دو زمان تغییر به وسیله ویژگی های استخراج شده ویا طیفی (بافت) و یکپارچه سازی آسان با سیستم اطلاعات مکانی شامل وابستگی روی صحت قطعه بندی عدم تهیه نقشه تغییرات "از-به" مشکلاتی در جستجوی اشياء متناظر مکانی در تصاویر چند زمانه، عدم انتخاب حدآستانه گذاری مناسب به هنگام مقایسه اشياء که بر مبنای ویژگی های استخراج شده هندسی و طیفی می باشد.
مقایسه مستقیم اشیا تصویری	۲۰۰۵	Miller	آشکار سازی تغییرات از جفت تصویرهای درجات خاکستری	
مقایسه مستقیم اشیا تصویری	۲۰۰۳	Hall and Hey	آشکار سازی تغییرات نمای زمین	
مقایسه شیء- کلاس	۲۰۱۰	Xian, Homer	به روز رسانی پایگاه داده پوشش اراضی	برای آشکارسازی تغییرات شیء گرا همه اشياء تصویری موجود می توانند امکان اندازه گیری تغییرات هندسی و توپولوژیکی وجود دارد. تغییرات مبتنی بر مقایسه طبقه بندی می باشد. ارائه ماتریس تغییرات "از-به"
مقایسه شیء- کلاس	۲۰۰۹	Gamayana	آنالیز تغییرات پوشش اراضی و کاربری اراضی	تفاوت در اندازه ها و تشابه اشياء تصویری از تصاویر چندزمانه به دلیل طبقه بندی بررسی نشده است هنگام جستجو برای استخراج اشياء از یک تصویر در تصویر دوم. خطای تعیین موقعیت باعث نتایج نادرست در آشکارسازی می شود. وابستگی به صحت طبقه بندی صحت کلاسه بندی صحت آشکارسازی تغییرات را تحت تاثیر قرار می دهد
مقایسه شیء- کلاس	۲۰۰۶	Desclee	آشکار سازی تغییرات جنگل	
شیء- چندزمانه	۲۰۰۶	Bontemps	آشکار سازی تغییرات از سری های زمانی	طبقه بندی منفرد همه تصاویر دسته بندی شده اشياء تصویری دارای ویژگی های هندسی یکسانی در دو زمان هستند. استخراج اطلاعات هندسی و طیفی و ویژگی های به دست آمده برای ساختن خط سیر تغییرات صورت گرفته است امکان این که تغییرات ایجاد شده به دلیل وجود مناطق سایه دار و رجیستر نشده باشد، وجود دارد. عدم نشان دادن اشیا جدید که در زمان دوم پدید آمده است.
شیء- چندزمانه	۲۰۰۶	Desclee	آشکار سازی تغییرات جنگل	



۳- مبانی نظری تحقیق

۳-۱- آشکارسازی تغییرات شیء گرا در سنجش ازدور

تکنیک‌های آشکارسازی تغییرات شیء گرا هسته اصلی آنالیز تصاویر شیء گرا است [4]. آنالیز تصاویر شیء گرا، قطعه‌بندی و استخراج ویژگی از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا را فراهم می‌کند و همچنین یکپارچگی پردازش رستر پایه و بردار پایه سیستم اطلاعات مکانی را آسان‌تر می‌کند [5]. واحد انجام آنالیز، در آنالیز تصاویر شیء گرا، اشیاء تصویری هستند که دارای اطلاعات غنی شامل بافت، شکل و همبستگی مکانی با اشیاء همسایه و داده مکانی کمکی برای قدرت تفکیک مکانی مختلف است [6,7]، که سبب استخراج اطلاعات بافتی و مکانی می‌شود. این شبیه آنالیز ذهن یک انسان است که به‌طور ذاتی اشیاء را از تصویر به‌جای پیکسل‌های فردی، به‌وسیله ملاحظه کردن مشخصات متفاوت به‌عنوان مثال: شکل، بافت، اندازه و مدیریت مکانی این اشیاء برای فهمیدن ماهیت‌ها شناسایی می‌کند [8,9]. بر اساس مفهوم اشیاء تصویری و تعریف تغییرات به‌وسیله Singh, Chen آشکارسازی تغییرات شیء گرا را به این صورت معرفی کرده‌اند "پروژه شناسایی تغییرات در اشیاء ژئوگرافیکی در زمان‌های مختلف با استفاده از آنالیز تصاویر شیء گرا" [3,10]. نخستین گام اصلی در آنالیز تصاویر شیء گرا و آشکارسازی تغییرات شیء گرا، استخراج اشیاء تصویری است که به‌وسیله قطعه‌بندی یا لایه‌بندی تصاویر به دست می‌آید که با استفاده از اطلاعات بیرونی به محدوده قسمت‌های مشابه اعمال می‌شود [8]. این اشیاء تصویری به‌عنوان واحد پایه برای پیشرفت استراتژی آشکارسازی تغییرات استفاده می‌شوند.

۳-۲- مروری بر الگوریتم‌های آشکارسازی تغییرات شیء گرا

در این بخش، الگوریتم‌های آشکارسازی تغییرات شیء گرا در چهار گروه بررسی می‌شود: (۱) شیء-تصویر (۲) شیء-کلاس (۳) اشیاء چند زمانه (۴) آشکارسازی تغییرات هیبرید [11]. در این تحقیق با توجه به هدف ذکر شده، دو روش آشکارسازی تغییرات شیء-کلاس و آشکارسازی تغییرات شیء-چند زمانه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۳-۲-۱- آشکارسازی تغییرات شیء-کلاس (OBC)

یک مقایسه مستقیم اشیاء تصویری به‌آسانی نمی‌تواند کلاس‌های چشم‌انداز تغییر "از-به" را مشخص کند. به اطلاعات طبقه‌بندی اضافی‌ای احتیاج دارد. در این تحقیق، آشکارسازی تغییرات شیء-کلاس گروهی از الگوریتم‌های آشکارسازی تغییرات شیء گرا که شناسایی تغییرات به‌وسیله مقایسه اشیاء طبقه‌بندی مستقل از تصاویر چندزمانه را بر عهده‌دارند، نشان می‌دهد. پس از قطعه‌بندی تصاویر و به وجود آمدن شیء‌های تصویری، با استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی، به این شیء‌های تصویری کلاس مربوطه را نسبت می‌دهیم. در این روش امکان به دست آوردن نقشه ماهیت تغییرات "از-به" با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی وجود دارد. از مشکلات این روش می‌توان به وابسته بودن این تکنیک به دقت هندسی تصاویر و وابستگی به صحت طبقه‌بندی اشاره کرد [2].

۳-۲-۲- آشکارسازی تغییرات شیء-چند زمانه (OBMT)

اشیاء تصویری تولیدشده به وسیله قطعه‌بندی در تاریخ‌های مختلف اغلب از لحاظ هندسی متنوع هستند، اگرچه آن‌ها ویژگی‌های هندسی یکسانی را نشان می‌دهند. مفهوم آشکارسازی تغییرات شیء-چندزمانه تمام حالت‌های چندزمانه تصاویر را دارد. مخصوصاً هنگامی که تصاویر متوالی چند زمانه باهم ادغام شده و قطعه‌بندی می‌شوند، سپس اشیاء تغییر یافته متناظر مکانی را تولید می‌کند. در این روش ابتدا تصاویر با یکدیگر ادغام شده و مراحل قطعه‌بندی و طبقه‌بندی روی شیء‌های چند زمانه انجام می‌شود. خروجی این روش، نقشه ماهیت تغییرات است که به‌طور مستقیم به دست می‌آید. اعمال پارامترهای صحیح قطعه‌بندی به‌نحوی که به بهترین وجه تمامی شیء‌های تصویری را نشان دهد



از مشکلات این روش است که به طور مستقیم دقت نقشه ماهیت تغییرات را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از دیگر مشکلات این روش می‌توان به وابستگی شدید نقشه ماهیت تولیدشده به داده‌های آموزشی "از-به" اشاره کرد [2].

۳-۳-۳- قطعه‌بندی تصویر

قطعه‌بندی تصویر عبارت است از تقسیم تصویر به نواحی مفهومی یکنواخت و بدون همپوشانی با یکدیگر، که این نواحی یکنواخت را به اصطلاح شیء تصویری و یا قطعه تصویری می‌نامند. به بیانی دیگر به مجموعه‌ای از پیکسل‌های همسایگی که دارای یک شاخص شباهت مانند درجه خاکستری، بافت، شکل، مقیاس و ... باشند، شیء تصویری گفته می‌شود [12]. تکنیک‌های قطعه‌بندی تصویر به دودسته کلی: تکنیک‌های مبتنی بر تصویر^۶ و تکنیک‌های مبتنی بر مدل^۷ تقسیم می‌شوند [13]. تکنیک‌های مبتنی بر مدل به صورت مقابل تقسیم بندی می‌شوند: مدل زمینه-عارضه^۸، میدان تصادفی مارکوف^۹، مدل عصبی^{۱۰}، مدل فازی^{۱۱}، مدل فراکتال^{۱۲}، چند مقیاسه^{۱۳} و مدل تبدیل مبنای واترشلد و تبدیل موجک^{۱۴}. از بین این روش‌ها، تکنیک‌های چند مقیاسه و مدل تبدیل مبنای واترشلد و تبدیل موجک جزو جدیدترین تکنیک‌هایی هستند که برای قطعه‌بندی تصاویر توسعه داده شده است [14]. در ادامه توضیحاتی مختصر در مورد تکنیک چند مقیاسه ارائه شده است.

۳-۳-۱- مدل چند مقیاسه

این روش توانایی یکی کردن ویژگی‌های طیفی، بافت، مکانی، شکل، اندازه، اطلاعات قبلی و وابسته به قراین را دارا است [15]. در این مدل مقیاس نقش خیلی مهمی برای تعیین اشیاء فراهم می‌کند. مقیاس در تجمیع و تجرید یک شیء بسیار مهم است [16]. در این مدل دو مشکل اصلی وجود دارد: (۱) اگر شیء کوچک‌تر از رزولوشن مکانی باشد آن شیء شناسایی نمی‌شود و این به خاطر نامناسب بودن مقیاس تصویر است. (۲) ولی اگر اندازه‌ی شیء بزرگ‌تر از مقیاس تصویر باشد در این صورت این شیء تکه‌تکه می‌شود. با توجه به موجود بودن تصاویر با رزولوشن بالا مشکل دوم نادیده گرفته می‌شود، ولی مشکل اول باید حل شود برای حل این دو مشکل، روش چند مقیاسی دو فرآیند زیر را پیش رو می‌گیرد [17]:

1) from coarse to fine (top-down)

2) from fine to coarse (bottom-up)

در شکل ۱ نمونه‌ای از تصویر قطعه‌بندی شده مربوط به سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۹ نشان داده شده است که به وسیله نرم افزار eCognition، با انجام آزمون و خطا بر روی پارامترهای مقیاس، وزن ناهمگنی نرمی و وزن پارامتر فشردگی قطعه‌بندی شده‌اند.

⁶ Image driven approach

⁷ Model driven approach

⁸ object-background Model

⁹ Markov-Random-Field (MRF)

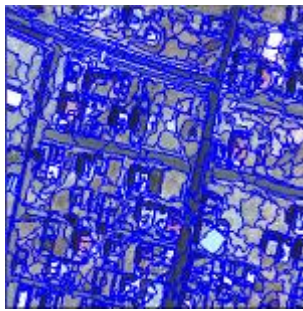
¹⁰ Neural-Model

¹¹ Fuzzy-Model

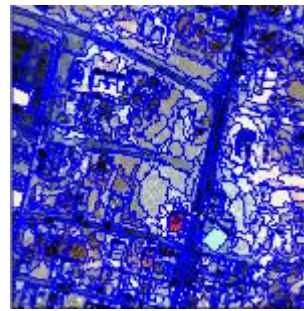
¹² Fractal-Model

¹³ Multi-Resolution

¹⁴ Transformation model namely watershed model and wavelet model



ب

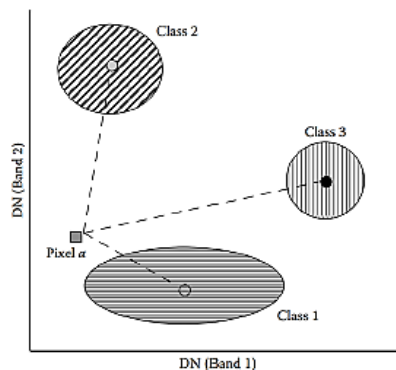


الف

شکل ۱: الف) سمت راست، تصویر قطعه‌بندی شده سال ۸۵. ب) سمت چپ، تصویر قطعه‌بندی شده سال ۸۹

۳-۴- طبقه‌بندی نزدیک‌ترین همسایگی^{۱۵}

الگوریتم این روش بسیار ساده است و در انتساب کلاس نزدیک‌ترین پیکسل (یا شیء) معلوم به پیکسل (یا شیء) مجهول خلاصه می‌شود. در حقیقت منطق این روش بر اساس شباهت طیفی پیکسل (یا شیء) های هم‌کلاس پایه‌ریزی می‌شود: پیکسل (یا شیء) های متعلق به یک کلاس در فضای چند طیفی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و بنابراین طبیعی است که پیکسل (یا شیء) های هم‌کلاس خود نزدیک باشد. نزدیکی پیکسل (یا شیء) ها بر اساس محاسبه فاصله بین آن‌ها در فضای چند طیفی برآورد می‌شوند. فاصله اقلیدسی متداول‌ترین محاسبه معیار محاسبه فاصله است.



شکل ۲: نحوه عملکرد الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه

۳-۵- طبقه‌بندی بر اساس ماشین بردار پشتیبان^{۱۶}

طبقه‌بندی ماشین‌های بردار پشتیبان از طبقه‌بندی‌های نظارت‌شده است که در سال ۱۹۶۵ میلادی توسط پژوهشگر روسی ولادیمیر نامویچ وپنیک ارائه گردید. با فرض آن که x_i بردارهای ویژگی از مجموعه داده‌های آموزشی X باشند به طوری که به دو کلاس w_1 و w_2 تعلق داشته باشند و قابلیت جداسازی این دو کلاس وجود داشته باشد آنگاه هدف طبقه‌بندی ماشین‌های بردار پشتیبان طراحی یک نمونه صفحه به صورت رابطه (۱) است تا توسط این صفحه داده‌های آموزشی به طور صحیح طبقه‌بندی شوند. در معادله فوق w بردار نرمال ابر صفحه و w_0 در حقیقت بایاس ابر صفحه است. چنین ابر صفحه‌ای منحصر به فرد نیست [18]. در طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان، جهت تشخیص بهترین ابر صفحه از معیار ماکزیمم حاشیه مطابق شکل ۳ استفاده می‌شود، به عبارت دیگر، ابر صفحه‌ای جستجو می‌شود که بیش‌ترین حاشیه را از نزدیک‌ترین داده‌های آموزشی هر کلاس داشته باشد.

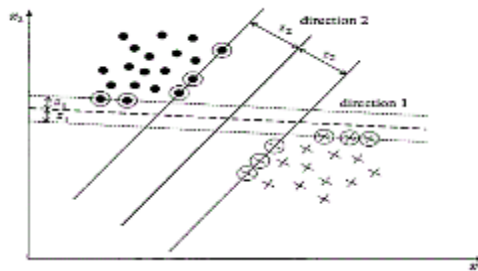
¹⁵Nearest neighbor

¹⁶Support vector machine



$$g(x) = w^T x + w_0 = 0$$

رابطه (۱)



شکل ۳: حاشیه‌های دو صفحه از داده‌های آموزشی دو کلاس w_1 و w_2

۳-۶- روش طبقه‌بندی سلسله مراتبی کاربری اراضی و پوشش اراضی

دو یا چند سطح از اشیاء تصویری، یک ساختار سلسله مراتبی از اشیاء تصویری را ایجاد می‌کنند. تمام اشیاء تصویر به درون شبکه سلسله مراتبی سازمان‌دهی شده که شامل یک یا چند سطح تراز از ریزترین رزولوشن بر روی کوچک‌ترین اشیاء تا درشت‌ترین رزولوشن در بزرگ‌ترین اشیاء است. برای ضمانت و تعهد یک سلسله‌مراتب بر روی همه اشیاء، روش‌های قطعه‌بندی از ۲ قانون زیر تبعیت می‌کنند:

۱. مرزهای اشیاء باید از مرزهای اشیاء در سطح پایینی بعدی تبعیت کنند.

۲. قطعه‌بندی به‌وسیله مرز اشیاء در سطح بالایی دارای قید می‌شود [19].

اشیاء تصویری در یک سطح به‌صورت افقی به یکدیگر متصل می‌شوند. به‌صورت مشابه نیز اشیاء به‌صورت قائم در شبکه سلسله مراتبی به یکدیگر متصل می‌شوند. اشیاء تصویری به‌گونه‌ای شبکه‌بندی می‌شوند که هر شیء دارای همسایگانی در همان سطح، شیء والدی^{۱۷} در رده بالای شیء موردنظر و شیء یا اشیاء فرزندی^{۱۸} در رده پایین شیء موردنظر باشد. برای اطمینان از روابط محدود بین سطوح اشیاء موردنظر، هیچ شیء ای نباید وجود داشته باشد که بیش از یک شیء والد داشته باشد، ولی می‌تواند بیش از یک شیء فرزند داشته باشد.

۴- مواد و روش تحقیق

۴-۱- منطقه مورد مطالعه و داده‌های تحقیق

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، شهرک آزادشهر واقع در ناحیه هشت از منطقه ۲۲ استان تهران است. در سال‌های اخیر این منطقه دچار تغییرات کاربری اراضی بسیاری شده است. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای توان تفکیک بالای ماهواره‌های GeoEye و QuickBird جهت شناسایی تغییرات شهرک آزادشهر واقع در ناحیه هشت از منطقه ۲۲ استان تهران، استفاده شده است. منطقه مورد مطالعه بین طول‌های جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۱ دقیقه و ۲۷ ثانیه شمالی و ۵۱ درجه و ۱۱ دقیقه و ۲۶ ثانیه شمالی و عرض‌های جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه و ۳ ثانیه شرقی و ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه و ۴۵ ثانیه شرقی قرار دارد. تصاویر ماهواره‌ای QuickBird متعلق به سال ۱۳۸۵ و GeoEye متعلق به سال ۱۳۸۹ است. به دلیل عدم دسترسی به باند مادون قرمز نزدیک در تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده، از سه باند قرمز، آبی و سبز در محدوده طول موج مرئی، جهت شناسایی تغییرات با استفاده از روش پیشنهادی استفاده شد. ابعاد تصاویر

¹⁷ Super object

¹⁸ Sub object



مورد استفاده ۶۰۰×۶۰۰ در واحد پیکسل است. جزئیات این تصاویر در جدول ۲ ارائه شده است. در شکل ۴ تصاویر مورد استفاده از منطقه مورد مطالعه در این تحقیق نشان داده شده است.



شکل ۴: تصاویر مورد استفاده. الف) تصویر ماهواره‌ی QuickBird متعلق به منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۸۵. ب)

تصویر ماهواره‌ی GeoEye متعلق به منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۸۹

جدول ۲: مشخصات تصاویر مورد استفاده

GeoEye	QuickBird	سکو
	۴۵۰ کیلومتر	ارتفاع پرواز
Red,Green,Blue	Red,Green,Blue	سنجده
۱۳۸۹-۰۵-۲۵	۱۳۸۵-۰۷-۱۳	تاریخ اخذ تصویر
۲ متر	۲/۴ متر	قدرت تفکیک مکانی
۶۰۰×۶۰۰ پیکسل	۶۰۰×۶۰۰ پیکسل	ابعاد

۴-۲- پیش پردازش های مورد استفاده

در انجام اکثر روش‌های آشکارسازی تغییرات، ملزم به انجام پیش‌پردازش‌های لازم هستیم. پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه از منطقه مورد نظر شامل سه بخش نمونه‌برداری، تصحیحات هندسی و تصحیحات رادیومتریکی است. به همین منظور اعمالی روی این تصاویر صورت گرفت که در ادامه توضیحاتی مختصر داده می‌شود. تصاویر ذکر شده از قبل هم مرجع بودند. این عمل با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و انطباق تصاویر با نقشه‌ها انجام شده است. این فرآیند با استفاده از روش چند جمله‌ای و ۹ نقطه کنترل با معادله درجه اول و روش نمونه برداری مجدد نزدیکترین همسایه انجام گرفت. دقت هندسی به دست آمده در این فرآیند به میزان ۰/۵ پیکسل انجام شده است. به همین دلیل از مرحله تصحیح هندسی در این تحقیق صرف نظر شد. چون دو تصویر استفاده شده در این تحقیق از دو منبع سنجش از دوری متفاوت اخذ شده بودند و دارای رزولوشن مکانی مختلف از همدیگر می‌باشند، به همین دلیل قبل از ورود به فرآیند آشکارسازی تغییرات باید از لحاظ اندازه پیکسلی با یکدیگر یکسان شوند و در ضمن پس از به دست آمدن نقشه‌های پوشش اراضی، این دو تصویر پیکسل به پیکسل باهم مقایسه می‌شوند، به همین دلیل یکسان بودن اندازه پیکسل‌های دو تصویر امری ضروری است. پس از یکسان‌سازی اندازه پیکسل‌های دو تصویر به علت تغییر اندازه‌های پیکسل تصویر سال ۱۳۸۹، باید تصویر سال ۸۹ نسبت به تصویر سال ۸۵ رجیستر شود. علت این امر جابه‌جایی مراکز پیکسل‌های تصویر نامبرده در فرآیند یکسان‌سازی تصویر بوده است. به همین منظور با استفاده از نرم‌افزار Envi 4.8 و با استفاده از ابزار image to image Co registering این فرآیند از طریق تولید نقاط گرهی روی دو تصویر و نیز عملیات مرتبط سازی با استفاده از نرم‌افزار نامبرده صورت گرفت. در مرحله آخر پیش‌پردازش، تصحیح رادیومتریک صورت می‌گیرد. به منظور تصحیح رادیومتریک، از روش‌های نرم‌الیزاسیون نسبی استفاده شد. یکی از این



روش‌های متداول نرمالیزاسیون نسبی، الگوریتم تطابق هیستوگرام دو تصویر چند زمانه موردنظر است. در این روش هیستوگرام تصویر هدف (تصویر سال ۱۳۸۵) با استفاده از هیستوگرام تصویر مرجع (تصویر سال ۱۳۸۹) طوری تغییر داده می‌شود تا ویژگی‌های رادیومتریکی دو تصویر مذکور مشابه یکدیگر شده و اختلاف بین مقادیر درجات خاکستری در این دو تصویر کاهش یابد. این روش تمامی پیکسل‌های هر باند را مورد استفاده قرار می‌دهد [20]. شکل ۵ تصاویر حاصل از انجام پیش پردازش دو تصویر سال ۱۳۸۵ و سال ۱۳۸۹ را نشان می‌دهد.



ب

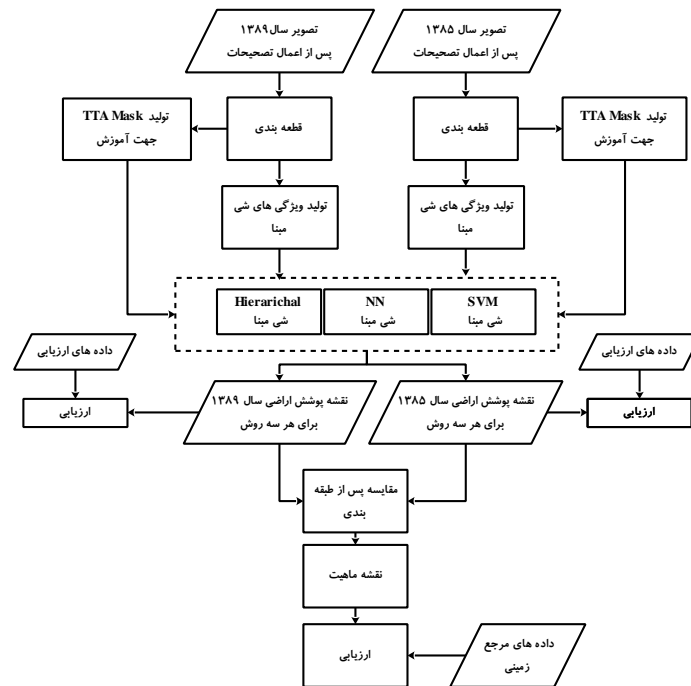


الف

شکل ۵: نتایج تطابق هیستوگرام (الف) تصویر سال ۸۵.ب) تصویر سال ۸۹ پس از تطابق هیستوگرام

۴-۳- پیاده‌سازی روش آشکارسازی شیء-کلاس

در این تکنیک هدف اصلی قطعه بندی جداگانه دو تصویر با استفاده از روش چند مقیاسه و استخراج شیء‌های تصویری در بهترین حالت از نظر مقیاس، وزن ناهمگنی نرمی و وزن پارامتر فشردگی است که این کار توسط نرم افزار eCognition انجام شده و این سه پارامتر با آزمون و خطا حاصل شده اند. سپس شیء‌های به دست آمده از این مرحله را با سه روش شیء مبنای ماشین بردار پشتیبان، نزدیکترین همسایگی و سلسله مراتبی در ۵ کلاس خاک، ساختمان، راه، درخت و سایه طبقه بندی می‌شوند برای طبقه بندی به روش ماشین بردار پشتیبان شیء‌گرا از کرنل تابع پایه شعاعی استفاده شد و پارامترهای C و گاما به ترتیب ۷۵ و ۱۰۰ در نظر گرفته شده است. سپس با روش مقایسه پس از طبقه بندی دو تصویر طبقه بندی شده سال‌های ۸۵ و ۸۹ با هم مقایسه می‌شوند و در نهایت نقشه ماهیت تغییرات که هم ماهیت تغییرات و هم مکان تغییرات را مشخص می‌کند به دست می‌آید. در شکل ۶ فلوجارت مربوط به تکنیک اول نشان داده شده است و تمامی مراحل تکنیک اول در آن قابل مشاهده است.



شکل ۶: فلوجارت روش آشکارسازی شیء-کلاس

در جدول ۳ پارامترهای مناسب جهت انجام فرایند قطعه بندی نشان داده شده است. این پارامترها از طریق آزمون و خطا به دست آمده است و سعی شده است تا برای هر سه روش طبقه بندی مورد استفاده یکسان باشد تا بتوان تحلیل منطقی بین نتایج به دست آورد.

جدول ۳: پارامترهای مورد استفاده در قطعه بندی

تصویر	مقیاس	وزن ناهمگنی طیفی	وزن ناهمگنی ساختاری	وزن پارامتر نرمی	وزن پارامتر فشردگی
سال ۸۵	۴۸	۰/۶	۰/۴	۰/۵	۰/۵
سال ۸۹	۴۰	۰/۶	۰/۴	۰/۳	۰/۷

۴-۴ استخراج داده های آموزشی

برای طبقه بندی تصاویر قطعه بندی شده احتیاج به داده های آموزشی داریم. تصویر سال ۸۵ شامل ۱۰ کلاس شامل: ساختمان با سقف آسفالت، ساختمان با سقف ایزوگام، ساختمان با سقف سفالی، درخت، جاده، خاک خاکستری، خاک روشن، خاک تیره، ساختمان تکی (از نظر وسعت و رنگ سقف)، سایه. تصویر سال ۸۹ نیز شامل ۱۰ کلاس به صورت مقابل است: ساختمان با سقف آسفالت، ساختمان با سقف ایزوگام، ساختمان با سقف سفالی، درخت، جاده، بلوار، خاک روشن، خاک تیره، ساختمان تکی (از نظر وسعت و رنگ سقف)، سایه. انتخاب داده های آموزشی در نرم افزار eCognition با توجه به دانش فرد خبره و نرم افزار Google earth انجام شد. که از این داده ها یک TTA^{۱۹} ماسک (به عنوان یک لایه موضوعی که در کل کار از آن به عنوان لایه آموزشی استفاده شد) درست شد و به عنوان یک نقشه موضوعی به نرم افزار

¹⁹ Thematic training mask



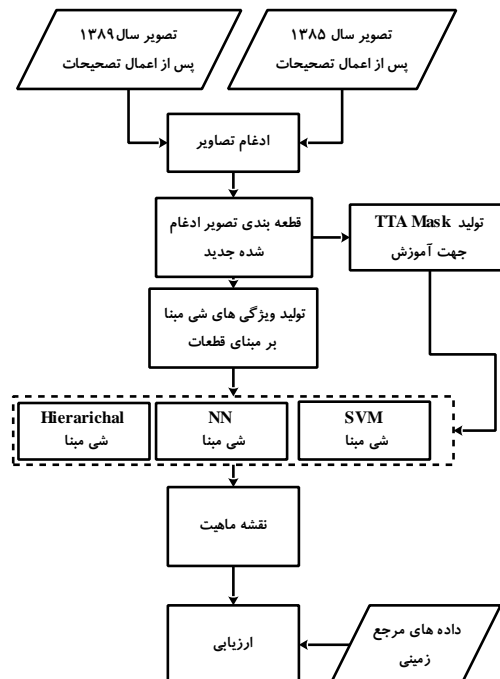
eCognition معرفی شد و اینها قطعه‌های آموزشی هستند که برای هر دو روش ماشین بردار پشتیبان شیء‌گرا و نزدیک‌ترین همسایگی شیء‌گرا این قطعه‌های آموزشی یکسان هستند. از آنها برای آموزش کلاس‌ها استفاده شده است.

جدول ۴: ویژگی‌های مورد استفاده در طبقه‌بندی

ویژگی‌ها	کلاس هدف
Density, Border index, Compactness, Elliptic, Rectangular fit, Roudness	ساختمان
Length/Width, Brightness, Mean Red	راه
Hue, Saturation	خاک
Elliptic, Brightness, Mean Green	درخت
Area, Rectangular fit, Brightness, Cotrast to neighbour	سایه

۴-۵- پیاده‌سازی روش شیء-چندزمانه

برای انجام روش مذکور ابتدا دو تصویر را با استفاده از دستور layer staking در نرم افزار Envi باهم ادغام کرده و یک تصویر جدید تولید می‌شود. تصویر حاصل یک تصویر ۶ بانده شامل ۳ بانده طیفی تصویر سال ۱۳۸۵ و ۳ بانده طیفی تصویر سال ۱۳۸۹ است. سپس این تصویر ۶ بانده به عنوان ورودی آنالیز شیء مبنای آشکارسازی تغییرات به نرم‌افزار eCognition معرفی می‌شود. قبل از انجام طبقه‌بندی انتخاب پارامترهای طبقه‌بندی چند مقیاسه امری ضروری است. پس از انجام آزمون سعی و خطا، برای طبقه‌بندی تصویر پارامترهای مقیاس و وزن ناهمگنی نرمی و وزن پارامتر فشردگی به ترتیب دارای مقادیر ۰.۳۵، ۰.۴، ۰.۱ انتخاب شد. بدین ترتیب و پس از انجام طبقه‌بندی، این قطعات حاصله با استفاده از روش های شیء گرای ماشین بردار پشتیبان، نزدیکترین همسایگی و سلسله مراتبی طبقه‌بندی خواهند شد. برای طبقه‌بندی به روش ماشین بردار پشتیبان شیء‌گرا از کرنل تابع پایه شعاعی استفاده شد و پارامترهای C و گاما به ترتیب ۸۰ و ۱۲۰ در نظر گرفته شده است. شکل ۷ روند انجام این روش را نشان می‌دهد.



شکل ۷: فلوچارت روش آشکارسازی شیء-چندزمانه



به منظور تهیه نقشه ماهیت تغییرات در این روش، نمونه‌های آموزشی و ارزیابی به صورت بصری برای تک تک کلاس‌ها به وسیله عامل خبره از هر یک از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های موجود، استخراج گردید. نمونه‌های آموزشی که در این روش انتخاب می‌شوند نمونه‌های آموزشی برای ماهیت تغییرات می‌باشند که در واقع برای به دست آوردن کلاس تغییرات آموزش داده می‌شوند و این سختی روش آشکارسازی تغییرات شیء-چندزمانه است. در این تکنیک مستقیماً به نقشه ماهیت تغییرات می‌رسیم و دیگر در این روش نقشه کاربری اراضی وجود ندارد.

جدول ۵: ماهیت تغییرات کلاس‌ها

		تصویر زمان دوم			
		خاک	ساختمان	راه	درخت
تصویر زمان اول	خاک	۱۱	۱۲	۱۳	
	ساختمان		۲۲		
	راه	۳۱		۳۳	
	درخت				۴۴

جهت برآورد دقت تشخیص تغییرات با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی، از داده‌های ارزیابی که با مقایسه بصری کاربری اراضی از روی تصاویر سال ۱۳۸۵ و ۱۳۸۹ توسط عامل خبره و نقشه ۱/۲۰۰۰ در کلاس‌های تغییرات کاربری اراضی "خاک لخت تغییر نیافته"، "خاک لخت به ساختمان"، "ساختمان‌های تغییر نیافته"، "خاک لخت به راه"، "راه تغییر نیافته" و "درخت تغییر نکرده" جمع‌آوری گردیده‌اند، استفاده شد. یکی دیگر از موارد لازم برای آموزش استفاده از ویژگی‌های شیء مبنا است. باید با استفاده از پارامترها و ویژگی‌ها، اشیاء همگنی در سطح تصویر ایجاد شوند. با توجه به اینکه هر دو تصویر دارای مشکلاتی هستند و شباهت طیفی بین کلاس‌های هم‌جنس (انواع خاک، انواع سقف ساختمان‌ها) بسیار زیاد است به عنوان مثال خاک روشن در تصویر با ساختمان ایزوگام به اشتباه در یک کلاس قرار داده می‌شوند یا اینکه خاک تیره با ساختمان آسفالت در یک کلاس طبقه‌بندی می‌شوند. به دلیل وجود مشکلاتی از این قبیل باید به صورت خیلی محتاط این ویژگی‌ها برای طبقه‌بندی کلاس‌ها اخذ شوند تا هیچ اختلاطی بین کلاس‌ها وجود نداشته باشد.

جدول ۶: ویژگی‌های مورد استفاده در طبقه‌بندی کلاس‌ها

کلاس هدف	ویژگی‌ها
خاک به ساختمان	Density, Border index, Compactness, Elliptic, Rectangular fit, Roundness Area, Rectangular fit, Brightness, Contrast to neighbour,
خاک به راه	Length/Width, Brightness, Mean Red, Hue, Saturation
راه تغییر نیافته	Length/Width, Brightness, Mean Red
خاک تغییر نیافته	Hue, Saturation
درخت تغییر نیافته	Elliptic, Brightness, Mean Green
ساختمان تغییر نیافته	Area, Rectangular fit, Brightness, Contrast to neighbour

در جدول ۷ نتایج ارزیابی پارامترهای دقت روش شناسایی تغییرات شیء-کلاس (OBC) و شیء-چندزمانه (OBMT) حاصل از تکنیک‌های ماشین بردار پشتیبان، نزدیک‌ترین همسایه، سلسله مراتبی ارائه شده است.

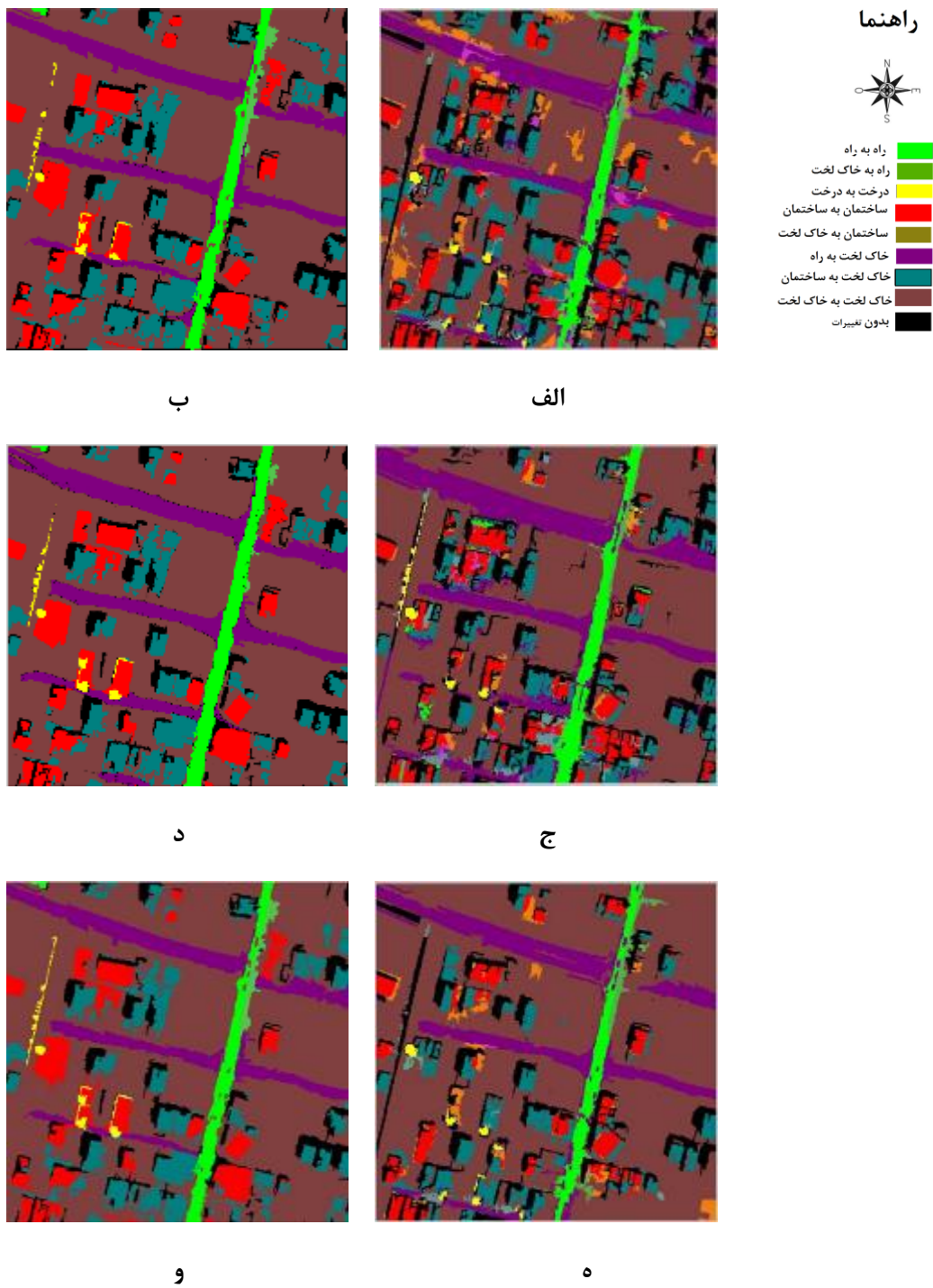
جدول ۷: معیارهای ارزیابی دقت تهیه نقشه ماهیت تغییرات در منطقه مورد نظر

SVM		Hierarchal		NN		روش
(OBMT)	(OBC)	(OBMT)	(OBC)	(OBMT)	(OBC)	
89.14	80.79	91.07	87.73	87.99	87.99	ضریب کاپا



91.59	85.06	93.05	90.42	90.7	90.63	صحت کلی
95.95	77.17	94.8	74.77	92.79	82.03	دقت کاربر کلاس " خاک به راه "
87.73	87.22	92.33	96.73	87.73	90.07	دقت تولیدکننده کلاس " خاک به راه "
99	89.53	100	90.03	96.5	91.2	دقت کاربر کلاس " خاک به ساختمان "
88.95	71.89	88.6	77.53	89.51	80.7	دقت تولیدکننده کلاس " خاک به ساختمان "
78.58	79.53	83.82	94.37	78.63	92.23	دقت کاربر کلاس " خاک تغییر نیافته "
96.13	96.28	95.72	98.88	93.42	94.59	دقت تولیدکننده کلاس " خاک تغییر نیافته "
100	100	100	100	100	99.67	دقت کاربر کلاس " راه تغییر نیافته "
69.59	81.76	73.81	73.99	57.77	84.22	دقت تولیدکننده کلاس " راه تغییر نیافته "
100	100	94.99	98.84	100	100	دقت کاربر کلاس " درخت تغییر نیافته "
89.59	77.37	95.82	88.68	88.93	84.97	دقت تولیدکننده کلاس " درخت تغییر نیافته "
98.7	83.14	98.29	89.45	98.2	83.95	دقت کاربر کلاس " ساختمان تغییر نیافته "
78.12	73.93	82.3	67.83	77.85	83.78	دقت تولیدکننده کلاس " ساختمان تغییر نیافته "

مطابق جدول ۷ استفاده از تلفیق دو تصویر چند زمانه و به دست آوردن نقشه تغییرات به طور مستقیم نقش بسزایی در شناسایی تغییرات با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بکار رفته در این تحقیق دارد. در مقابل روش‌های نزدیک‌ترین همسایه دارای ضعیف‌ترین نتایج در شناسایی تغییرات است. علت این امر را می‌توان در ماهیت روش مقایسه پس از طبقه‌بندی دانست که بسیار وابسته به دقت تهیه نقشه کاربری اراضی هر یک از سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۹ است. با پیاده‌سازی روش مذکور در این تحقیق جهت شناسایی تغییرات با استفاده از روش شی-کلاس و شی-چندزمانه در منطقه مطالعاتی به این نتیجه می‌رسیم که مساحت بسیار زیادی از منطقه خاک لخت در بازه زمانی ۴ سال به ساختمان و جاده تبدیل شده‌اند، این امر به این معنی است که ساخت و ساز زیادی در این منطقه صورت گرفته است. در تصویر سال ۱۳۸۵ مصالح ساختمانی از قبیل گچ که بر روی خاک لخت ریخته شده است وجود دارد ولی در تصویر سال ۱۳۸۹ علاوه بر اینکه این مصالح از روی زمین پاک گردیده‌اند بلوک‌های ساختمانی نیز در این مناطق ساخته شده است. با توجه به نوع تصویربرداری ماهواره در سال ۱۳۸۹ مقدار سایه ساختمان‌ها بسیار زیاد است و مساحتی از خاک لخت شامل کلاس سایه شده است که عملاً نمی‌توان بر روی آن‌ها تفسیری داشت؛ و همین‌طور می‌توان گفت که بر تعداد درختان در سال ۱۳۸۹ افزوده شده است. همان‌طور که از نقشه ماهیت هر ۶ روش مذکور پیداست روش ماشین بردار پشتیبان شی-گرا- چند زمانه به خوبی توانسته است قطعه‌های تصاویر هر دو سال را طبقه‌بندی کند و دارای نویز بسیار کمتری نسبت به دو روش دیگر است. کلاس‌ها به نسبت دیگر روش‌ها در این روش به درستی قطعه‌بندی و طبقه‌بندی شده‌اند. علاوه بر این روش نقشه تغییرات روش ماشین بردار پشتیبان نیز دارای نویز کم و به تبع آن دقت بالایی است ولی شامل کلاس‌های بدون اطلاعات و اشتباهی در تغییرات است. این مطلب برای دو روش نزدیک‌ترین همسایه-چندزمانه و نیز سلسله مراتبی چند زمانه صدق می‌کند. تداخل بین کلاسی در روش ماشین بردار پشتیبان بسیار کمتر از دو روش دیگر است. خاصیت مربع بودن ساختمان‌ها نیز در این روش به خوبی به دست آمده است.



شکل ۸: الف) نقشه ماهیت به روش NN (OBC)، ب) نقشه ماهیت به روش NN(OBMT)، ج) نقشه ماهیت به روش Hierarchal(OBC)، د) نقشه ماهیت به روش Hierarchal(OBMT)، ه) نقشه ماهیت به روش SVM(OBC)، و) نقشه ماهیت به روش SVM(OBMT)



۵- نتیجه گیری

در این تحقیق پس از انجام پیش پردازش های ذکر شده در قبل، بر روی تصاویر دو زمانه، اقدام به قطعه بندی، به روش چندمقیاسه کرده و سپس شیء های استخراج شده از هر دو تصویر با سه روش ماشین بردار پشتیبان، نزدیک ترین همسایگی و سلسله مراتبی طبقه بندی شد و با استفاده از روش های آشکارسازی تغییرات شیء کلاس (OBC) و آشکارسازی تغییرات شیء چند زمانه (OBMT) ماهیت و نوع تغییرات به دست آمد. لذا پس از به دست آمدن نتایج و نیز بررسی و تحلیل خروجی های این تحقیق نتایجی به دست آمد که در ادامه به آن ها اشاره شده است.

- پیچیدگی های یک منطقه که حاصل از تراکم بالای المان های شهری و انواع شباهت های میان اشیاء کلاس های مختلف است، روند کلی تحقیق از قطعه بندی و طبقه بندی تا مقایسه پس از طبقه بندی را تحت الشعاع قرار می دهد. به طوری که نیازمند طراحی استراتژی های گوناگون است.
 - انتخاب پارامترهای مناسب قطعه بندی امری بسیار مهم در فرآیند طبقه بندی پوشش های اراضی است که تمام فرآیند آنالیز شیء گرا جهت رسیدن به نقشه ماهیت تغییرات را نیز تحت تأثیر خود قرار می دهد. به همین دلیل انتخاب این پارامترها باید با بالاترین دقت انجام گیرد.
 - به طور کلی نتایج حاصل شده در این تحقیق نشان داد، تکنیک آشکار سازی تغییرات شیء-چندزمانه (OBMT) به نسبت شیء-کلاس (OBC) دارای خروجی های مناسب تری می باشد. چراکه این روش به طور هم زمان از قابلیت های دو تصویر چند زمانه استفاده کرده و نیز به طور مستقیم نقشه ماهیت تغییرات را نتیجه می دهد. با این وجود این روش به شدت تحت تأثیر انتخاب داده های آموزشی ماهیت از سطح تصویر ادغام شده می باشد و ممکن است که عدم دقت روی این انتخاب، باعث پدید آمدن نتایج نامناسب گردد.
 - با توجه به نزدیک بودن مقادیر صحت کلی تکنیکهای طبقه بندی مورد استفاده در این تحقیق، به طور کلی می توان گفت که تأثیر روش های آشکارسازی تغییرات شیء-چندزمانه روی نتایج حاصل شده مثبت بوده و باعث افزایش صحت و ضریب کاپا شده است.
- صحت کلی نتایج حاصل از روش آشکار سازی تغییرات شیء-کلاس نشان داد که این روش به شدت تحت تأثیر فرایند قطعه بندی و نیز طبقه بندی می باشد. چراکه انتخاب داده های آموزشی مناسب نقش بسیار مهم و کلیدی روی طبقه بندی تصاویر به صورت مجزا خواهد داشت و به تبع آن تأثیر مستقیم طبقه بندی ها روی فرایند مقایسه پس از طبقه بندی می باشد.

مراجع

- [1] Jensen, J.R. (1996). Introductory digital image processing: a remote sensing perspective. Prentice-Hall Inc.
- [2] ف. سعیدزاده، ۱۳۹۴، آشکارسازی تغییرات مناطق نیمه شهری در تصاویر ماهواره ای چند زمانه نوری مبتنی بر آنالیز شیء گرا و ماشین بردار پشتیبان، تحقیق کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
- [3] Singh, A., 1989. Review Article Digital change detection techniques using remotely sensed data. International Journal of Remote Sensing 10, 989-1003.



- [4] Castilla, G., Hay, G.J., 2008. Image objects and geographic objects. In: Blaschke, T., Lang, S., Hay, G.J. (Eds.), *Object-Based Image Analysis*. Springer, Berlin Heidelberg, pp. 91–110.
- [5] Blaschke, T., 2010. Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 65, 2–16.
- [6] Aguirre-Gutiérrez, J., Seijmonsbergen, A.C., Duivenvoorden, J.F., 2012. Optimizing land cover classification accuracy for change detection, a combined pixel-based and object-based approach in a mountainous area in Mexico. *Applied Geography* 34, 29–37.
- [7] Bock, M., Xofis, P., Mitchley, J., Rossner, G., Wissen, M., 2005. Object-oriented methods for habitat mapping at multiple scales – case studies from Northern Germany and Wye Downs, UK. *Journal for Nature Conservation* 13, 75–89.
- [8] Addink, E.A., Van Coillie, F.M.B., De Jong, S.M., 2012. Introduction to the GEOBIA 2010 special issue: from pixels to geographic objects in remote sensing image analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 15, 1–6
- [9] MARCEAU, D.J. and HAY, G.J., 1999, Remote sensing contribution to the scale issue. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 25, pp. 357–366.
- [10] Chen, G., Hay, G.J., Carvalho, L.M.T., Wulder, M.A., 2012a. Object-based change detection. *International Journal of Remote Sensing* 33, 4434–4457.
- [11] Gang Chen, Geoffrey J. Hay, Luis M. T. Carvalho & Michael A. Wulder (2012): Object-based change detection, *International Journal of Remote Sensing*, 33:14, 4434-4457
- [12] G. Meinel, M. Neubert, J. Reder, The Potential use of very high resolution satellite data for urban areas- Firest experience with IKONOS data, their classification and application in urban planning and environmental monitoring, 2nd symposium of Remote Sensing of urban areas, Regensburg, Germany, No 37- CD ROM, 2001.
- [13] Guindon, B., 1997. Computer-based aerial image understanding: a review and assessment of its application to planimetric information extraction from very high resolution satellite images. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 23(1), pp. 38-47.
- [14] Pal, M., 2005. Random forest classifier for remote sensing classification. *International Journal of Remote Sensing* 26, 217–222.
- [15] Woodcock, C.E., Strahler, A.H., 1987. The factor of scale in remote sensing. *Remote Sensing of Environment* 21, 311–332.
- [16] Benz, U.C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I., Heynen, M., 2004. Multiresolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 58, 239–258
- [17] Zhong, C., Zhongmin, Z., DongMei, Y. and Renxi, C., 2005. Multi-scale segmentation of the high resolution remote sensing image. In: *Proceedings of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 5, pp. 3682- 3684.
- [18] Theodoridis S. and Koutroubas K. (2003). *Pattern Recognition*. Second Edition. Elsevier Academic Press, 2003.



- [19] Lackner, M., Conway, T.M., 2008. Determining land-use information from land cover through an object-oriented classification of IKONOS imagery. *Canadian Journal of Remote Sensing* 34 (2), 77_92.
- [20] Richards, J.A. and Jia, X. 2005. *Remote sensing digital image analysis*. Springer Press. 454p.