

مقایسه و ارزیابی آنالیز شی‌مبنا و پیکسل‌مبنای داده لایدار و تصاویر اپتیکال بزرگ مقیاس هوایی در منطقه شهری

فرزانه عابدی^۱، علی محمدزاده*^۲، مهدی مختارزاده^۳، محمدجواد ولدان زوج^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

Farzaneh.abedi7@gmail.com

^۲ استادیار، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

almoh2@gmail.com

^۳ استادیار، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

m_mokhtarzade@kntu.ac.ir

^۴ دانشیار، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

valadanzouj@kntu.ac.ir

چکیده _ امروزه استخراج اطلاعات عوارض شهری از اهمیت بالایی برای مدیران و طراحان شهری برخوردار است. در این راستا می‌توان از داده‌های سنجنش از دوری و روش‌های مربوطه جهت شناسایی این عوارض به نحو احسن استفاده نمود. در این تحقیق با تلفیق داده لایدار و تصاویر اپتیکال بزرگ مقیاس هوایی در سطح تصمیم‌گیری شناسایی عوارض شهری با استراتژی شی‌مبنا و پیکسل‌مبنا بررسی و ارزیابی می‌شوند. آنالیز پیکسل‌مبنا و شی‌مبنا براساس روش طبقه‌بندی درخت تصمیم‌گیری با در نظر گرفتن کلاس سایه و بدون آن اجرا گردید. هدف از این بررسی نشان دادن توانایی داده لایدار در حل مشکلات ناشی از سایه در نواحی متراکم و پیچیده شهری است. دقت روش شی‌مبنا در هر دو روش بالاتر از روش پیکسل‌مبناست. در آنالیز شی‌مبنا دقت کلی هر دو روش به هم نزدیک است، اما روش با کلاس سایه به اندازه ۰/۰۰۹ بهتر عمل نمود. روش پیکسل‌مبنا بدون کلاس سایه با ۰/۹۱ بالاترین دقت را در آنالیز پیکسل‌مبنا فراهم نمود.

کلیدواژه‌ها - آنالیز شی‌مبنا، آنالیز پیکسل‌مبنا، داده لایدار، تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالای هوایی، منطقه شهری.

اما از جمله داده‌هایی که امروزه برای شناسایی ساختمان به کار می‌روند، داده لایدار هوایی است. لایدار از طریق در اختیار قرار دادن DTM و nDSM نقش مهمی در شناسایی ساختمان‌ها دارد. روش‌های سنتی تهیه DTM، فتوگرامتری و نقشه‌برداری زمینی است. این روش‌ها برای اهداف مشخص دقت‌های متناسب فراهم می‌نمایند اما زمان‌برند و مشارکت بالای نیروی انسانی را می‌طلبند. روش‌های سنتی در نواحی که شیب تند دارند با مشکل مواجه‌اند و اغلب منجر به کاهش سطوح دقت می‌شوند. تحقیقات نشان داده است که تولید DTM بر مبنای داده لایدار در مقایسه با روش‌های سنتی دقیق‌تر و کاراتر است. شرایط محیطی نظیر (شیب، ارتفاع، مساحت توده گیاهی) و خصوصیات

۱. مقدمه

سنجنش از دور منبع وسیعی از اطلاعات درباره پوشش زمین فراهم می‌نماید و در اختیار کاربران و محققان قرار می‌دهد، با این وجود اطلاعات فراهم شده از پوشش زمین به طور دقیق قابل تفسیر به کاربری زمین نیست. بنا به گفته Camara و همکاران در سال ۲۰۰۱ [۱] با وجود اینکه سی سال تجربه در رابطه با اخذ داده، پردازش و آنالیز داده‌های سنجنش از دوری وجود دارد، هنوز پاسخ به این سؤال که "در داخل تصویر چه عناصری وجود دارد؟" پیچیده و دشوار است. از ابتدای ظهور سنجنش از دور به کار بردن داده‌های طیفی در شناسایی عوارض معمول بوده است

کلاسه‌بندی ابر نقاط شناسایی می‌شود. آن‌ها در نتایج خود برای هر سه ناحیه مطالعاتی به صحت ۷۶/۱ و کامل بودن ۹۲/۲ برای کلاس ساختمان با سقف بدون شیب دست یافتند. مقدار کامل بودن و صحت برای ساختمان‌ها با سقف شیب‌دار به ترتیب برابر ۹۳/۷ و ۹۳/۷ است. نتایج نشان می‌دهد، کلاسه‌بندی کننده CRF در مقایسه با مدل‌های خطی سریع و منعطف است و در برخورد با تعداد زیادی ویژگی به خوبی عمل می‌کند.

خوش‌الهام و همکاران در سال ۲۰۱۰ [۵] مقاله‌ای مقایسه‌ای ارائه دادند که روش‌های مختلف شناسایی ساختمان در تصاویر هوایی و داده لایدار با قدرت تفکیک‌های مختلف مکانی را مورد بررسی قرار می‌دهد. پنج روش بر روی دو ناحیه مطالعاتی با استفاده از ویژگی‌های استخراج شده در سطح پیکسل و در سطح عارضه تست شدند؛ اما برای همه روش‌ها از یک مجموعه داده آموزشی استفاده شده است. ارزیابی روش‌ها بر مبنای اندازه‌گیری خطاهاست که با اعمال نتایج نقشه‌های مرجع تولید شده از هر ناحیه محقق می‌شود. در هر دو ناحیه آموزشی تعدادی پیکسل کلاسه‌بندی نشده تولید شدند. روش حدآستانه-گذاری nDSM نرخ شناسایی و اعتمادپذیری خوبی برای پوشش گیاهی منطقه Mannheim نشان می‌دهد؛ اما همچنین نرخ خطاهای مثبت بالاست. روش Bayes در منطقه مطالعاتی Memmingen که ساختمان‌ها کم و بیش ارتفاع‌های یکسانی دارند به خوبی عمل می‌نماید.

در هر دو منطقه مطالعاتی خطاهای بسیاری در مرزهای ساختمان‌ها با درختان شناسایی شد. این تحقیق پیشنهاد می‌نماید، در تحقیقات آینده برای رفع این خطاها از سه ویژگی که به آن‌ها اشاره خواهد شد، استفاده شود. استفاده از شناساگرهای بافتی به عنوان ویژگی‌های اضافی برای کلاسه‌بندی بهتر، به‌کارگیری از کلاسه‌بندی کننده‌های سطح دوم به همراه روش‌های قانون مینا جهت حذف ابهام از داده کلاسه‌بندی نشده، مقایسه با سایر کلاسه‌بندی کننده‌های پیچیده نظیر (SVM، شبکه عصبی) بر روی مجموعه‌ای بزرگ از داده‌ها.

اخطاری و همکاران در سال ۱۳۸۸ [۱۰] روشی را برای استخراج نیمه اتوماتیک ساختمان با ادغام تصویر با حد تشخیص بالا و داده لایدار ارائه دادند. برای تحقق این امر آن‌ها از داده‌های لایدار DSM و DTM را استخراج نمودند و سپس برای دست‌یابی به اطلاعات ارتفاعی عوارض از تفاضل دو داده استخراج شده nDSM را تولید کردند. به طور کلی شناسایی ساختمان‌ها با شناسایی پیکسل آن‌ها در تصویر و یا با شناسایی سلول‌های آن‌ها

سنجنده (ارتفاع پرواز، تراکم نقاط، زاویه برداشت) و روش درونیایی و فیلترگذاری داده لایدار بر دقت DTM حاصل اثرگذارند [۲].

تلفیق دو داده تصویر هوایی و لایدار منجر به بهره بردن از دو مزیت طیف و ارتفاع می‌شود و هر یک محدودیت دیگری را پوشش می‌دهد به شرطی که شرایط هم مرجع کردن با دقت بالایی انجام گرفته باشد. به این طریق شناسایی ساختمان‌های بلندی که با درختان انبوه احاطه شده‌اند با دقت و صحت بالاتری انجام خواهد شد.

۱-۱. مروری بر آثار انجام شده با تلفیق داده لایدار و

تصاویر طیفی در منطقه شهری

Rottensteiner و همکاران در سال ۲۰۱۴ [۳] مقاله‌ای مقایسه‌ای ارائه دادند که در آن تمامی تحقیقات انجام شده در زمینه شناسایی ساختمان و درختان، بازسازی و استخراج ساختمان و مدل‌سازی سه بعدی ساختمان در منطقه Vaihingen آلمان و تورنتو کانادا گردآوری شده است. مقالات از منظر داده ورودی به صورت تصویر طیفی، ابر نقطه‌ای لایدار، لایه رستری شده لایدار، داده لایدار و مدل رقومی ارتفاعی استخراج شده از تصاویر استریو، تصویر طیفی و لایه‌های رستری شده لایدار، ابر نقطه‌ای لایدار و تصویر طیفی دسته‌بندی شده‌اند. الگوریتم‌های کلاسه بندی از منظر نوع آنالیز به صورت مدل‌مبنا و یا شی‌مبنا گروه‌بندی شده‌اند. برای مشاهده جداول دقت کلاسه‌بندی و بررسی عملکرد هر الگوریتم کلاسه‌بندی به [۳] مراجعه کنید.

Niemeyer و همکاران در سال ۲۰۱۴ [۴] با استفاده از داده لایدار کلاسه بندی عوارض شهری را در منطقه Vaihingen آلمان انجام دادند. سه ناحیه در منطقه مطالعاتی با ساختمان‌های متفاوت به عنوان ورودی الگوریتم انتخاب شدند. آن‌ها از کلاسه-بندی کننده Conditional Random field بهره گرفته‌اند. این کلاسه‌بندی کننده منعطف است و نتایج قابل اعتمادی در نواحی پیچیده فراهم می‌کند. بدین ترتیب آن‌ها در الگوریتم خود از Context و تعداد زیادی ویژگی بهره می‌برند. در نظر گرفتن تکرارهای متعدد در این تحقیق دقت کلی را به میزان ۲ درصد افزایش داد، بنابراین پیشرفت بالایی در مقادیر عددی کامل بودن و صحت هفت کلاس کاربری به وجود آمد. نتایج روش CRF با نتایج RF در کنار عملکرد ویژگی‌های مختلف ابر نقاط لایدار مقایسه می‌گردد. در نهایت کلاس ساختمان با استفاده از

داشته باشند و قدرت داده لایدار برای حل مشکل ناشی از سایه با دو روش آنالیز پیکسل-مبنا و شی-مبنا مورد بررسی قرار گیرند.

۲. داده مورد استفاده و منطقه مورد مطالعه

مجموعه داده مورد استفاده در این مقاله را می‌توان به دو دسته اصلی تقسیم نمود که عبارت‌اند از:

الف) تصویر هوایی در سه باند قرمز، مادون قرمز نزدیک و سبز

ب) داده شدت و ارتفاعی لایدار

مجموعه این دو داده توسط انجمن فتوگرامتری و سنجش از دور آلمان DGPF تهیه شده است.

داده اپتیکال هوایی توسط شرکت RWE Power در ۲۴ جولای و ۶ آگوست توسط سنجنده Intergraph/ ZI DMC تهیه شده است. مجموعه بلوک تصویری شامل پنج نوار تصویربرداری است که دو نوار تصویری اضافی نیز به طور عرضی در دو انتهای بلوک برداشت شده است. منطقه مورد نظر در هشت تصویر و دو نوار پروازی قابل‌شناسایی است. ابعاد پیکسل تصاویر بر روی زمین ۸ سانتی‌متر است. پیش‌پردازش بر روی تصاویر تهیه شده اعمال گردیده است. تصاویر Pansharped رنگی شده‌اند و خطای جابجایی ارتفاعی از تصاویر حذف شده است. بلوک تصاویر دارای ابعاد پیکسلی ۹ سانتی‌متر و قدرت تفکیک رادیومتریکی ۱۱ بیتی می‌باشند. شکل ۱ منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

۲-۱. پیش‌پردازش

در مقاله پیش‌رو داده طیفی از نظر رادیومتریکی و هندسی تصحیح شده است. داده لایدار خام نیز که با فرمت LAS در اختیار کاربر است برای تولید nDSM فیلتر شد تا ابر نقاط به دو

در DTM منطقه که حاصل از داده لایدار است، انجام می‌شود. برای نیل به این هدف با آنالیز ارتفاعی، آنالیز زبری و عملگر مورفولوژی closing یک ماسک ساختمانی تولید کردند که با عبور هر پیکسل از این ماسک آن پیکسل به عنوان یک پیکسل ساختمانی در نظر گرفته می‌شود. آن‌ها در مرحله بارزسازی ساختمان ابتدا از تصویر و DSM، ارتقوتو تهیه نمودند سپس لبه‌های ساختمان‌ها را استخراج نمودند و با برازش خط بر این لبه‌ها آن‌ها را به قالب برداری تبدیل نمودند. سپس با توجه به گسستگی بین خطوط و وجود خطوط نامطلوب، یک گروه‌بندی برای خطوط لبه هر ساختمان انجام دادند و خطوط مرز هر ساختمان را مشخص کردند. در نهایت پلی‌گون هر ساختمان با تقاطع خطوط مرزهای مناسب ساخته می‌شود. برای مناطقی که از تصویر مرزی قابل استخراج نبودند، این خطوط از ماسک ساختمان استخراج شدند.

انصاری و همکاران در سال ۱۳۹۱ [۱۱] با تلفیق داده لایدار و تصاویر هوایی در یک منطقه شهری به شناسایی اتوماتیک عارضه ساختمان پرداختند. روند کار براساس سه مرحله صورت می‌گیرد. در مرحله اول نقاط زمینی با استفاده از روش Sithole در سال ۲۰۰۵ شناسایی می‌شوند، سپس DTM منطقه ساخته می‌شود. مرحله دوم شامل انتخاب ویژگی‌های مناسب برای عارضه ساختمان در دو سطح پیکسل و شی است. سه روش کلاسه‌بندی MD، SVM، ANN مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان می‌دهد روش SVM در هر دو سطح پیکسل و شی دقت بالایی را دارد.

دقت روش پیکسل-مبنا بیشتر از روش شی-مبناست که ضعف عملکرد روش شی-مبنا ناشی از الگوریتم قسمت‌بندی است که فقط از فضای طیفی استفاده نموده است. در صورت استفاده از ویژگی‌های هندسی دقت این روش افزایش خواهد یافت. در نواحی که ساختمان‌ها با درختان انبوه پوشیده شده‌اند nDSM موفق نخواهد بود و بهتر است از شاخص گیاهی نرمالیزه شده استفاده گردد.

از بررسی آثار انجام شده در زمینه شناسایی عوارض شهری که از تلفیق داده لایدار و طیفی در سطح شی-مبنا بهره برده‌اند معلوم گردید استفاده از داده طیفی محدود به شاخص NDVI جهت حذف پوشش گیاهی می‌شود. به طوری که از داده طیفی جهت قسمت‌بندی آنالیز شی-مبنا استفاده نمی‌شود. در این تحقیق سعی شده است داده‌های طیفی در قسمت‌بندی مشارکت

۳-۱. مقایسه آنالیز پیکسل مبنا و شی مبنا

۳-۱-۱. آنالیز پیکسل مبنا

در این آنالیز تنها با تکیه بر اطلاعات درجه خاکستری درون هر پیکسل فرآیند کلاسه‌بندی انجام می‌شود. این آنالیز امکان وارد نمودن روابط توپولوژیکی، بافت و معنایی را نمی‌دهد.

۳-۱-۲. آنالیز شی مبنا

در آنالیز شی مبنا هر شی تصویری گروهی از پیکسل‌های همسایه در یک صحنه است که با سایر اشیا ارتباط معنایی دارد [۱۲]. این مجموعه از پیکسل‌ها دارای یک شاخص شباهت (مثل درجه خاکستری، بافت، شکل و غیره) می‌باشند [۱۳]. مزایای این آنالیز: امکان وارد کردن اطلاعات کمکی مانند اطلاعات مرز عوارض از پایگاه اطلاعات مکانی، آنالیزهای تصویری (بافت، شکل و زمینه)، کاهش نویز نمک فلفل، بالا بودن نسبت سیگنال به نویز، فضای ویژگی بدون همبستگی، ویژگی‌های توپولوژیکی (همسایگی، فوق اشیا) و ارتباط معنایی میان اشیا دنیای واقعی و اشیا تصویری، کاهش حجم محاسبات در کلاسه‌بندی کننده [۶]. در اساسی‌ترین سطح، این آنالیز به قسمت‌بندی تصویری، توصیف، کلاسه‌بندی، توانایی برای پرسش و اتصال اشیا منفرد در فضای مکان نیازمند است.

۳-۲. درخت تصمیم‌گیری

به گفته Mc Canley در سال ۲۰۰۴ [۷] درختان تصمیم‌گیری خواسته مشخصی دارند زیرا کلاسه‌بندی واضح است و به راحتی قابل تفسیر است. در یک کلاسه‌بندی بر مبنای درختان تصمیم‌گیری حدود آستانه بر روی ویژگی‌های اشیا اعمال می‌شوند. مشاهدات حدود آستانه منتسب به شاخه‌های چپ و راست را تعیین می‌نمایند. در گام نهایی کلاس‌ها به گره‌های نهایی درخت منسوب می‌گردد. تشکیل یک درخت تصمیم‌گیری یک مسئله بازگشتی است که باید میزان رشد یک درخت تعیین شود. به طور مشخص یک درخت بزرگ ممکن است بر روی داده‌ها بیش از حد برآورد شود در حالی که یک درخت کوچک ممکن است ساختارهای مهم را در نظر نگیرد. اندازه متوسط ترجیح دارد، به طوری که داده‌ها را بیش از حد یا کمتر از حد برآورد نماید و به طور ساده‌تر توسط کاربر تفسیر شود [۸]. شکل ۲ فلوچارت روش پیشنهادی را ارائه می‌دهد.

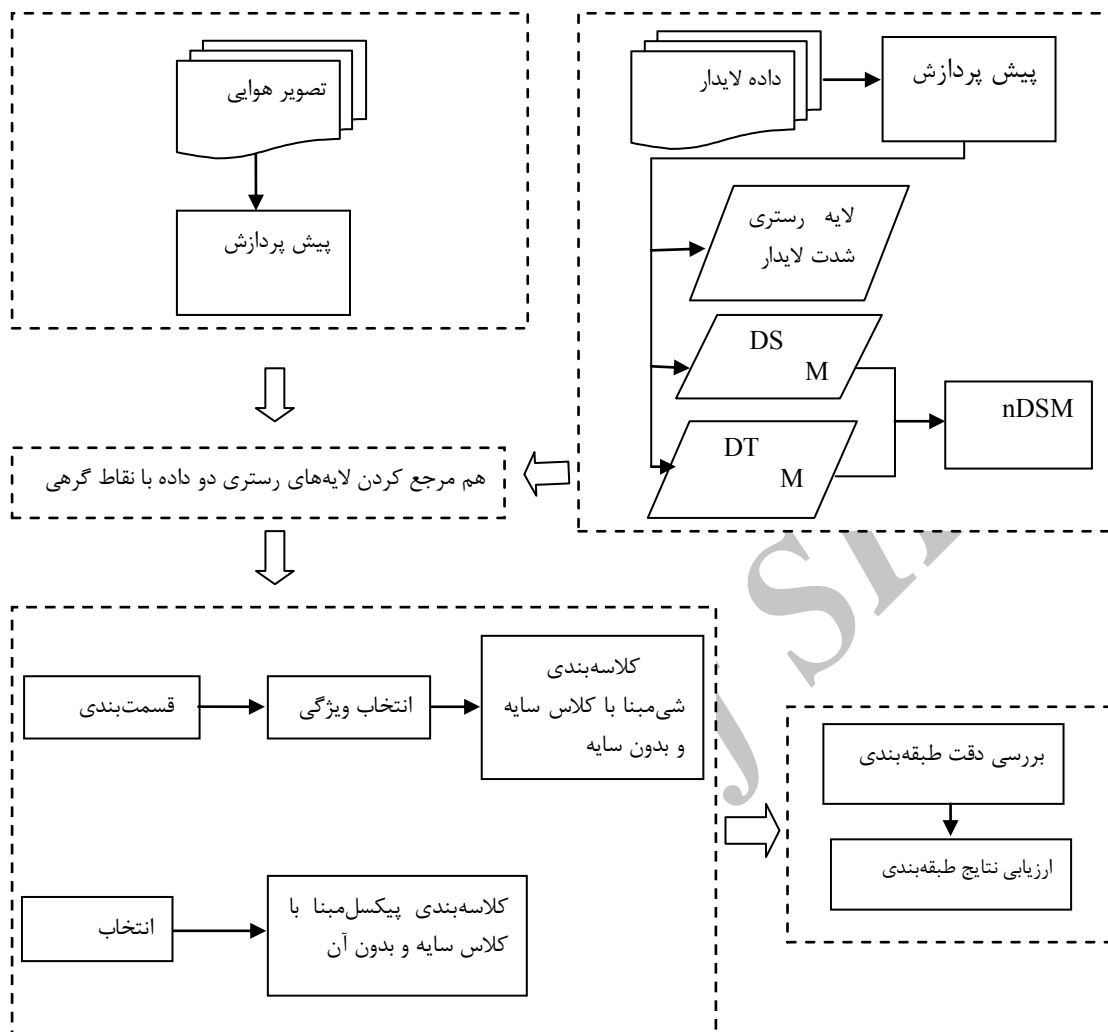
دسته نقاط زمینی و غیر زمینی کلاسه‌بندی شوند. در نهایت ابر نقاط زمینی و غیر زمینی برای تولید DSM و ابر نقاط زمینی جهت تهیه DTM با ابعاد پیکسلی تصویر هوایی رستری شدند تا در مرحله بعد از تفاضل آن‌ها nDSM تولید گردد. در کنار داده‌های ارتفاعی لایدار از شدت داده لایدار نیز می‌توان بهره برد که نشان‌دهنده تغییر شدت سیگنال ارسالی در اثر برخورد با اشیا مورد نظر است. این لایه اطلاعاتی حاوی مشخصات فیزیکی و هندسه اشیا است.

داده خام لایدار توسط نرم افزار BCAL فیلتر گردید و به دو دسته نقاط زمینی و غیر زمینی تفکیک شد. در نهایت از ابر نقاط سه بعدی لایدار با نقاط زمینی و غیرزمینی و نیز نقاط زمینی لایه رستری با ابعاد پیکسلی متناسب با تصویر هوایی یعنی ۹ سانتی‌متر جهت هم‌مرجع کردن تهیه می‌شود. نرم افزار BCAL براساس یک الگوریتم کلاسه‌بندی کننده شبکه‌مبنا عمل می‌کند. ابتدا نقطه با کمترین ارتفاع را در منطقه شناسایی می‌نماید، سپس این نقاط با ارتفاع پایین درونیابی می‌شوند که در طی آن سطح اولیه‌ای تولید می‌شود. در تکرارهای بعدی هر نقطه‌ای که روی صفحه تکرار قبلی و یا زیر آن قرار گیرد به عنوان نقاط زمینی کلاسه‌بندی می‌شود و در تکرارهای بعدی به عنوان نقاط صفحه درونیابی می‌گردد. تکرارها تا زمانی انجام می‌گیرد که هیچی سیگنال بازگشتی بدون کلاسه‌بندی زیر صفحه‌ای درونیابی شده شده قرار نگیرد. سایر نقاط بالای صفحه به عنوان نقاط زمینی کلاسه‌بندی می‌شوند [۲].

در آخرین مرحله از بخش پیش‌پردازش داده‌ها، باید دو داده هم‌مرجع شوند. برای تحقق این امر انتخاب نقاط با توزیع مناسب و تعداد کافی ضروری به نظر می‌رسد.

۳. طبقه‌بندی

طبقه‌بندی پروسه‌ای است که طی آن به پیکسل‌های تصاویر کلاس‌هایی تعلق می‌گیرد. تکنیک‌های کلاسه‌بندی می‌تواند بر روی تصاویر طیفی در یک تاریخ مشخص و یا داده‌های فراطیفی در تاریخ‌های متفاوت اعمال شود. پیچیدگی الگوریتم‌های کلاسه‌بندی می‌تواند از یک حد آستانه‌گذاری ساده برای یک باند طیفی تا قوانین تصمیم‌گیری پیچیده که بر روی داده‌های چند متغیره اعمال می‌شوند، گسترده شود [۶].



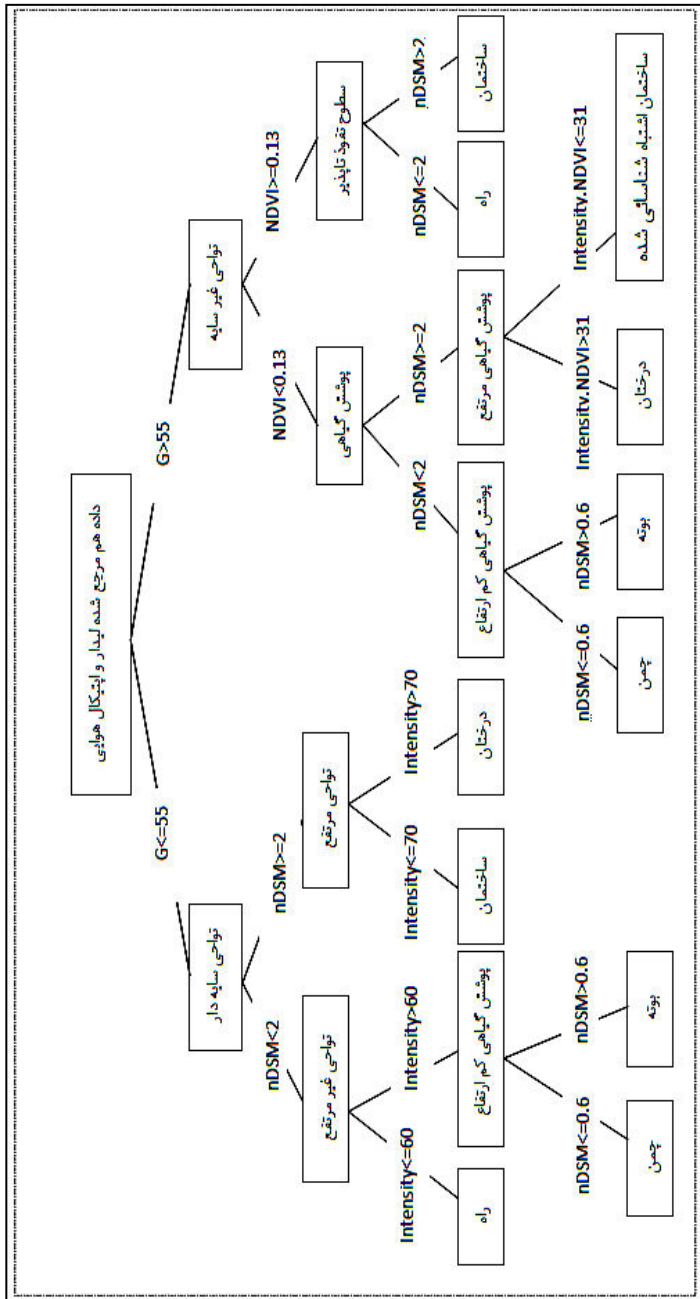
شکل ۲: فلوجارت روش پیشنهادی.

۴. انتخاب ویژگی

این بخش اهمیت فراوانی دارد چرا که نتیجه طبقه بندی را از نظر دقت و صحت کنترل می‌نماید. تعداد ویژگی‌های انتخاب شده باید بهینه باشد و اثر مفید خود را در کنار سایر ویژگی‌ها آشکار نماید. تعداد بالای ویژگی منجر به اختلال در امر کلاس‌بندی است و ممکن است دقت را کاهش دهد. ویژگی‌ها متناسب با شرایط خاص فیزیکی، هندسی و شرایط آنالیز انتخاب شدند.

روش کلاس‌بندی با کلاس سایه مشابه روش Zhou و Troy در سال ۲۰۰۸ [۹] است که جهت کلاس‌بندی کلاس‌های شهری با استفاده از آنالیز شی-مبنای داده لایدار و تصاویر هوایی در یک ناحیه سایه‌دار صورت گرفته است. در این مقاله توانایی لایدار در حل مشکل سایه با دو آنالیز پیکسل-مبنا و شی-مبنا نشان داده می‌شود. ابتدا نواحی سایه‌دار از نواحی بدون سایه تفکیک می‌شود.

از بررسی شاخص‌های شناسایی سایه نظیر Chen, NDWI, NDSI دریافتیم بهترین روش حدآستانه‌گذاری بر روی باند سبز است چرا که نیم‌سایه‌ها را نیز به خوبی نمایش می‌دهد. حدآستانه‌گذاری بر روی سایر باندها نظیر باند قرمز منجر به کلاس‌بندی اشتباه برخی قسمت‌های راه به عنوان کلاس سایه شد. شاخص Chen قسمتهایی از لبه ساختمان‌های بلند و ساختمان‌ها با سقف شیب‌دار را به عنوان نواحی سایه‌دار معرفی نمود. از طرفی دیگر راه‌هایی که در سایه مطلق‌اند مقدار زیر صفر از خود نشان می‌دهند اما نواحی چمن سایه‌دار مقادیر بالای صفر اما نزدیک به آن دارند از این رو تعیین یک حدآستانه واحد ممکن نیست و برخی عوارض اشتباه کلاس‌بندی شدند. شاخص NDSI نیز مشکل کلاس‌بندی نواحی ساختمانی در کلاس سایه را نشان داد.



شکل ۴: نمودار آنالیز پیکسل مبنا با کلاس سایه.

۵-۲. آنالیز شی مبنا

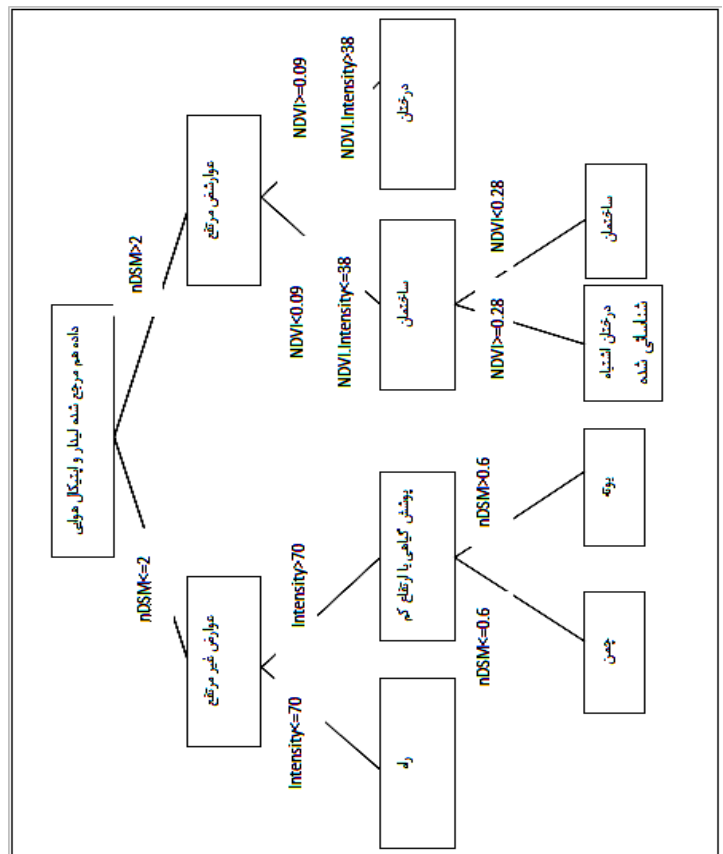
آنالیز شی مبنا در نرم افزار eCognition 8.7.0 اجرا گردید. یکی از گام‌های مهم آنالیز شی مبنا قسمت‌بندی است. در این مقاله از قسمت‌بندی چند مقیاسه استفاده شده است. پارامترهای این قسمت‌بندی شامل پارامتر مقیاس، پارامتر ناهمگنی طیفی یا شکلی و فشردگی یا نرمی می‌شود. انتخاب بهینه این پارامترها منجر به دسته‌بندی پیکسل‌های تصویری در قالب گروه‌های پیکسل یا اشیای تصویری می‌شود. پارامتر مقیاس، ناهمگنی طیفی، فشردگی به ترتیب برابر ۰/۷، ۰/۹ و ۰/۴ است. در این روش امکان انتساب وزن به لایه‌های ورودی نیز وجود دارد. برای

از بررسی شاخص NDWI دریافتیم برخی ساختمان‌ها با سقف شیب‌دار نادرست کلاسه‌بندی گردیدند. در روش حدآستانه‌گذاری باند سبز نیز برخی خودروهای تیره رنگ که مقدار درجه خاکستری‌شان بین ۴۱ تا ۴۳ است به اشتباه سایه در نظر گرفته شدند اما نمی‌توان حدآستانه را از این مقدار پایین‌تر آورد چرا که در این حالت برخی نواحی نیم‌سایه در نظر گرفته نخواهند شد. اعمال حدآستانه بر روی باند مادون قرمز نزدیک و قرمز نیم‌سایه -ها را در نظر نمی‌گیرد، با این وجود نتیجه اعمال آن بر روی باند قرمز بهتر از باند مادون قرمز است؛ زیرا اشیا در باند قرمز بازتاب بیشتری دارند. سایر شاخص‌های شناسایی سایه از باند آبی بهره می‌برند اما در این تحقیق تنها شاخص‌هایی مورد ارزیابی قرار گرفتند که از باند مادون قرمز نزدیک، قرمز و سبز استفاده می‌نمایند. برای مطالعه شاخص سایه به [۱۴] مراجعه شود.

۵. پیاده‌سازی روش طبقه‌بندی

۵-۱. آنالیز پیکسل مبنا

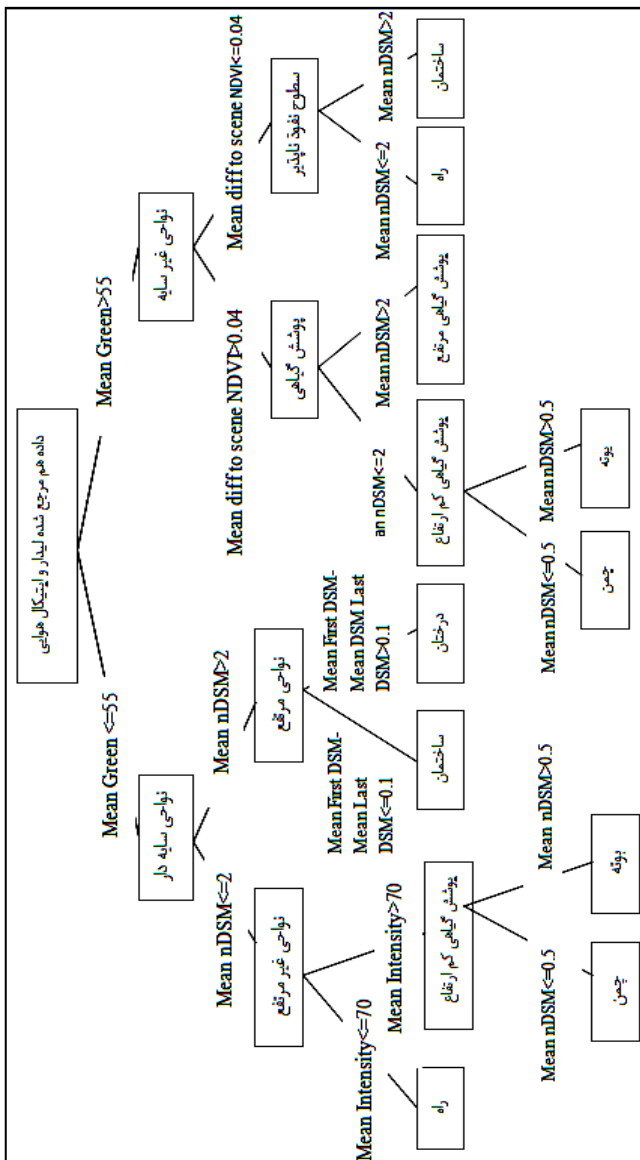
ویژگی‌ها مطابق شرایط فیزیکی و هندسی کلاس‌های مورد نظر انتخاب و اعمال شدند. آنالیز پیکسل مبنا در نرم‌افزار ENVI 5.0 اجرا شده است. شکل ۳ و ۴ نمودار کلاسه‌بندی درختی را نشان می‌دهد.



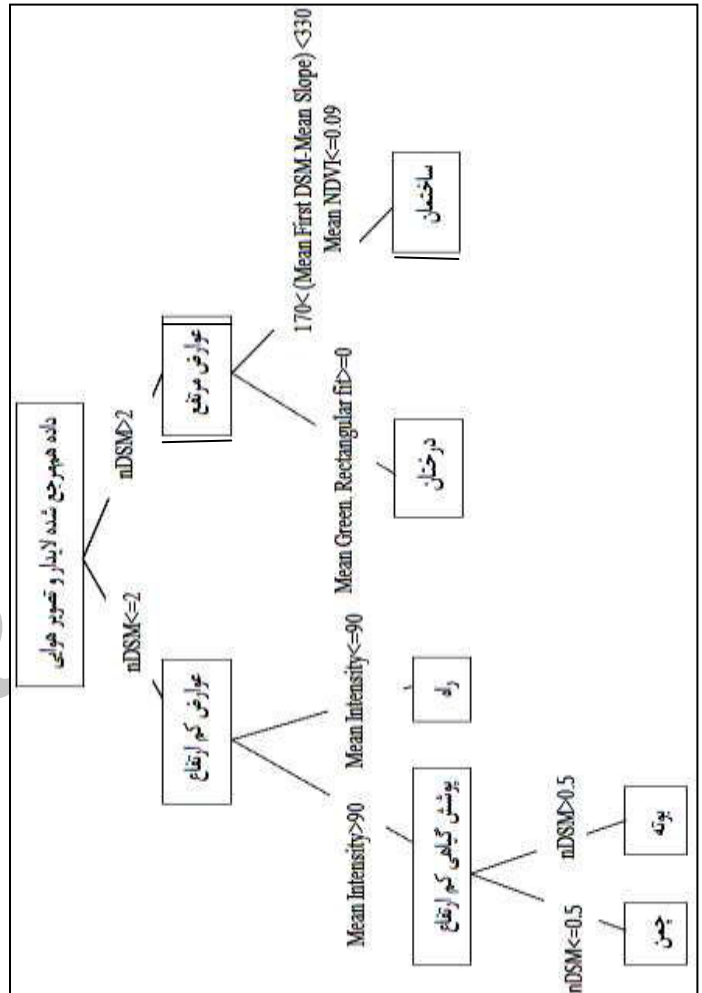
شکل ۳: نمودار آنالیز پیکسل مبنا بدون کلاس سایه.

در روش دوم آنالیز شی-مبنا سعی شده است از لایه های لایدار در شاخه اشیا ی کلاس سایه دار استفاده شود.

لایه nDSM بالاترین وزن یعنی ۳ در نظر گرفته شد. لایه شیب داده لایدار وزنی برابر ۲ دارد، به سایر لایه ها باند سبز، قرمز، مادون قرمز نزدیک، شدت لایدار و DSM اولیه و نهایی وزنی برابر ۱ اختصاص یافت. شکل ۵ و ۶ نمودار آنالیز شی-مبنا با روش بدون کلاس سایه و با کلاس سایه را نمایش می دهد.



شکل ۶: نمودار آنالیز شی-مبنا با کلاس سایه.



شکل ۵: نمودار آنالیز شی-مبنا بدون کلاس سایه.

تنها دو شرط پس پردازشی برای کلاس درختان مشابه روش اول در نظر گرفته شد. هیچ پس پردازشی برای کلاس ساختمان، راه و چمن و بوته انجام نگرفت. اعمال دو شرط پس پردازشی برای کلاس درختان دقت کلی کلاسه بندی را از ۰/۹۰ به ۰/۹۶ رساند. تعدادی از اشیا ی کلاس درختان با شرط تعیین شده شناسایی نشدند و به اشتباه در کلاس ساختمان قرار گرفتند. این امر به عدم نفوذ پالس لیزر ارسالی نهایی به ساختار درختان مربوط است. نمی توان این حدآستانه را بیش از این پایین آورد چرا که منجر به شناسایی اشتباه لبه پشت بام ساختمان ها به عنوان اشیا ی کلاس درختان می شود.

اشیا یی از کلاس ساختمان که میانگین باند سبزشان از ۴۱ کمتر باشد و میانگین تفاوت NDVI شان نسبت به کل منظر بزرگتر از ۰/۰۸۴ باشد به کلاس درختان منتقل می شوند. اشیا یی از کلاس ساختمان که به اشتباه در کلاس ساختمان قرار گرفته اند با شرط Mean First DSM - Mean Last DSM < 0.1 به کلاس درختان منتقل می شوند. در نهایت اشیا یی از کلاس بوته و چمن که مرز مشترک واقعی بزرگتر از ۰/۷۵ دارند به کلاس راه منسوب می شوند. این اشیا به اشتباه در کلاس چمن و بوته قرار گرفته اند.

۶ نتایج

جدول ۱ و ۲ نتایج آنالیز پیکسل مبنا و جدول ۳ و ۴ نتایج

آنالیز شی مبنا را نشان می دهد.

جدول ۱: ماتریس خطای آنالیز پیکسل مبنا بدون کلاس سایه.

| مجموع | داده واقعیت زمینی | | | | | ماتریس خطای آنالیز پیکسل مبنا بدون کلاس سایه | |
|--|-------------------|--------|--------|--------|---------|--|--|
| | سطوح نفوذناپذیر | درختان | بوته | چمن | ساختمان | نتایج کلاسه بندی | |
| ۲۳۱۷۹۶ | ۵۱۰ | ۱۷۷۲۳ | ۴۸ | ۴۳۹ | ۲۱۳۰۷۶ | ساختمان | |
| ۹۰۰۸۳ | ۱۴۹۷۲ | ۳۶۳ | ۲۸۴۹ | ۷۱۸۱۳ | ۸۶ | چمن | |
| ۱۵۱۹۸ | ۲۹۲۰ | ۸۱۱ | ۱۰۵۹۴ | ۸۷۳ | ۰ | بوته | |
| ۴۹۵۳۲ | ۰ | ۴۸۸۳۱ | ۲۸۱ | ۲۸۰ | ۱۴۱ | درختان | |
| ۱۴۵۸۱۵ | ۱۴۴۳۰۲ | ۱۲۱ | ۲۲۳ | ۵۲ | ۱۱۱۷ | سطوح نفوذناپذیر | |
| | ۱۶۲۷۰۴ | ۶۷۸۴۹ | ۱۳۹۹۵ | ۷۳۴۵۷ | ۲۱۴۴۲۰ | مجموع | |
| | ۰/۸۸۶۸ | ۰/۷۱۹۱ | ۰/۷۵۷۰ | ۰/۹۷۷۶ | ۰/۹۹۴ | دقت تولیدکننده | |
| | ۰/۱۱۳۲ | ۰/۲۸۰۹ | ۰/۲۴۳۰ | ۰/۰۲۲۴ | ۰/۰۶ | خطای Omission | |
| | ۰/۹۸۹۶ | ۰/۹۸۵۸ | ۰/۶۹۷۱ | ۰/۶۹۷۱ | ۰/۹۱۹۲ | دقت کاربر | |
| | ۰/۰۱۰۴ | ۰/۰۱۴۲ | ۰/۳۰۲۹ | ۰/۳۰۲۹ | ۰/۰۸۰۸ | خطای Commission | |
| دقت کلی = ۰/۹۱ و ضریب کاپای کلی = ۰/۸۸ | | | | | | | |

جدول ۲: ماتریس خطای آنالیز پیکسل مبنا با کلاس سایه.

| مجموع | داده واقعیت زمینی | | | | | ماتریس خطای آنالیز پیکسل مبنا با کلاس سایه | |
|--|-------------------|--------|--------|--------|---------|--|--|
| | سطوح نفوذناپذیر | درختان | بوته | چمن | ساختمان | نتایج کلاسه بندی | |
| ۲۹۵۷۰ | ۱۶۵ | ۱۱۶۵۰ | ۸۳ | ۰ | ۱۷۶۷۲ | ساختمان | |
| ۴۲۱۴۴ | ۱۲۴۹ | ۱۴۳ | ۱۳۷۱ | ۳۹۳۶۸ | ۱۳ | چمن | |
| ۸۱۰۶ | ۴۲۰ | ۳۱۸ | ۶۸۲۵ | ۵۴۳ | ۰ | بوته | |
| ۵۹۸۳۷ | ۲۰ | ۴۸۶۸۹ | ۱۳۰۵ | ۱۶۴ | ۹۶۵۹ | درختان | |
| ۱۱۷۴۹۵ | ۱۱۶۷۳۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۷۶۴ | سطوح نفوذناپذیر | |
| | ۱۱۸۵۸۵ | ۶۰۸۰۰ | ۹۵۸۴ | ۴۰۰۷۵ | ۲۸۱۰۸ | مجموع | |
| | ۰/۹۸۴۳ | ۰/۸۰ | ۰/۷۱۲۱ | ۰/۹۸۲۳ | ۰/۶۲۷۸ | دقت تولیدکننده | |
| | ۰/۰۱۵۷ | ۰/۲۰ | ۰/۲۸۷۹ | ۰/۰۱۷۷ | ۰/۳۷۱۳ | خطای Omission | |
| | ۰/۹۹۳۵ | ۰/۸۱۳۷ | ۰/۸۴۲۰ | ۰/۹۳۴۱ | ۰/۵۹۷۶ | دقت کاربر | |
| | ۰/۰۰۶۵ | ۰/۱۸۶۳ | ۰/۱۵۸۰ | ۰/۰۶۵۹ | ۰/۴۰۲۴ | خطای Commission | |
| دقت کلی = ۰/۸۹۱۶ و ضریب کاپای کلی = ۰/۸۴ | | | | | | | |

جدول ۴: ماتریس خطای آنالیز شی-مبنا با در نظر گرفتن کلاس سایه.

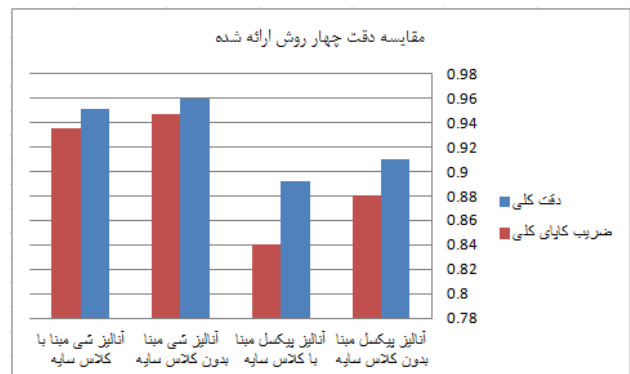
| مجموع | داده واقعیت زمینی | | | | | ماتریس خطای آنالیز شی-مبنا با کلاس سایه | |
|-----------------|-------------------|-----------------|--------|--------|---------------------------|---|------------------|
| | چمن | سطوح نفوذناپذیر | بوته | درختان | ساختمان | نتایج کلاسه بندی | |
| ۱۶۹۹۶۸ | ۰ | ۶۰۱ | ۰ | ۷۹۹ | ۱۶۸۵۶۸ | ساختمان | نتایج کلاسه بندی |
| ۱۲۰۶۲۷ | ۰ | ۰ | ۷۷۳ | ۱۱۱۵۸۱ | ۸۲۷۳ | درختان | |
| ۳۲۴۵۴ | ۹۵۸۳ | ۷۷۴ | ۲۱۶۶۲ | ۴۳۳ | ۲ | بوته | |
| ۱۲۱۷۲۸ | ۱۰ | ۱۲۰۱۸۰ | ۰ | ۰ | ۱۵۳۸ | سطوح نفوذناپذیر | |
| ۸۸۶۷۴ | ۸۵۳۲۶ | ۰ | ۱۳۹۹ | ۰ | ۱۹۴۹ | چمن | |
| | ۹۴۹۱۹ | ۱۲۱۵۵۵ | ۲۳۸۳۴ | ۱۱۲۸۱۳ | ۱۸۰۳۳۰ | مجموع | نتایج کلاسه بندی |
| | ۰/۸۹۸۹ | ۰/۹۸۸۶ | ۰/۹۰۸۸ | ۰/۹۸۹۰ | ۰/۹۳۴۷ | دقت تولیدکننده | |
| | ۰/۹۶۲۲ | ۰/۹۸۷۲ | ۰/۶۶۷۴ | ۰/۹۲۵۰ | ۰/۹۹۱۷ | دقت کاربر | |
| | ۰/۸۷۸۷ | ۰/۹۸۵۳ | ۰/۹۰۲۹ | ۰/۹۸۵۸ | ۰/۹۰۴۲ | ضریب کاپای کلاسی | |
| دقت کلی = ۰/۹۵۱ | | | | | و ضریب کاپای کلی = ۰/۹۳۵۵ | | |

جدول ۳: ماتریس خطای آنالیز شی-مبنا بدون کلاس سایه.

| مجموع | داده واقعیت زمینی | | | | | ماتریس خطای آنالیز شی-مبنا بدون کلاس سایه | |
|----------------|-------------------|-----------------|--------|--------|---------------------------|---|------------------|
| | چمن | سطوح نفوذناپذیر | بوته | درختان | ساختمان | نتایج کلاسه بندی | |
| ۱۷۵۷۷۸ | ۰ | ۶۰۱ | ۰ | ۷۹۹ | ۱۷۴۳۷۸ | ساختمان | نتایج کلاسه بندی |
| ۱۱۴۸۱۷ | ۰ | ۰ | ۷۷۳ | ۱۱۱۵۸۱ | ۲۴۶۳ | درختان | |
| ۳۱۹۸۷ | ۹۵۸۴ | ۱۰۹۷ | ۲۰۸۷۳ | ۴۳۳ | ۰ | بوته | |
| ۱۲۱۶۰۷ | ۰ | ۱۱۹۸۵۱ | ۱۲۹۵ | ۰ | ۴۶۱ | سطوح نفوذناپذیر | |
| ۸۹۲۶۲ | ۸۵۳۳۵ | ۶ | ۸۹۳ | ۰ | ۳۰۲۸ | چمن | |
| | ۹۴۹۱۹ | ۱۲۱۵۵۵ | ۲۳۸۳۴ | ۱۱۲۸۱۳ | ۱۸۰۳۳۰ | مجموع | نتایج کلاسه بندی |
| | ۰/۸۹۹۰ | ۰/۹۸۵۹ | ۰/۸۷۷۵ | ۰/۹۸۹۰ | ۰/۹۶۶۹ | دقت تولیدکننده | |
| | ۰/۹۵۶۰ | ۰/۹۸۵۵ | ۰/۶۵۲۵ | ۰/۹۷۱۸ | ۰/۹۹۲۰ | دقت کاربر | |
| | ۰/۸۷۸۷ | ۰/۹۸۱۸ | ۰/۸۶۷۸ | ۰/۹۸۶۰ | ۰/۹۵۱ | ضریب کاپای کلاسی | |
| دقت کلی = ۰/۹۶ | | | | | و ضریب کاپای کلی = ۰/۹۴۷۰ | | |

۷. تفسیر نتایج

همان‌طور که می‌دانیم دقت کلاسه‌بندی در روش شی‌مبنا بیشتر از روش پیکسل‌مبناست دلایل این امر در بخش ۳-۱-۲ آورده شده‌است. شکل ۷ این امر را به خوبی نشان می‌دهد.



شکل ۷: مقایسه دقت کلاسه‌بندی روش‌های ارائه شده.

بصری کاربر انتخاب شده انتخاب شده از این رو امکان وجود خطا در این مرحله نیز وجود دارد.

کلاس سطوح نفوذناپذیر (خیابان و پیاده رو) در آنالیز شی-مبنا با روش بدون سایه دقت کاربر ۰/۹۸۷۲ را داراست. این امر بدان معناست که تعداد اشیای کلاسه‌بندی شده با احتمال بالاتری به کلاس صحیح نسبت داده شده‌اند. در روش با کلاس سایه از داده ارتفاعی هم جهت شناسایی کلاس راه استفاده شده- است. با به کارگیری از این ویژگی تعدادی از خودروها که در واقع باید در کلاس راه قرار گیرند اما به روش بدون کلاس سایه به عنوان بوته شناسایی شده‌اند حداقل می‌شود. در آنالیز پیکسل‌مبنا نیز تعدادی زیادی از پیکسل‌های راه به عنوان چمن کلاسه‌بندی شده‌اند اما با تغییر حدآستانه شدت لایدار میزان خطا بیشتر می‌شود. دقت تولید کننده برای دو روش آنالیز شی-مبنا یکی است که از دقت تولیدکننده آنالیز پیکسل‌مبنا کمتر هستند. با این وجود تعداد اشیایی از کلاس چمن که به درستی به این کلاس نسبت داده شده‌اند در روش با کلاس سایه بالاترین مقدار یعنی ۰/۹۶۲۲ را داراست. در آنالیز پیکسل‌مبنا روش با کلاس سایه بهتر عمل نموده است. علت کلاسه‌بندی اشتباه چمن به عنوان ساختمان را می‌توان به خطای ناشی از تهیه بلوک تصویری و حذف جابجایی ارتفاعی از تصاویر منسوب دانست.

۸. نتیجه‌گیری

دقت روش شی‌مبنا در هر دو روش بالاتر از روش پیکسل-مبناست. در آنالیز شی‌مبنا دقت کلی هر دو روش به هم نزدیک است، اما روش با کلاس سایه به اندازه ۰/۰۰۹ بهتر عمل نمود. روش پیکسل‌مبنا بدون کلاس سایه با ۰/۹۱ بالاترین دقت را در آنالیز پیکسل‌مبنا فراهم نمود. در نهایت می‌توان گفت داده لایدار نقش بسیار مهمی در شناسایی کلاس‌های شهری در یک ناحیه متراکم و پیچیده دارد. آنالیز شی‌مبنا در مقایسه با آنالیز پیکسل-مبنا قدرت بالایی در شناسایی و کلاسه‌بندی دارد و روش بدون کلاس سایه نیز به خوبی با تعداد کم پردازش نتیجه مناسبی فراهم نموده‌است. این امر نشان‌دهنده قدرت لایه‌های مختلف لایدار در حل مشکل سایه در نواحی شهری است.

۹. پیشنهادات

پیشنهاد می‌شود جهت انتخاب ویژگی‌های بهینه از روش‌های هوشمند بهینه‌سازی مانند الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی استفاده شود. بهره‌گیری از خصوصیت بافت نیز در شناسایی

ویژگی‌ها و ساختار درختی در آنالیز پیکسل‌مبنا برای روش بدون کلاس سایه قوی‌تر از روش با کلاس سایه است. در رابطه با آنالیز شی‌مبنا هر دو روش به خوبی عمل کرده‌اند اما دقت روش با کلاس سایه به اندازه ۰/۰۰۹ بهتر از روش بدون کلاس سایه است. این میزان تفاوت ممکن است، از نظر کمی کوچک به نظر برسد اما تاثیر خود را در شناسایی دقیق‌تر کلاس ساختمان با استفاده از آنالیز پیکسل‌مبنا بدون کلاس سایه نشان می‌دهد. کلاس ساختمان و درختان در آنالیز شی‌مبنا و پیکسل‌مبنا بدون کلاس سایه بالاترین دقت کاربر و تولید کننده را داراست. این امر نشانگر عملکرد خوب ویژگی‌ها و توانایی داده لایدار در حل مشکل سایه است. کلاس بوته در هیچ یک از روش‌ها به دقت بالاتر از ۰/۹۰ نرسید این امر را می‌توان به ضعف ویژگی‌ها منتسب دانست چرا که بالاترین دقت تولیدکننده مربوط به روش با کلاس سایه در آنالیز شی‌مبنا با مقدار ۰/۹۰ است. دقت کاربر در آنالیز پیکسل‌مبنا با کلاس سایه بالاترین مقدار یعنی ۰/۸۴ است. بنظر می‌رسد روش سایه در هر دو آنالیز بهتر عمل کرده- است. فرآیند تولید nDSM اندکی با خطا مواجه است. الگوریتم فیلترگذاری تعدادی از نقاط غیرزمینی مانند پوشش گیاهی کم ارتفاع را به عنوان نقاط زمینی برچسب‌دهی نموده‌است این امر شناسایی بوته‌ها و تمایز آن‌ها را از کلاس چمن با خطا همراه می‌نماید. روش سایه در کنار اطلاعات ارتفاعی از داده شدت لایدار نیز بهره برده‌است این امر احتمال خطا در nDSM را جبران می‌نماید. از طرفی داده واقعیت زمینی توسط تفسیر

[۱۳] نیکفال. م و ف. صمدزادگان، تعیین تغییرات ساختمان‌ها در مناطق شهری بر مبنای به کارگیری هم‌زمان از تصاویر با قدرت تفکیک بالای ماهواره‌ای و نقشه‌های رقومی، دانشکده فنی، گروه مهندسی نقشه برداری و ژئوماتیک، تهران ۱۳۸۶.

[۱۴] جانعلی‌پور. م، ع.محمدزاده، م.ج ولدان زوج، ارائه یک اندکس جدید جهت تشخیص سایه در مناطق شهری، بیستمین همایش ژئوماتیک، ۱۳۹۲.

درختان از ساختمان و بوته از چمن مورد بررسی قرار گیرد.

۱۰. سپاسگزاری

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق توسط جامعه فتوگرامتری، سنجش از دور و ژئوانفورماتیک کشور آلمان در اختیار مؤلفین قرار گرفته است.

علائم اختصاری

ALS: Airbone Laser Scanner
 DEM: Digital Elevation Model
 DSM: Digital Surface Model
 DTM: Digital Terrain Model
 LiDAR: Light Detection and Ranging
 NDVI: Normalized Difference Vegetation Index
 nDSM: Normalized Digital Surface Model
 NDWI: Normalized difference Water Index
 NDSI: Normalized Difference Snow Index.

منابع

- [1] Korting, Thales Sehn, 2010, A tool box intedrating data mining with object-based and multi temporal analysis of satellite remotely sensed imagery in Remote sensing, Brazil: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- [2] Tinkham, T; Huang, H; Smith, A; Shrestha, R; Falkowski, M; Hudak, A; Link, T; Glenn, N and Marks, D, 2011, A Comparison of Two Open Source LiDAR Surface Classification Algorithms. remote Sensing.
- [3] Rottensteiner; F; Sohn, G; Gerke, M; Wegner, J; Breitkopf, U and Jung, J, 2014, Results of the ISPRS benchmark on urban object detection and 3D building reconstruction, ISPRS.
- [4] Niemeyer, J; Rottensteiner, F; Soergel, U, 2014, Contextual classification of lidar data and building object detection in urban areas, ISPRS.
- [5] Khoshelham, K; Nardinocchi, C; Frontoni, E; Mancini, A and Zingaretti, P, 2010, Performance evaluation of automated approaches to building detection in multi-source aerial data. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing.
- [6] Hay, G and Castilla, G, 2006, object-based image analysis: strengths, weakness, opportunities and threats(SWOT). The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science.
- [7] ecognition refrence book.
- [8] ENVI help.
- [9] Zhou, W; Huang, G; Troy, A and Cadenasso, M, 2009, Object-based land cover classification of shaded areas in high spatial resolution imagery of urban areas: A comparison study. Remote Sensing of Environment.

[۱۰] اخطاری. ن، ولدان زوج. م.ج. و. صاحبی.م، استخراج نیمه اتوماتیک ساختمان با ادغام تصویر با حد تشخیص بالا و داده لایدار، دانشکده مهندسی ژئوماتیک و ژئودزی، خواجه نصیرالدین طوسی. ۲۰۰۸.

[۱۱] انصاری. ی، محمدزاده. ع و صاحبی. م، شناسایی اتوماتیک عارضه ساختمان با تلفیق داده لیدار و تصویر هوایی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در سطح پیکسل پایه و شی-مبنا، همایش ژئوماتیک. ۱۳۹۱: تهران.

[۱۲] بشارت. ا، محمدزاده. ع و ح. عابدی، بهبود طبقه‌بندی داده‌های لایدار با استفاده از مفاهیم هندسی و منطق فازی، دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی. ۱۳۹۰.