نشریه علمی- پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره چهارم، شماره ۲، آبان ماه ۱۳۹۳

مقایسه و ارزیابی روش‌های مختلف کلاسه‌بندی مبتنی بر آنالیز شی‌مبنا جهت شناسایی عوارض شهری از داده‌های لایدار و اپتیک

فرزانه عابدی[۱]، علی محمدزاده*[۲]، مهدی مختارزاده[۲]، محمدجواد ولدان زوج[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور- دانشکده مهندسی نقشه برداری– دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
farzaneh.abedi7@gmail.com

[۲]استادیار گروه سنجش از دور و فتوگرامتری- دانشکده مهندسی نقشه برداری– دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
almoh2@gmail.com
m_mokhtarzade@kntu.ac.ir

[۳]دانشیار گروه سنجش از دور و فتوگرامتری- دانشکده مهندسی نقشه برداری– دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
valadanzouj@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت دی ۱۳۹۲، تاریخ تصویب شهریور۱۳۹۳)

چکیده

شناسایی عوارض شهری در سال‌های اخیر به دلیل رشد شهرنشینی و گسترش دامنه شهرها اهمیت بالایی یافته است. کشف عوارض شهری و طبقه‌بندی آن‌ها در لایه‌های مختلف اطلاعاتی جهت ایجاد، تکمیل و به‌روز رسانی پایگاه داده اطلاعات شهری مورد تحقیق بسیاری از دانشمندان بوده است. هدف از این تحقیق مقایسه و ارزیابی روش‌های مختلف کلاسه‌بندی مبتنی بر آنالیز شی‌مبنا جهت شناسایی عوارض شهری از داده‌های لایدار و اپتیک است. این تحقیق سه فاز اصلی را در بر می‌گیرد. در فاز اول تصویر هوایی با مقیاس بالا و داده لایدار پیش‌پردازش می‌شوند تا برای ورود به الگوریتم آماده گردند. در این مرحله داده‌های مذکور با هم از نظر مکانی هم‌مرجع می‌شوند. در فاز دوم سطوح مختلف قسمت‌بندی درختی ایجاد می‌شوند. با اتخاذ این استراتژی در هر سطح کلاس‌های مورد نظر تحقیق شناسایی می‌شوند، به این طریق طبقه‌بندی با انسجام بیشتری صورت می‌گیرد. انتخاب پارامترهای مناسب قسمت‌بندی چند رزولوشنه و اعمال وزن به لایه‌های ورودی در هر سه سطح دنبال می‌شود. انتخاب این پارامترها به صورت سعی و خطاست که از طریق ارزیابی بصری نتایج حاصل از قسمت‌بندی انجام می‌گیرد. بعد از تولید اشیا باید ویژگی‌های مناسب جهت انجام کلاسه‌بندی شی‌مبنا در هر سطح با سه روش حد آستانه گذاری، نزدیک‌ترین همسایه و تابع تعلق معرفی شوند. انتخاب ویژگی مرحله‌ای حساس و مهم است چرا که دقت نتایج کلاسه‌بندی را کنترل می‌نماید. فاز سوم شامل ارزیابی و تفسیر نتایج هر سطح سلسله مراتب برای هر روش کلاسه‌بندی است. با ارزیابی نتایج مشخص گردید. دقت کلی روش نزدیک‌ترین همسایه در سطح اول برابر ۰/۹۹ است که در میان سه روش اجرا شده بالاترین دقت کلی را داراست. در سطح دوم دقت کلی روش نزدیک ترین همسایه با ۰/۹۸۵ بیشترین مقدار است. در سطح سوم دقت کلاسه‌بندی با روش تابع تعلق و حدآستانه گذاری برابر ۰/۸۴۱ است.

واژگان کلیدی : کلاسه‌بندی سلسله‌مراتبی، قسمت‌بندی سلسله‌مراتبی، آنالیز شی‌مبنا، داده لایدار و اپتیک، عوارض شهری

* نویسنده رابط

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

شناسایی عوارض شهری در سال‌های اخیر به دلیل رشد شهرنشینی و گسترش دامنه شهرها اهمیت بالایی یافته است. شناسایی ساختمان‌ها به عنوان مهم‌ترین عارضه شهری جهت پیشبرد سیاست‌های توسعه شهری، برنامه‌ریزی و طراحی شهری، آمادگی در برابر خطرات بلایای طبیعی نظیر سیل و زلزله و یا حوادث غیرمترقبه نظیر آتش‌سوزی مورد تحقیق بسیاری از دانشمندان بوده است. با داشتن پایگاه داده‌ای به‌روز و قابل‌اعتماد تامین آسایش برای شهروندان بیش از پیش فراهم می‌شود؛ اما رسیدن به چنین هدفی با دشواری همراه است چرا که منظر شهری پیچیده و متراکم است. بسیاری از اشیای غیر ساختمانی خصوصیات هندسی و طیفی مشابه عارضه ساختمان دارند، علاوه بر آن داده فراهم شده جهت انجام چنین پروژه‌هایی کنتراست[۱] و رزولوشن بالایی ندارند و وجود سایه و زاویه نامناسب سنجنده نسبت به منظر مشکلاتی را فراهم می‌آورد. از سوی دیگر هر سنجنده مزایا و محدودیت‌هایی را برای تحقق یک پروژه خاص دارد که به پروژه دیگر قابل تعمیم نیست.

به کارگیری تصاویر با رزولوشن بالا منجر به افزایش اطلاعات از عوارض زمینی می‌شود اما جهت شناسایی عوارضی که خصوصیات طیفی و بافتی مشابهی دارند با مشکل مواجه است. داده لایدار به طور سریع و متراکم اطلاعات سه بعدی از عوارض سطح زمین فراهم می‌نماید. با این وجود توانایی لایدار در نواحی پیچیده شهری که ساختمان‌ها با درختان بلند احاطه شده‌اند، محدود می‌شود.

محدودیت‌های مربوط به تصاویر با رزولوشن بالا و داده لایدار انگیزه‌ای را برای ادغام اطلاعات مکانی و معنایی جهت کلاسه بندی، جداسازی عوارض مختلف و به روز رسانی پایگاه داده مکانی به طور کارا فراهم می‌نمایند[۱].

روش سلسله‌مراتبی یا درخت تصمیم‌گیری یکی از انواع روش‌های طبقه‌بندی می‌باشد. در این روش‌ها با به کارگیری از دانش کاربر خبره و پایگاه اطلاعاتی روند سلسله‌مراتب تعیین و پیاده‌سازی می‌شود. استفاده از دانش خبره منجر به هدایت دقیق‌تر سیستم به سمت کلاسه‌بندی و مشخص نمودن پتانسیل بالای سنجش از دور در زمینه کلاسه‌بندی و تولید پایگاه اطلاعاتی می‌گردد. از سوی دیگر امکان وارد کردن اطلاعات جانبی، به کارگیری از عناصر مکانی تفسیر تصویر (شکل، بافت و زمینه) تنها در روش شی‌مبنا وجود دارد. در این تحقیق سعی شده است مزایای روش شی‌مبنا در برابر روش پیکسل‌مبنا با به کارگیری از باندهای تصویر طیفی و لایه های رستری شده لایدار مشخص شود.

Zhou و Troy در سال ۲۰۰۸ [۲] روشی شی‌مبنا برای آنالیز و تعیین خصوصیات ساختار منظر شهری در سطح پارسل با استفاده از تصاویر با رزولوشن بالای هوایی و داده لایدار ارائه دادند. پایگاه داده مکانی دیگری شامل خصوصیات مرز پارسل‌ها و پای ساختمان‌ها برای تسهیل قسمت‌بندی و به دست آوردن دقت بالاتر کلاسه‌بندی مورد استفاده قرار گرفتند. نقطه قوت این بررسی توانایی داده لایدار در متمایز ساختن کلاس درختان و بوته و استفاده از پایگاه داده کمکی جهت تمایز راه از پیاده‌رو است.

Chen و همکاران در سال ۲۰۰۹ [۳] یک روش کلاسه‌بندی شی‌مبنای سلسله‌مراتبی در یک منطقه شهری ارائه دادند. با ادغام تصاویر QuickBird و لایدار نه کلاس کاربری استخراج شد. ورودی این روش سه مجموعه داده می‌باشد که از پیش‌پردازش داده‌های خام تولید شدند. در این روش قسمت‌بندی تنها روی داده لایدار انجام می‌شود و برای حذف پوشش گیاهی از ماسک NDVI استفاده گردید. استفاده از داده لایدار مشکل شباهت‌های طیفی را در کلاسه‌بندی حل می‌نماید.

Guo و همکاران در سال ۲۰۱۱ [۴] روشی ارائه دادند که در آن با تلفیق داده لایدار هوایی و تصویر هوایی چند طیفی ساختمان‌ها شناسایی شدند. ویژگی موج کامل[۲] و بازگشت‌های چندگانه[۳] لایدار نیز به عنوان ورودی‌های الگوریتم جنگل‌های تصادفی[۴] هستند. الگوریتم جنگل‌های تصادفی در برخورد با ویژگی‌های طیفی تولید شده براساس باندهای سبز، قرمز و آبی قابلیت اعتماد پایین‌تری از خود نشان می‌دهد این امر در نواحی سایه‌دار مشهودتر است. بازگشت‌های چندگانه لایدار برای شناسایی ساختمان‌ها و سایر عوارض مصنوعی زمینی مناسب است اما برای عوارض طبیعی زمینی مناسب نیست.

---

۱ Contrast

۲ Full wave

۳ Multiple Returns

٤ Random Forests

Archive of SID
www.SID.ir

Singh و همکاران در سال ۲۰۱۲ [۵] با تلفیق داده لایدار و Landsat سعی در کلاسه‌بندی عوارض شهری با کلاسه‌بندی کننده ماکزیمم احتمال[۱] و درخت تصمیم‌گیری[۲] داشته‌اند. این تحقیق بررسی بسیار خوبی از تاثیر داده ارتفاعی و شدت لایدار در کلاسه‌بندی زمین‌های مزروعی، جنگل و نواحی کاشته شده ارائه می‌دهد (در شناسایی پوشش گیاهی موفق عمل می‌کند.).

بشارت و همکاران در سال ۱۳۹۰[۸] براساس ساختاری سلسله‌مراتبی مبتنی بر آنالیز شی‌مبنا در منطقه شهری اقدام به کلاسه‌بندی عوارض شهری با لایه های رستری شده لایدار نمودند. روش به کاررفته در این تحقیق قانون-مبناست و در مورد عوارض کلاسه‌بندی نشده از روش کلاسه‌بندی نزدیک‌ترین همسایه فازی استفاده گردید. دقت کلی برای ۷ و ۸ کلاس شهری به ترتیب ۹۴ و ۰/۸۳ است. آن‌ها دریافتند روش‌های رستری در مقایسه با روش‌های بردارمبنا بر روی داده لایدار نتایج بهتری فراهم می‌آورند. همچنین پتانسیل کلاسه‌بندی بهتر با تلفیق داده طیفی و لایدار در سطح تصمیم‌گیری وجود دارد.

انصاری و همکاران در سال ۱۳۹۱[۹] 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 کلاسه بندی MD[۳]، SVM، ANN[۴] مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان می‌دهد روش SVM در هر دو سطح پیکسل و شی دقت بالایی را نشان می‌دهد. دقت روش پیکسل‌مبنا بیشتر از روش شی‌مبناست که ضعف عملکرد روش شی‌مبنا ناشی از الگوریتم قسمت‌بندی است که فقط از فضای طیفی استفاده می‌نماید. 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 شود.

۱ Maximum Likelihood
۲ Decision Tree
۳ Minimum Distance
٤ Artificial Neural Network

منطقه شهری، منطقه‌ای با سطح جزییات بالاست. نرخ تغییرات عوارض در یک مساحت کوچک زیاد است. از طرفی عوارض مختلف ممکن است از یک جنس باشند از این رو شناسایی آن‌ها با یک سنجنده امکان‌پذیر نیست. لذا استفاده از داده‌های چندگانه با توجه به تحقیقات انجام شده مفید است. در صورتی که این داده‌ها تفاوت زمانی بالایی نداشته باشند می توانند در کنار هم محدودیت‌های یکدیگر را پوشش داده و نتایج کلاسه‌بندی را بهبود بخشند.

در این تحقیق سعی شده‌است از مزایای آنالیز شی‌مبنا در کنار قسمت‌بندی و طبقه‌بندی درختی داده لایدار و تصاویر طیفی استفاده شود. در تحقیقات پیشین با در نظر گرفتن یک سطح قسمت‌بندی اشیای تصویری تولید می-شود و کلاسه‌بندی در همان یک سطح پیگیری می‌گردد. با این روند مقیاس برای همه عوارض بهینه نخواهد بود. در این بررسی سه سطح قسمت‌بندی متناسب با عوارض مورد نظر در هر سطح در نظر گرفته شد. در بیشتر تحقیقاتی که از داده لایدار و تصاویر طیفی به طور همزمان بهره برده‌اند تنها از NDVI جهت حذف پوشش گیاهی و شناسایی ساختمان استفاده شده است. در این تحقیق باندهای طیفی در قسمت‌بندی وزن‌دهی می‌شوند و از طرف دیگر در تولید ویژگی‌های ترکیبی در فرآیند طبقه-بندی به کار می‌روند. استفاده از لایه شیب و جهت شیب داده لایدار از دیگر ویژگی‌های این بررسی است. در این بررسی پنج کلاس شهری ساختمان، درختان، بوته، چمن، راه و خودرو در سه روش حد آستانه‌گذاری، نزدیک‌ترین همسایه و نزدیک‌ترین همسایه فازی شناسایی می‌شوند.

۲- روش پیشنهادی

۲-۱- پیش‌پردازش

داده ورودی شامل داده تصویر هوایی با رزولوشن مکانی بالا و داده لایدار می‌باشد. پیش‌پردازش و آماده‌سازی داده جهت ورود به الگوریتم بر هرکدام از دو دسته داده باید اعمال گردد. تصحیحات هندسی و رادیومتریکی بر روی داده تصویری و حذف نویز بر روی داده لایدار انجام گرفته‌است و سپس در اختیار پروژه قرار گرفته‌اند. در این بخش تنها فیلترگذاری بر روی داده لایدار جهت تولید لایه رستری nDSM انجام گرفت. در آخرین گام از این فاز عملیاتی لایه-

Archive of SID
www.SID.ir

های رستری لایدار و تصویرهوایی با انتخاب ۱۵ نقاط کنترل در هر دو داده با تابع پلی نومیال درجه دو از نظر مکانی هم-مرجع می‌شوند. این نقاط گوشه بام ساختمان‌ها هستند که با توزیع و تراکم مناسب انتخاب شده‌اند.

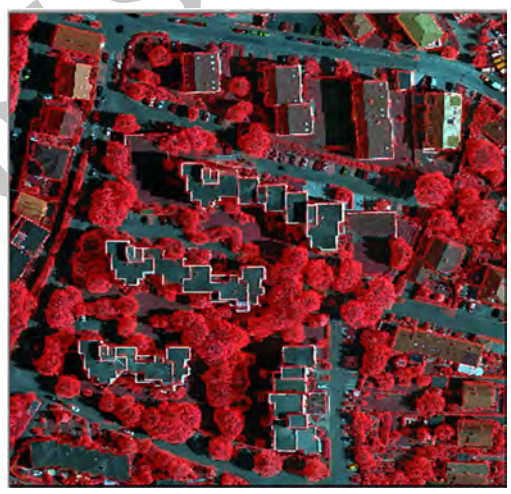
۲-۲- داده مورد استفاده و منطقه مورد مطالعه

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، مادون‌قرمز نزدیک و سبز با قدرت تفکیک مکانی ۹ سانتی‌متر

ب) داده شدت و ارتفاعی لایدار

مجموعه این دو داده توسط انجمن فتوگرامتری و سنجش از دور آلمان DGPF تهیه شده است. شکل ۱ منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل۱- منطقه مورد مطالعه

همان‌طور که در بخش ۲-۱ اشاره شد، تنها در این مقاله به فیلترگذاری بر روی داده لایدار، تفکیک نقاط زمینی و غیرزمینی، با استفاده از نرم افزار BCAL پرداخته شد.

انواع مختلفی از روش‌ها برای تفکیک نقاط زمینی و غیرزمینی وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به روش‌های قطعه‌مبنا، شبکه‌مبنا، شیب‌مبنا و مورفولوژیکی اشاره کرد. نرم افزار BCAL براساس یک الگوریتم کلاسه‌بندی کننده شبکه-مبنا عمل می‌کند. ابتدا نقطه با کمترین ارتفاع را در منطقه شناسایی می‌نماید، سپس این نقاط با ارتفاع پایین را انترپوله می‌نماید 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 انترپوله می‌گردد. تکرارها تا زمانی انجام می‌گیرد که هیچ گونه سیگنال بازگشتی بدون کلاسه‌بندی زیر صفحه انترپوله شده قرار نگیرد. سایر نقاط بالای صفحه به عنوان نقاط زمینی کلاسه‌بندی می‌شوند[۶].

در محیط نرم‌افزار Arc GIS9.3 تعدادی نقطه زمینی و غیرزمینی انتخاب شد و با نتیجه حاصل از کلاسه‌بندی توسط نرم‌افزار BCAL مقایسه گردید. انتخاب نقاط در محل‌هایی صورت گرفت که احتمال وقوع خطا بالاست (مانند بوته‌ها و عوارض نزدیک سطح زمین). جدول ۱ نتیجه را نشان می‌دهد.

جدول ۱- ارزیابی تفکیک نقاط زمینی و غیرزمینی

	نقاط واقعیت زمینی	
نقاط طبقه‌بندی شده	نقاط زمینی	نقاط غیر زمینی
نقاط زمینی	۲۶۳	۱۲
نقاط غیرزمینی	۶	۲۳۰

پارامترهای دقت مطابق روابط ۱، ۲، ۳ و مقادیر جدول ۱ محاسبه می‌شوند.

$$\text{Correctness} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}} \times 100 \quad (۱)$$

$$\text{Completness} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}} \times 100 \quad (۲)$$

$$\text{Quality Percentage} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP} + \text{FN}} \times 100 \quad (۳)$$

همان‌طور که از نتایج مشخص است بیشترین خطا در شناسایی نقاط غیرزمینی به عنوان نقاط زمینی رخ داده-است. بوته‌های کم‌ارتفاع با این روش به عنوان نقاط زمینی شناسایی شدند. با این وجود پارامترهای صحت، کامل بودن و درصد کیفیت به ترتیب برابر ۹۷/۸، ۹۵/۶ و ۹۳/۶ می‌باشد که حاکی از دقت بالای الگوریتم در تمایز و شناسایی نقاط زمینی و غیرزمینی دارد.

جهت هم‌مرجع کردن باید ابعاد پیکسلی تصویر هوایی و لایه‌های رستری شده لایدار یکسان باشد به همین جهت لایه‌های لایدار با ابعاد ۹ سانتی‌متر رستری شدند.

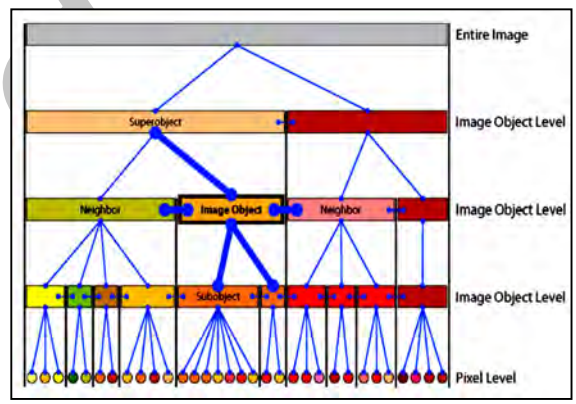
۲-۳- قسمت‌بندی

فرآیندی است که در طی آن با اعمال توصیف‌گرهای خاص پیکسل‌های تصویر به گروه پیکسل‌ها یا همان اشیای تصویری تبدیل می‌شوند[۸]. قسمت‌بندی به کار رفته در

www.SID.ir

این مقاله چندمقیاسه می‌باشد این روش در دسته روش‌های پایین به بالا قرار می‌گیرد که فرآیند تولید اشیا را از پیکسل آغاز می‌نماید و تا زمانی که پارامترهای قسمت‌بندی صدق نمایند، ادغام پیکسل‌ها در قالب یک شی ادامه می‌یابد. پارامترهای قسمت‌بندی شامل معیار ناهمگنی طیفی، شکلی، نرمی یا فشردگی و مقیاس می‌شود. معیار مقیاس ابعاد اشیای تولید شده را کنترل می‌نماید.

استراتژی این مقاله تولید سه سطح از اشیا است که به این طریق هر کلاس مورد نظر در یک سطح شناسایی شده و تفکیک گردد. این امر منجر به کاهش فضای جستجو و اغتشاشات احتمالی در فرآیند کلاسه-بندی می‌شود. جدول ۲ پارامترهای قسمت‌بندی را نشان می‌دهد. چنین قابلیتی منجر به ارتباطات یک شی با اشیای همسایه خود در هر سطح و با اشیای سطح بالاتر[۱] و اشیای سطح پایین تر[۲] می‌شود[۱۰]. شکل ۲ نمایی از قسمت‌بندی سلسله‌مراتبی را نشان می‌دهد.



شکل۲- قسمت‌بندی سلسله‌مراتبی

در سلسله‌مراتب تعداد اشیای تصویری از بالا به پایین زیاد می‌شود. در سطح اول ۴۴۵۸۱شی، سطح دوم ۴۶۰۰۸ شی و سطح سوم ۵۰۴۴۴ شی وجود دارد.

جدول۲- پارامترهای قسمت‌بندی

فضای اشیای تصویری	وزن لایه‌های تصویری										پارامتر های ناهمگنی		پارامتر مقیاس
	NIR	G	R	NDVI	Last DSM	Intensity	First DSM	Aspect	Slope	nDSM	طیفی	فشردگی	
سطح پیکسل	۱	۱	۱	۰	۲	۰	۲	۰	۳	۱	۰/۷	۰/۸	۳۰
سطح ۳۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰/۹	۰/۹	۴۰
سطح ۴۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۲	۰	۱	۳	۰/۹	۰/۷	۵۰

۲-۴- کلاسه‌بندی

شکل ۳ فلوچارت کلی روش پیشنهادی را نشان می-دهد. هر سه روش مورد نظر این مقاله در دسته طبقه‌بندی کننده‌های نظارت شده قرار می‌گیرند. این امر بدان معناست که نیاز به معرفی نمونه‌آموزشی وجود دارد. انتخاب نمونه آموزشی بر نتیجه نهایی کلاسه‌بندی موثر است. انتخاب نمونه آموزشی برای هر کلاس باید با توجه به تنوع درون کلاسی و تمایز با سایر کلاس‌ها در هر سطح از سلسله‌مراتب صورت گیرد. انتخاب نمونه آموزشی در هر سطح برای هر کلاس به‌طور جداگانه صورت می‌گیرد. شکل ۴ نمایی از سلسله‌مراتب کلاسه‌بندی را نشان می‌دهد.

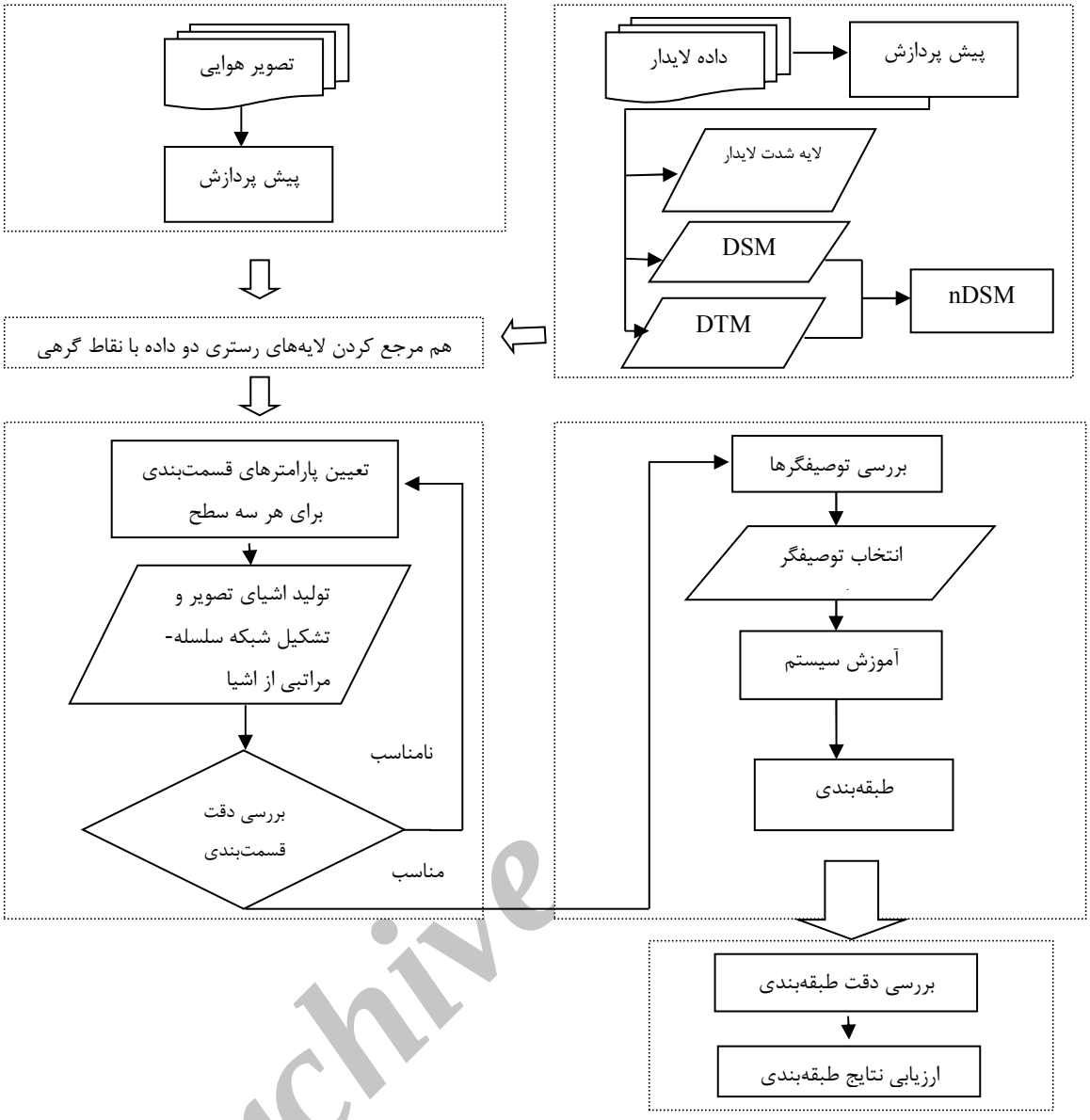
۲-۴-۱- حد آستانه‌گذاری

معمولاً از حدآستانه‌گذاری زمانی استفاده می‌شود که کلاس‌ها با یک ویژگی به طور مشخص قابل تفکیک باشند. این روش فضای جستجوی الگوریتم را طوری محدود می‌کند که در شرط مورد نظر صدق نماید[۷]. در این حالت روند انتخاب حدآستانه فرآیندی تکراری است و با سعی و خطا نتیجه مورد نظر حاصل می‌شود.

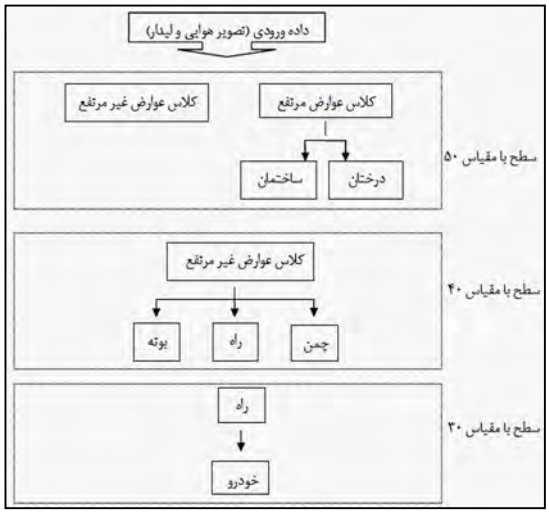
در این تحقیق در سطح اول با تنها یک ویژگی ارتفاعی کلاس عوارض مرتفع و غیر مرتفع از هم متمایز می‌شوند. اشیای که میانگین لایه nDSM شان بزرگتر از ۱/۷ متر باشد در کلاس عوارض مرتفع قرار می‌گیرند در غیر این صورت به کلاس عوارض غیرمرتفع منسوب می‌شوند. درختان به دلیل داشتن کلروفیل و آب در ساختار برگ-هایشان شاخصNDVI بالایی از خود نشان می‌دهند در حالی که این مقدار برای عارضه ساختمان که از جنس بتن، فلز و شیشه است کمتر است. از سوی دیگر درختان اشیایی متخلخل‌اند به این معنی که سیگنال ارتفاعی اولیه لایدار در مورد این عارضه از تاج درختان بازگشت دارد درحالی که سیگنال ارتفاعی نهایی از تنه و شاخه‌ها ی زیرین بازگشت دارد. این امر برای ساختمان‌ها که اشیایی صلب هستند صدق نمی‌نماید. باز گشت اولیه و ثانویه لایدار در مورد ساختمان برابر و یا بسیار بهم نزدیک است.

۱ Super object
۲ Sub object

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۳- فلوچارت کلی روش پیشنهادی



شکل۴- روند کلی سلسله‌مراتب

مگر در لبه‌های پشت‌بام منجر به ایجاد اختلاف در دو سیگنال می‌شود. بنا به آنچه گفته شد کلاس ساختمان و درختان از کلاس عوارض مرتفع تفکیک می‌شوند. اشیایی از کلاس عوارض مرتفع که متوسط اختلاف لایهNDVI شان نسبت به کل منظر کمتر از صفر باشد به عنوان ساختمان مشخص می‌شوند و اشیایی که اختلاف میانگین بازگشت اول و نهایی سیگنال ارتفاعی لایدار در آنها بزرگ‌تر و مساوی صفر باشد در کلاس درختان جای می‌گیرند.

در سطح دوم کلاس راه، بوته و چمن از کلاس عوارض غیرمرتفع جدا می‌شوند. در منطقه مطالعاتی ساختمان‌های بلند و درختان متراکم وجود سایه را در مناطق اطراف خود اجتناب‌ناپذیر می‌نمایند. لایه ارتفاعی و شدت داده

www.SID.ir

لایدار این مشکل تا حد زیادی حل می‌کند. برای تعیین ویژگی هر کلاس باید به خصوصیات فیزیکی ، هندسی و موقعیتی عوارض توجه نمود تا از بروز هر گونه اغتشاش و اختلال در روند کلاسه‌بندی جلوگیری نمود. بنابراین به تشریح برخی خصوصیات کلاس‌های این سطح می‌پردازیم. راه عارضه‌ای خطی است که تغییرات شیب در آن به طور ناگهانی روی نمی‌دهد و تنها شیب عرضی و طولی مشخصی در آن وجود دارد. با توجه به مصالح به کار رفته در آن NDVI و بازتاب در باند سبز آن پایین است.کلاس بوته در مقایسه با کلاس راه و چمن تغییرات شیب بیشتری دارد. از طرفی ارتفاع عوارض این کلاس از دو کلاس دیگر بیشتر است. از تفاضل لایه ارتفاعی اولیه و شیب داده لایدار، لایه‌ای نرمال شده تولید می‌شود که نواحی با تغییرات ارتفاعی زیاداتر را در لایه ارتفاعی بارزتر می‌نماید. لایه شدت لایدار اطلاعاتی از فیزیک عوارض در اختیار قرار می‌دهد. این لایه اطلاعاتی به تمایز دو کلاس راه و چمن سایه‌دار که شاخص‌های لایه‌های طیفی موثر نیستند، کمک شایانی می‌نمایند. در این تحقیق سعی شده‌است با ضرب دو ویژگی که در مورد کلاس مورد نظر صدق می‌کنند، ویژگی جدیدی تولید شود که در شناسایی کلاس مدنظر توانمندتر عمل نماید.

بر این اساس حدود آستانه هر کلاس این سطح مطابق جدول ۳ است.

جدول۳- ویژگی‌های سطح دوم حدآستانه‌گذاری

کلاس	ویژگی
راه	Mean Intensity<=110
	Mean NDVI.Mean Intensity<=10
	Rectangular fit. Mean diff to scene NDVI. Mean Slope<=17
بوته	176< Mean First DSM- Mean slope<254
	Mean Slope.Mean NDVI>=11
چمن	110< Mean Intensity <176

در آخرین سطح کلاس خودرو از کلاس راه تفکیک می‌شود. خودروهایی که در سطح شهر تردد می‌نمایند از نظر ابعاد و رنگ متنوعند. رنگ برخی خودروها به آسفالت نزدیک است و در برخی مواقع سایه کنار خودرو به همراه خود آن در مرحله قسمت‌بندی به عنوان یک شی در نظر گرفته می‌شود. از این رو تعیین حدآستانه مساحت و رنگ به نتیجه صحیحی منجر نمی‌شود. خودروها به طور محلی منجر به تغییرات ارتفاعی در کلاس راه می‌شوند و مرز مشترک بالایی با کلاس راه دارند. کلاس خودرو مانند راه NDVI پایینی دارد اما برخلاف اشیای کلاس راه که بیشتر خطی‌اند و نسبت طول به عرض بالاتری دارند، به مستطیل نزدیک‌ترند.

ویژگی جدیدی که در این مقاله برای تمایز کلاس خودرو به کار رفته است،Lidar_TVI[1] می‌باشد. این ویژگی از رابطه ۴ محاسبه می‌شود که از تلفیق باند شدت داده لایدار و باند قرمز تصویر هوایی تولید می‌گردد. این شاخص یک شبه NDVI است. ثابت ۰/۵ برای حذف مقادیر منفی کسر اضافه شده و با توجه به مقادیر منفی می‌تواند مقادیرثابت متفاوتی داشته باشد. از این شاخص بیشتر جهت کلاسه‌بندی چمن استفاده می‌شود. در این بخش نیز به دلیل وجود لایه شدت تاثیر مثبت خود را در در کنار سایر ویژگی‌ها اثبات نموده است.

$$Lidar_TVI = \sqrt{(\frac{Intensity - red}{Intensity + red} + 0.5)}^{2} \qquad (۴)$$

ویژگی‌های مربوط به کلاس خودرو به شرح جدول ۴ است.

جدول۴- ویژگی‌های سطح سوم حدآستانه‌گذاری

کلاس	ویژگی
خودرو	150<Mean First DSM-Mean Slope<230
	0<Lidar_TVI<1.2
	230<Mean First DSM<275
	0.6<Ratio First DSM.Ratio Last DSM<1.5
	-0.2< Rectangular Fit.Mean diff. to scene Layer NDVI<0.4

ویژگی‌های هر روش با هدف حصول به نتیجه بهینه انتخاب شده‌اند و یکسان نمی‌باشند.

۲-۴-۲- نزدیک‌ترین همسایه

الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه سه مرحله را برای کلاسه‌بندی در نظر می‌گیرد. ابتدا کلاس‌ها تعیین می‌شوند. سپس نمونه آموزشی برای هر کلاس به طور جداگانه معرفی می‌شود. بعد از معرفی مجموعه‌ای از اشیای نمونه نزدیک‌ترین نمونه شی تصویری در فضای

۱ Lifar Transform Vegetation Index

Archive of SID
www.SID.ir

ویژگی را برای هر شی تصویری جستجو می‌کند. اگر نزدیک‌ترین نمونه شی به کلاسی تعلق داشته باشد شی تصویری به آن کلاس نسبت داده خواهد شد[۱۰].

آنچه در بخش ۲-۴-۱ در مورد خصوصیات مربوط به هر کلاس گفته شد، در رابطه با این بخش نیز صدق می‌نماید. جدول ۵ ویژگی‌های هر سطح و کلاس را نشان می‌دهد.

جدول ۵- ویژگی‌های نزدیک‌ترین همسایه

	کلاس	ویژگی
سطح اول	عوارض مرتفع و غیر مرتفع	Mean diff to scene nDSM, Mean nDSM
	درختان و ساختمان‌ها	Mean diff to scene NDVI, Mean diff to scene green, Mean Slope, Mean First DSM- Mean slope, Mean Intensity.Stvd Slope
سطح دوم	بوته، راه و چمن	Entropy Green, Mean Intensity, Mean Slope, Mean Intensity.Stvd Slope, , Mean First DSM-Mean slope, Stvd Slope.Stvd Aspect, Mean NDVI.Mean Intensity

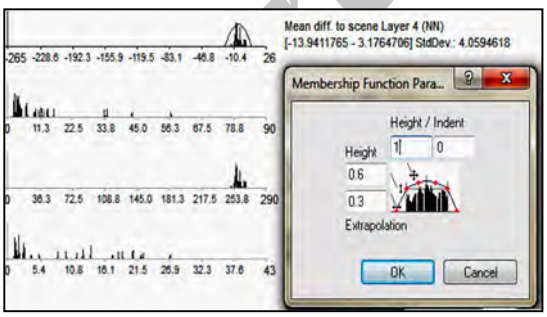
متاسفانه با انتخاب ویژگی‌های متعدد و تلاش‌های صورت گرفته روش نزدیک‌ترین همسایه منجر به نتیجه مطلوب در سطح سوم نگردید. به نظر می‌رسد با کوچک‌تر شدن ابعاد اشیای تصویری توانایی این کلاسه‌بندی کننده در فضای ویژگی پیچیده محدود می‌شود.

۲-۴-۳- نزدیک‌ترین همسایه فازی

امروزه به‌کارگیری طبقه‌بندی‌کننده‌های نرم در تعیین میزان تعلق یک عارضه به کلاس‌های تصویری افزایش یافته‌است. این مقدار درجه عضویت همواره در حد فاصل ۰ تا ۱ قرار می‌گیرد که ۱ و ۰ به ترتیب بیانگر تعلق کامل و عدم تعلق کامل عارضه مدنظر به کلاس مربوطه است. مزیت بزرگ طبقه‌بندی کننده‌های نرم، قابلیت بیان ابهامات موجود در تعلق هر عارضه به کلاس‌های تصویر است[۱۱].

اما یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های بزرگ در به‌کارگیری از این الگوریتم‌ها مشکل طبقه‌بندی مناطق بسیار پیچیده از نقطه نظر ساختار و طیف رادیومتریکی، مانند شهرهای پرتراکم است. چرا که با افزایش پیچیدگی‌های موجود در یک تصویر، تعداد توصیف‌گرها لازم جهت شناسایی عوارض و به تبع آن توابع عضویت لازم جهت معرفی عوارض و ویژگی‌های آن‌ها به سیستم طبقه‌بندی افزایش می‌یابد. افزایش تعداد توابع عضویت به معنای افزایش ابهام در مسئله خواهد بود. به بیان دیگر استفاده از روش‌های طبقه‌بندی فازی زمانی مفید خواهد بود که برای شناسایی و تشخیص عوارض تصویری، به حجم بسیار بالایی از توابع عضویت نیازی نباشد؛ بنابراین در مواردی که هم‌پوشانی طیفی عوارض زیاد باشد، توابع تعلق قادر به حل مشکل ابهام تصویری نخواهند بود[۸].

در این روش ابتدا نمونه آموزشی برای هر کلاس انتخاب می‌شود و تابع تعلق هر ویژگی براساس رفتار نمونه آموزشی در فضای ویژگی تعیین می‌شود. در نهایت تمام ویژگی‌های یک کلاس توسط عملگر عطف (and) با هم ترکیب می‌شوند. علت انتخاب این عملگر در نظر گرفتن بدبینانه‌ترین حالت و بالا بردن درجه اعتماد به نتیجه حاصل از این پردازش‌هاست. مقدار درجه عضویت هر شی برای تمام کلاس‌ها محاسبه می‌شود و در آخر شی به کلاسی منسوب می‌شود که بالاترین درجه تعلق را داشته باشد. برای مثال اگر برای سه کلاس مقدار درجه تعلق شی یکسان باشد، کلاسه‌بندی به صورت تصادفی انجام می‌شود. حداقل مقدار درجه عضویت اشیا به طور کلی برابر ۰/۱ تنظیم گردید. به عنوان مثال شکل ۵ محاسبه تابع تعلق برای ویژگی تفاوت میانگین First DSM در کل منظر براساس نمونه‌های کلاس عوارض غیر مرتفع را با پارامترهای مربوطه نشان می‌دهد.



شکل۵- نمونه‌ای از محاسبه توابع تعلق

به همین ترتیب برای هر کلاس ویژگی‌ها انتخاب و توابع تعلق با پارامترهای مشخص شده محاسبه و به کلاس‌ها منسوب می‌شوند تا در فرآیند طبقه‌بندی به کار روند. انتخاب ویژگی از طریق بررسی مقالات و پایان‌نامه-های متعدد، دانش خبره، بررسی فضای ویژگی و در نهایت

www.SID.ir

انتخاب ویژگی‌هایی که حداکثر واریانس بین کلاسی و حداقل واریانس درون کلاسی را منجر می‌شوند، صورت گرفت[۸] [۹] [۱۱]. جدول ۶ ویژگی‌های به کار رفته در روش نزدیک‌ترین همسایه فازی را نشان می‌دهد.

جدول۶- ویژگی‌های روش فازی

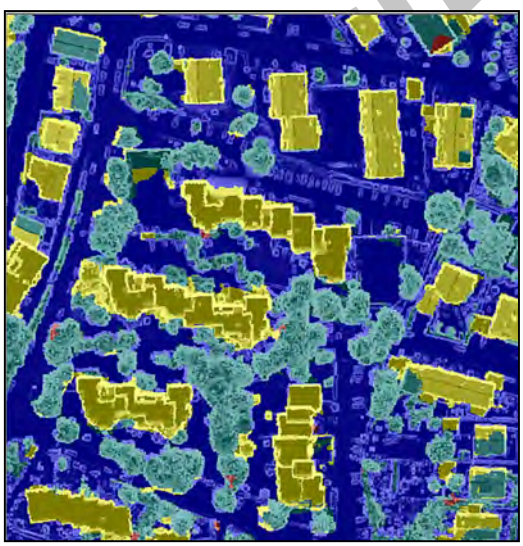
	کلاس	ویژگی
سطح اول	عوارض مرتفع	Mean First DSM-Mean Slope, Mean diff to scene nDSM
	عوارض غیرمرتفع	Mean nDSM, Mean Slope, Ratio First DSM.Ratio Last DSM
	ساختمان	Rectangular fit.Mean diff to scene NDVI, Mean Intensity.Mean diff to scene NDVI.Stvd Slope
	درختان	Mean diff to scene NDVI, Mean G.Rectangular fit
سطح دوم	راه	Mean NDVI.Mean Intensity, Mean Intensity.Stvd Slope
	بوته	Mean Slope, Mean NDVI
	چمن	Mean Intensity
سطح سوم	خودرو	Mean First DSM-Mean Slope, Lidar_TVI, Mean First DSM, Rectangular fit.Mean diff to scene NDVI, Ratio First DSM.Ratio Last DSM

مهم‌ترین خصیصه ساختار سلسله‌مراتبی به ارث رسیدن ویژگی‌ها از کلاس‌های بالاتر به کلاس‌های پایین‌تر و جستجو برای زیر کلاس‌ها در کلاس‌های شناسایی شده بالا دست است.

۲-۵- پس کلاسه‌بندی

پس‌کلاسه‌بندی بعد از اجرای کلاسه‌بندی اولیه و با هدف بهبود نتایج کلاسه‌بندی اولیه اجرا می‌شود. اعمال عملگرهای مورفولوژیکی گشایش[۱] و بستن[۲] و یا اعمال روش‌های قانون‌مبنا[۳] از جمله این روش‌هاست که در این مقاله از روش دوم استفاده شد.

در هر سه روش برخی از اشیای کلاس ساختمان (ساختمان‌ها با سقف شیروانی) مقدار NDVI نزدیک به ۰/۲ را از خود نشان می‌دهند که در محدوده کلاس درختان است. به شکل ۶ توجه فرمایید. با قرار دادن دو شرط اشیای اشتباه کلاسه‌بندی شده ساختمان در کلاس درختان تصحیح می‌شوند. اشیایی از کلاس ساختمان که میانگین باند سبزشان کمتر از ۵۵ است و مقدار میانگین اختلاف NDVI شان نسبت به کل منظر بیشتر از ۰/۰۸است به کلاس درختان منسوب می‌شوند. در روش حدآستانه‌گذاری لبه پشت بام برخی از ساختمان‌ها به عنوان درختان کلاسه-بندی شده‌اند که علت آن بزرگ‌تر از صفر بودن اختلاف پالس اولیه و نهایی سیگنال ارتفاعی بازگشتی است. برای حل این مشکل اشیایی از کلاس درختان که مقدار این اختلاف برای آن‌ها کمتر از ۰/۱۷ باشد به کلاس ساختمان منتقل می‌شوند. در سطح دوم برای هر سه روش برخی از اشیای کلاس بوته در کلاس چمن قرار گرفته‌اند که با قرار دادن شرط ارتفاعی این مسئله رفع خواهد شد. اشیایی از کلاس چمن که ارتفاع بالاتر از ۰/۵ متر دارند به کلاس بوته منتقل می‌شوند. اشیای کوچکی در کلاس راه به عنوان چمن و بوته شناسایی شده‌اند که با شرط مرز واقعی مشترک بزرگتر از ۰/۸ با کلاس راه به همین کلاس منتقل می‌شوند. در روش نزدیک‌ترین همسایه برخی از اشیای کلاس چمن به اشتباه به کلاس راه منسوب شده‌اند. شرط داده شدت بالاتر از ۱۳۰ برای اشیای کلاس راه این اشیا را به کلاس چمن منتقل می‌نماید. جهت بهبود کلاسه‌بندی در سطح سوم اشیایی از کلاس راه که مقدار متوسط شیب مساوی و بالاتر از ۱۰ دارند در کلاس خودرو جای می‌گیرند.

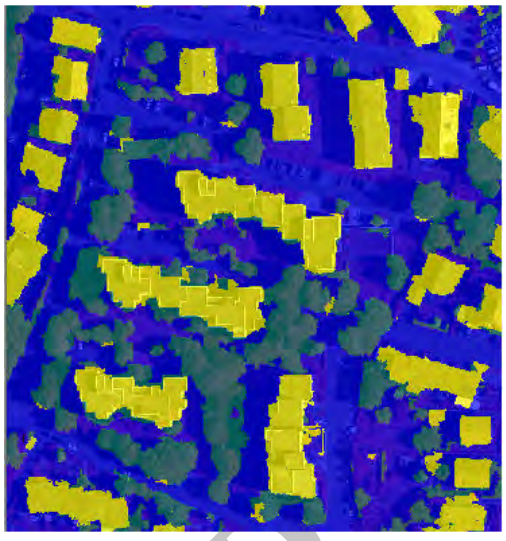


شکل۶- نمونه‌ای از خطای کلاسه‌بندی به روش حدآستانه‌گذاری

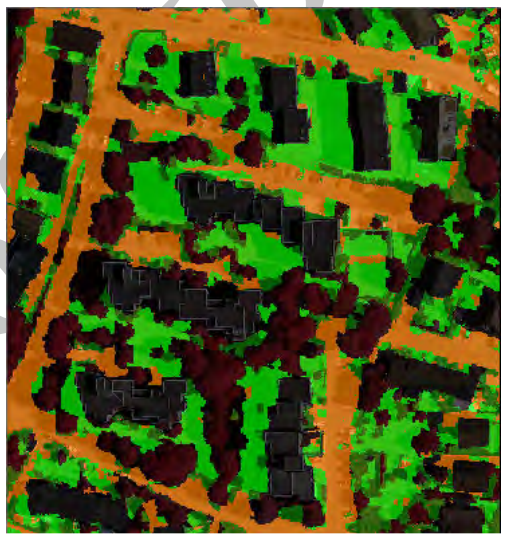
شکل ۷ ، ۸، ۹ نتایج کلاسه‌بندی را نشان می‌دهد.

۱ Opening
۲ Closing
۳ Rule Based

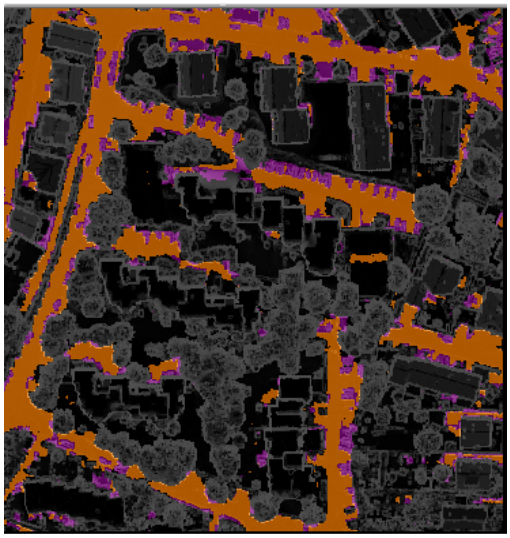
www.SID.ir



شکل ۷- نتایج کلاسه بندی در سطح اول به روش نزدیک ترین همسایه



شکل ۸- نتیجه کلاسه بندی در سطح دوم به روش نزدیک ترین همسایه



شکل۹- نتیجه کلاسه بندی در سطح سوم به روش نزدیک ترین همسایه فازی

۳- نتایج

با توجه به سلسله‌مراتبی بودن روند کلاسه‌بندی ارزیابی نتایج در هر سطح به طور جداگانه صورت می‌گیرد. در همین راستا جدول ۷، ۸، ۹ پارامترهای دقت روش حدآستانه‌گذاری را قبل و بعد از پس کلاسه بندی نشان می دهد.

جدول۷- پارامترهای دقت سطح اول حدآستانه‌گذاری

پارامترهای دقت		دقت تولیدکننده	دقت کاربر	ضریب کاپای کلاسی	ضریب کاپای کلی	دقت کلی
قبل از پس- پردازش	عوارض غیر مرتفع	۰/۹۶۷	۰/۹۹۹	۰/۹۵۹	۰/۸۷۹	۰/۹۲۵
	ساختمان	۰/۸۷۵	۰/۹۹۴	۰/۷۶۱		
	درختان	۱	۰/۷۷۴	۱		
بعد از پس- پردازش	عوارض غیر مرتفع	۰/۹۶۷	۰/۹۹۹	۰/۹۵۸۹	۰/۹۶۴	۰/۹۷۸
	ساختمان	۰/۹۷۳	۰/۹۹۴	۰/۹۴۲		
	درختان	۱	۰/۹۲۸	۱		

جدول۸- پارامترهای دقت سطح دوم حدآستانه‌گذاری

پارامترهای دقت		دقت تولیدکننده	دقت کاربر	ضریب کاپای کلاسی	ضریب کاپای کلی	دقت کلی
قبل از پس- پردازش	بوته	۰/۷۸	۱	۰/۷۵۲	۰/۹۶۲	۰/۹۸
	راه و فضای باز	۱	۱	۱		
	چمن	۱	۰/۹۶	۱		
بعد از پس- پردازش	بوته	۰/۸۵۲	۱	۰/۹۶۵	۰/۹۵۶	۰/۹۷۶
	راه و فضای باز	۰/۸۶۸	۱	۰/۹۷۶		
	چمن	۰/۸۳۸۵	۱	۰/۹۴۹		

www.SID.ir

جدول۹- پارامترهای دقت سطح سوم حدآستانه‌گذاری

پارامترهای دقت		دقت تولیدکننده	دقت کاربر	ضریب کاپای کلاسی	ضریب کاپای کلی	دقت کلی
قبل از پس- پردازش	خودرو	۰/۳۲۶	۰/۹۰۴	۰/۲۷۱۵	۰/۴۲۴	۰/۸۲۶
	راه و فضای باز	۰/۹۸۲	۰/۸۳۵	۰/۸۳۳		
بعد از پس- پردازش	خودرو	۰/۳۹۴	۰/۹۱۷	۰/۳۲۴	۰/۵۰۱	۰/۸۴۱
	راه و فضای باز	۰/۹۸۲	۰/۸۶۴	۰/۸۶۹		

جدول ۱۰ و ۱۱ پارامترهای دقت دو سطح اول سلسله‌مراتب را برای روش نزدیک‌ترین همسایه را نشان می‌دهد. روش نزدیک ترین همسایه نتوانست اشیای کلاس خودرو را در سطح سوم شناسایی نماید.

جدول۱۰- پارامترهای دقت سطح اول نزدیک‌ترین همسایه

پارامترهای دقت		دقت تولیدکننده	دقت کاربر	ضریب کاپای کلاسی	ضریب کاپای کلی	دقت کلی
قبل از پس- پردازش	عوارض غیر مرتفع	۱	۱	۱	۰/۹۲۴	۰/۹۶۰
	ساختمان	۰/۹۴۵	۰/۹۸۷	۰/۸۸۴		
	درختان	۰/۹۶	۰/۸۸۴	۰/۹۴۶		
بعد از پس- پردازش	عوارض غیر مرتفع	۱	۰/۹۹۹	۱	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹
	ساختمان	۰/۹۹۹	۱	۰/۹۹۹		
	درختان	۱	۱	۱		

جدول ۱۱- پارامترهای دقت سطح دوم نزدیک ترین همسایه

پارامترهای دقت		دقت تولیدکننده	دقت کاربر	ضریب کاپای کلاسی	ضریب کاپای کلی	دقت کلی
قبل از پس- پردازش	بوته	۰/۷۳۸	۱	۰/۷۱۹	۰/۹۵	۰/۹۷۶
	راه و فضای باز	۱	۱	۱		
	چمن	۱	۱	۱		
بعد از پس- پردازش	بوته	۰/۸۲۶	۱	۰/۸۳۳	۰/۹۷۲	۰/۹۸۵
	راه و فضای باز	۱	۱	۱		
	چمن	۱	۰/۹۶۵	۱		

تمام پردازش‌ها در نرم‌افزار eCognition 8.7.0 انجام گرفت پردازنده رایانه مورد استفاده Core i5 می‌باشد. زمان کلاسه‌بندی برای این روش به طور قابل ملاحظه‌ای بالاست به طوری که برای در سطح دوم زمان پردازش تقریباً برابر ۴۰ دقیقه می‌شود.

با کوچک شدن اشیا در سطوح پایین‌تر توانایی این کلاسه‌بندی کننده محدودتر می‌شود.

جداول ۱۲، ۱۳ و ۱۴ ماتریس خطای سه سطح روش نزدیک‌ترین همسایه فازی را نشان می‌دهد.

جدول۱۲- پارامترهای دقت سطح اول فازی

پارامترهای دقت		دقت تولیدکننده	دقت کاربر	ضریب کاپای کلاسی	ضریب کاپای کلی	دقت کلی
قبل از پس- پردازش	عوارض غیر مرتفع	۰/۹۶۷	۰/۹۹	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۹۶
	ساختمان	۰/۹۴	۰/۹۹	۰/۸۸		
	درختان	۱	۰/۹۱	۱		
بعد از پس- پردازش	عوارض غیر مرتفع	۰/۹۶۷	۰/۹۹	۰/۹۵۸۹	۰/۹۷۷	۰/۹۸۶
	ساختمان	۰/۹۸۷	۰/۹۹۴	۰/۹۷۳		
	درختان	۱	۰/۹۵۸	۱		

جدول۱۳- پارامترهای دقت سطح دوم فازی

پارامترهای دقت		دقت تولیدکننده	دقت کاربر	ضریب کاپای کلاسی	ضریب کاپای کلی	دقت کلی
قبل از پس- پردازش	بوته	۰/۷۴۲	۱	۰/۷۲۴	۰/۹۵۸	۰/۹۷۸
	راه و فضای باز	۱	۱	۱		
	چمن	۱	۰/۹۵	۰/۹۵		
بعد از پس- پردازش	بوته	۰/۸۲۸	۰/۸۶۶	۰/۸۲۴	۰/۹۵۲۸	۰/۹۷۵
	راه و فضای باز	۱	۱	۱		
	چمن	۰/۹۶۵	۰/۹۸۰	۰/۹۴۹		

جدول۱۴- پارامترهای دقت دقت سطح سوم فازی

پارامترهای دقت		دقت تولیدکننده	دقت کاربر	ضریب کاپای کلاسی	ضریب کاپای کلی	دقت کلی
قبل از پس- پردازش	خودرو	۰/۳۱	۰/۸۸	۰/۲۵	۰/۴	۰/۸۳
	راه و فضای باز	۰/۹۸	۰/۸۵۳	۰/۸۱		
بعد از پس- پردازش	خودرو	۰/۳۲۶	۰/۸۸۷	۰/۲۶۸	۰/۴۲۵	۰/۸۴۱
	راه و فضای باز	۰/۹۸۲	۰/۸۵۷	۰/۸۲۱		

جدول ۱۵، ۱۶، ۱۷ به ترتیب پارامترهای دقت سه روش حدآستانه‌گذاری، نزدیک‌ترین همسایه و فازی را با پنج کلاس در سطح دوم سلسله‌مراتب نشان می‌دهد.

www.SID.ir

جدول۱۵- پارامترهای دقت روش حدآستانه‌گذاری در سطح دوم با ۵ کلاس

	پارامترهای دقت	دقت تولیدکننده	دقت کاربر	ضریب کاپای کلاسی	ضریب کاپای کلی	دقت کلی
قبل از پس-پردازش	ساختمان	۰/۷۵۹	۱	۰/۷۱۶	۰/۹۱۶	۰/۹۳۸
	درختان	۱	۰/۷۲۳	۱		
	بوته	۰/۷۶۸	۱	۰/۷۵۷		
	راه و فضای باز	۱	۱	۱		
	چمن	۱	۰/۹۵۶	۱		
بعد از پس-پردازش	ساختمان	۰/۹۴۵	۰/۹۹۱	۰/۹۳۲	۰/۹۶۴	۰/۹۷۳
	درختان	۱	۰/۹۱۴	۱		
	بوته	۰/۸۵۲	۰/۸۶۷	۰/۸۴۳		
	راه و فضای باز	۱	۰/۹۹۳	۱		
	چمن	۰/۹۶۵	۰/۹۸۸	۰/۹۵۶		

جدول۱۶- پارامترهای دقت روش نزدیک‌ترین همسایه در سطح دوم با ۵ کلاس

	پارامترهای دقت	دقت تولیدکننده	دقت کاربر	ضریب کاپای کلاسی	ضریب کاپای کلی	دقت کلی
قبل از پس-پردازش	ساختمان	۰/۹۲	۰/۹۸	۰/۹۰۶	۰/۹۲	۰/۹۴۴
	درختان	۰/۹۸	۰/۹۱۹	۰/۹۷۶		
	بوته	۰/۹۶۲	۱	۰/۹۵		
	راه و فضای باز	۰/۹۶۴	۰/۹۷	۰/۹۴		
	چمن	۰/۹۰۵	۰/۹۳۲	۰/۸۷		
بعد از پس-پردازش	ساختمان	۰/۹۵	۱	۰/۹۳۷	۰/۹۷۶	۰/۹۸۲
	درختان	۱	۰/۹۳۲	۱		
	بوته	۰/۸۸۶	۱	۰/۸۸		
	راه و فضای باز	۱	۱	۱		
	چمن	۱	۰/۹۶۵	۱		

در این بخش سعی شد تا با ارائه پارامترهای دقت در سطح دوم با پنج کلاس مهم شهری تحلیلی دیگر بر نحوه عملکرد روش طبقه‌بندی و توانایی طبقه‌بندی کننده‌ها در شناسایی کلاس‌ها در یک سطح قسمت‌بندی انجام شود. لازم به ذکر است ویژگی‌های تعریف شده برای هر کلاس تغییری نکرده‌است. تنها کلاسه‌بندی در یک سطح قسمت‌بندی انجام گرفته‌است.

جدول۱۷- پارامترهای دقت روش فازی در سطح دوم با ۵ کلاس

	پارامترهای دقت	دقت تولیدکننده	دقت کاربر	ضریب کاپای کلاسی	ضریب کاپای کلی	دقت کلی
قبل از پس-پردازش	ساختمان	۰/۸۹	۰/۹۶	۰/۸۶۷	۰/۹۱	۰/۹۲
	درختان	۰/۹۵	۰/۸۰۳	۰/۹۴۷		
	بوته	۰/۶۶	۰/۹۵۶	۰/۶۴۸		
	راه و فضای با ز	۰/۹۶۲	۱	۰/۹۴		
	چمن	۱	۰/۹۰۸	۱		
بعد از پس-پردازش	ساختمان	۰/۹۴۵	۱	۰/۹۲۳	۰/۹۵۶	۰/۹۶۷
	درختان	۱	۰/۸۸۷	۱		
	بوته	۰/۷۷۵	۰/۸۷۵	۰/۷۶۱		
	راه و فضای باز	۱	۱	۱		
	چمن	۰/۹۶۵	۰/۹۶۸	۰/۹۵۶		

۴-تفسیر نتایج

مطابق آنچه در بخش ۳ ارایه شد هر سه الگوریتم در سطح اول عملکرد خوبی از نظر کمی و کیفی داشته‌اند و دقت کلی یا همان دقت خوشبینانه و ضریب کاپا کلی که بیانگر یک کلاسه‌بندی تصادفی است برای هر سه روش بالای ۰/۹۰ است که مورد رضایت می‌باشد. برای کلاس ساختمان در سطح اول دقت کاربر، دقت تولید کننده و ضریب کاپا در روش نزدیک‌ترین همسایه بالاترین مقدار را داراست. دقت تولیدکننده و ضریب کاپا کلاس درختان در روش نزدیک ترین همسایه بالاترین مقدار یعنی ۱ را داراست. ضریب کاپا نشان دهنده این امر است که در شرایط یک کلاسه‌بندی تصادفی کلاسه‌بندی کننده در رابطه با کدام کلاس بهتر عمل می‌کند. دقت کاربر کلاس بوته در روش حدآستانه گذاری و نزدیک ترین همسایه برابر ۱ است. بالا بودن دقت کاربر بدان معنی است که اگر شی‌ای به یک کلاس نسبت داده شده باشد، احتمال اینکه این شی در واقعیت به این کلاس تعلق داشته باشد بسیار بالاست. دقت کاربر کلاس چمن در روش حدآستانه-گذاری به دست آمد. دقت تولیدکننده در روش نزدیک-ترین همسایه ماکزیمم است. کلاس راه در دو روش نزدیک ترین همسایه و فازی با بالاترین مقدار ضریب کاپا، دقت تولید کننده و دقت کاربر شناسایی شده‌است. این مقدار برابر ۱ است. کلاس خودرو در روش نزدیک‌ترین همسایه شناسایی نشد و علت آن را می‌توان به هم‌پوشانی زیاد نمونه‌های این کلاس با نمونه‌های کلاس راه مربوط دانست. بهره‌گیری از ویژگی‌های مختلف نتیجه بهتری را منجر نشد با کوچک‌تر شدن ابعاد اشیا تفکیک آن‌ها در قالب یک کلاس با این روش دشوارتر می‌شود. از طرفی زمان موردنیاز برای انجام کلاسه‌بندی با این روش بسیار بالاست برای مثال در سطح دوم جهت کلاسه‌بندی نیاز به ۴۰ دقیقه زمان است. در سطح سوم بالاترین مقدار دقت تولید کننده به بیشتر از ۰/۳۹۴ نرسید که نشانگر عدم موفقیت ویژگی‌ها و طبقه‌بندی‌کننده‌ها در رابطه با کلاس خودرو است. با این وجود انتساب اشیا به کلاس خودرو با دقت بالاتری انجام شده است، دقت کاربر در روش حدآستانه گذاری ۰/۹۱۷ است وضریب کاپا در برابر۰/۳۲۴ است. استفاده از قوانین پس‌کلاسه‌بندی به بهبود نتایج اولیه کلاسه‌بندی کمک شایانی نموده‌است. برای مثال

www.SID.ir

استفاده از لایه میانگین شیب جهت تفکیک کلاس خودرو از کلاس راه بعد از کلاسه‌بندی اولیه دقت کلی کلاسه-بندی را افزایش داد.

در سطح دوم نیز ماتریس خطا برای پنج کلاس در سه روش ارائه گردید. بر طبق نتایج دقت کلی و ضریب کاپای کلی در روش نزدیک‌ترین همسایه ماکزیمم است. دقت کاربر، دقت تولیدکننده و ضریب کاپای ساختمان و درختان در روش نزدیک‌ترین همسایه ماکزیمم است. کلاس بوته در روش نزدیک‌ترین همسایه بالاترین دقت کاربر یعنی مقدار ۱ را داراست. دقت تولید کننده و ضریب کاپا با روش نزدیک‌ترین همسایه به ترتیب به مقدار ۰/۸۸۶و ۰/۸۸ رسید. کلاس راه در دو روش نزدیک‌ترین همسایه و فازی ماکزیمم دقت کاربر، تولید کننده و ضریب کاپا یعنی مقدار ۱ را داراست. دقت تولیدکننده و ضریب کاپا در کلاس چمن با روش نزدیک‌ترین همسایه برابر ۱ است و دقت کاربر با روش حدآستانه به ۰/۹۸۸رسید.

در نهایت می‌توان گفت با کلاسه‌بندی در یک سطح ماکزیمم خطا در مورد کلاس بوته با روش فازی رخ داده است تعدادی از اشیای این کلاس به اشتباه به عنوان درختان کلاسه‌بندی شده‌اند. اما با کوچک‌تر شدن ابعاد اشیای تصویری عملکرد ویژگی‌ها از نظر کمی براساس دقت تولید کننده و کاربر و ضریب کاپا اندکی تغییر نموده‌است. از طرفی در روش فازی نمی توان تعداد ویژگی ها را به دلیل افزایش ابهام در مسئله بالا برد.

۵- نتیجه‌گیری

در نهایت می‌توان نتیجه تلفیق دو دسته داده ورودی در سطح تصمیم‌گیری منجر به بهره‌گیری از مزایای هر دو داده شده و هر کدام از آن‌ها توانسته محدودیت‌های دیگری را پوشش دهد. روش آنالیز شی‌مبنا با ساختار سلسله‌مراتبی خود توانسته میزان اغتشاشات در کلاسه-بندی را حداقل نماید و اعتماد به نتیجه نهایی را تضمین کند. با به کارگیری این روش فضای جستجو حداقل می-شود اما هر گونه خطا در کلاس‌های بالاتر به کلاس‌های پایین‌تر منتقل خواهد شد و عملکرد این کلاس‌ها را با ویژگی‌های مربوطه کنترل می‌نماید. در نتیجه شناسایی کلاس‌های بالاتر باید با دقت و وسواس بیشتری پیگیری شود.

۶-پیشنهادات

پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده از ترکیب لایه موج کامل و بازگشت‌های چندگانه لایدار در تلفیق با داده-های طیفی استفاده شود. روش به کار رفته در این مقاله در تولید لایه nDSM شبکه‌مبنا است، پیشنهاد می‌شود با اعمال عملگرهای پردازش تصویر نسبت به شناسایی عوارض بالای سطح زمین در لایه ارتفاعی First DSM اقدام شود. داده لایدار توانایی شناسایی عوارض شهری در یک منطقه متراکم را داراست. پیشنهاد می‌شود در مناطقی که تبادل و راه‌های چند طبقه وجود دارد توانایی لایدار مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

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

مراجع

[1] Elesaid Elhifnawy Eid, H, 2011, Automated urban features classification and recognition from combind RGB/Lidar data in Geomatics engineering, Calgary.

[2] Zhou, W. and Troy, A, 2008, An object-oriented approach for analysing and characterizing urban landscape at the parcel level Remote Sensing.

[3] Chen, Y; Su, W; Li, J and Sun, Zh, 2009, Hierarchical object oriented classification using very high resolution imagery and LIDAR data over urban areas Elsevier.

[4] Guo, Li; Chehata, N; Mallet, C and Boukir, S, 2011, Relevance of airborne lidar and multispectral image data for urban scene classification using Random Forests ScienceDirect.

Archive of SID
www.SID.ir

[5] Singh, K; Volger, J; Shoemaker, D and Meentmeyer, R, 2012, LiDAR-Landsat data fusion for large-area assessment of urban land cover: Balancing spatial resolution, data volume and mapping accuracy. Photogrammetry & Remote sensing.

[6] 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.

[7] ecognition refrence book.

[۸] بشارت، امید؛ محمدزاده، علی و عبادی، حمید، ۱۳۹۰، بهبود طبقه بندی داده های لایدار با استفاده از مفاهیم هندسی و منطق فازی، دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

[۹] انصاری، یاسر؛ محمدزاده، علی و صاحبی، محمودرضا، ۱۳۹۱، شناسایی اتوماتیک عارضه ساختمان با تلفیق داده لیدار و تصویر هوایی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در سطح پیکسل پایه و شی‌مبنا، همایش ژئوماتیک.

[۱۰] نیکفر، مریم و ولدان زوج، محمدجواد، ۱۳۸۷، به روز رسانی نقشه های پوششی ۱/۲۵۰۰۰ کشور توسط تصاویر ماهواره IRD P5 ، دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

[۱۱] قلوبی، محسن؛ ولدان زوج، محمدجواد و مهدی، مختارزاده، ۱۳۹۰، تهیه نقشه کاربری اراضی براساس طبقه¬بندی شئ گرای تصاویر سنجش از دوری، دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

Archive of SID

www.SID.ir