

بررسی امکان تشخیص گونه‌های درختی در تصاویر هوایی

رقومی به روش طبقه‌بندی شیء-پایه

- ❖ مهرنوش شبانی‌پور؛ کارشناس ارشد جنگل‌داری دانشگاه تهران، کرج، ایران.
- ❖ علی اصغر درویش‌صفت*؛ استاد گروه جنگل‌داری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
- ❖ امید رفیعیان؛ عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه مهندسی محیط زیست، تبریز، ایران.
- ❖ وحید اعتماد؛ استادیار گروه جنگل‌داری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

داده‌های سنجش از دور، به‌ویژه تصاویر هوایی رقومی با توان تفکیک مکانی و رادیومتری زیاد، می‌تواند ابزار مناسبی برای شناسایی گونه‌های درختی باشد. هدف از این تحقیق بررسی قابلیت این تصاویر و روش شیء-پایه برای تشخیص گونه‌های درختی است. به این منظور منطقه‌ای ۵/۸۶ هکتاری از پارک طالقانی تهران انتخاب شد. تصاویر دوربین UltraCam-D چهارباندی ادغام‌شده با باند پانکروماتیک با پیکسل‌هایی به ابعاد 7×7 سانتی‌متر و عمق رادیومتری ۱۲ بیت استفاده شدند. تصحیح هندسی تصاویر به کمک نقشه بزرگ‌مقیاس (۱:۲۰۰۰) منطقه و داده‌های پروازی (IMU) به روش مثلث‌بندی هوایی انجام گرفت. باندهای اصلی به همراه داده‌های تبدیلی NDVI، PCA، و HIS در فرایند قطعه‌بندی و طبقه‌بندی مورد آزمون قرار گرفتند. طبقه‌بندی به روش شیء-پایه صورت گرفت. ابتدا یک قطعه‌بندی با شاخص‌های مختلف انجام گرفت و نتیجه آن به صورت کیفی ارزیابی شد. بعد از انتخاب توصیف‌گرهای مناسب برای تفکیک طبقات، طبقه‌بندی به روش نزدیک‌ترین همسایه با تعریف نمونه‌های تعلیمی برای هر طبقه اجرا شد. با بازدیدهای میدانی واقعیت زمینی نقطه‌ای تهیه شد. ارزیابی صحت نقشه حاصل از طبقه‌بندی با نقشه واقعیت زمینی نشان‌دهنده صحت کلی ۷۸ درصد و ضریب کاپای ۰/۷۳ است. گونه‌های چنار و عرعر به ترتیب بیشترین (۰/۸۱۷) و کمترین (۰/۲۴۸) ضریب کاپای طبقه را کسب کردند. صحت کلی و ضریب کاپای خوب و برابری آن‌ها، بیانگر قابلیت خوب تصاویر مورد استفاده و روش شیء-پایه در تشخیص اکثر گونه‌های درختی مورد مطالعه است. برای ارزیابی هرچه کامل‌تر قابلیت داده‌های UltraCam-D ضرورت دارد این داده‌ها در شرایط رویشگاهی مختلف و دیگر گونه‌ها استفاده شوند.

واژگان کلیدی: پارک جنگلی شهری، تشخیص گونه‌های درختی، طبقه‌بندی شیء-پایه، قطعه‌بندی، UltraCam-D.

مقدمه

امروزه، فضای سبز و جنگل‌داری شهری نقش مهمی در بهبود شرایط زیستی و ارتقای سطح کیفی زندگی شهرنشینان ایفا می‌کنند. فضای سبز مناسب در شهرها از عوامل مؤثر در کاهش عوارض زیان‌بار توسعه نامناسب است و به‌ویژه در مورد گرد و غبار، آلودگی‌های شیمیایی، هوا، فضاها، سبز جنگلی ریه‌های تنفس شهرها به‌شمار می‌روند [۱]. امروزه، سنجش از دور، جایگاه ویژه‌ای در جنگل‌داری شهری دارد و از کارآمدترین و مناسب‌ترین ابزارها برای تولید و بهنگام‌سازی اطلاعات مربوط به جنگل و پارک جنگلی محسوب می‌شود. روش اولیه و متداول استخراج نیمه‌خودکار اطلاعات از داده‌های سنجش از دور به روش طبقه‌بندی پیکسل‌پایه^۱ بوده است که در اصل برای تصاویری با توان تفکیک مکانی متوسط و کم طراحی شده بود. در این روش، پیکسل را به‌عنوان عنصر اصلی در نظر می‌گیرند و هر پیکسل به‌تنهایی، براساس اطلاعات طیفی، بدون توجه به پیکسل‌های مجاورش طبقه‌بندی می‌شود. بنابراین، این روش در شرایطی نتایج رضایت‌بخش خواهد داشت که بازتاب طیفی پدیده‌ها کاملاً با هم متفاوت باشند. در اغلب مطالعاتی که برای تشخیص گونه‌های درختان با استفاده از داده‌های سنجش از دور انجام گرفته، این مسئله مطرح است که بازتاب طیفی ثبت‌شده به کمک سنجنده، ترکیبی از بازتاب‌های خاک، پوشش گیاهی آشکوب بالا و پایین، و اجزای مختلف درخت مثل برگ، میوه، گل، و بذر است که همگی آن‌ها در نواحی کوهستانی تحت تأثیر شیب، جهت جغرافیایی، ارتفاع، و شرایط نوردی و سایه قرار دارند [۲]. به‌طور کلی، چهار عامل بر ارزش رقومی پیکسل تأثیر می‌گذارد که شامل چگونگی بازتاب پدیده‌ها در طول موج‌های مختلف، شرایط نوردی (تأثیر جهت تابش،

سایه، و اشعه پخش‌شده در آسمان)، جذب و پخش اتمسفری، و نوع سنجنده و تنظیمات آن است. بنابراین، پدیده‌ای مانند درخت، تحت تأثیر هریک از عوامل یادشده یا تلفیقی از آن‌ها می‌تواند با بازتاب‌های متفاوتی حتی در یک منطقه و فریم نمود داشته باشد. بدین ترتیب، طبقه‌بندی پوشش گیاهی فقط با تکیه بر اطلاعات طیفی تصاویر همواره با چالش‌هایی روبه‌رو بوده است. [۳].

با روند روبه‌رشد داده‌های سنجش از دور با توان تفکیک مکانی زیاد نظیر Quick Bird و IKONOS و استفاده وسیع از این داده‌ها در زمینه‌های مختلف، مشکلاتی برای پدیده‌هایی بزرگ‌تر از ابعاد پیکسل در استفاده از رویکرد پیکسل‌پایه، که اساساً برای داده با توان تفکیک مکانی متوسط طراحی شده بودند، بروز کرد که نتایج طبقه‌بندی غیر قابل قبولی در استخراج پدیده‌های مورد نظر تولید می‌کرد. به‌طور مثال، در داده‌های با توان تفکیک مکانی متوسط نظیر لندست و نظایر آن، مخلوطی از بازتاب‌های چند درخت در یک پیکسل ثبت می‌شود، اما در داده با توان تفکیک مکانی زیاد، مجموعه‌ای از پیکسل‌ها اجزای تاج تنها یک درخت را تشکیل می‌دهند. علاوه بر مشکل ذکرشده در مورد نمود ظاهری پدیده‌ای معین به‌صورت‌های مختلف، کاهش اندازه پیکسل‌ها موجب تغییرات شدید درون طبقه‌ای^۲ به‌دلیل تفاوت‌های ساختاری درون پدیده و در نتیجه کاهش صحت طبقه‌بندی در روش سنتی پیکسل‌پایه می‌شود. با افزایش توان تفکیک مکانی، تفاوت طیفی پیکسل‌های داخل هر طبقه بیشتر می‌شود؛ تفکیک‌پذیری طبقات^۳ کاهش می‌یابد و در نتایج طبقه‌بندی به‌دلیل اینکه تک‌پیکسل‌های طبقه‌بندی‌شده، با پیکسل‌های مجاور خود تفاوت دارند، حالت فلفل‌نمکی^۴ ظاهر می‌شود [۴].

2. Intra-class
3. Class separability
4. Salt-pepper Effect

1. Pixel-base

فقط در پژوهش‌های معدودی در ایران ارزیابی شده‌اند [۲۱-۲۳]. رضایی مقدم و همکاران نیز روش شیء-پایه را برای بررسی‌های شهری و کاربری اراضی به‌کار برده‌اند [۲۴].

این تحقیق به منظور تعیین هرچه دقیق‌تر قابلیت این داده‌های هوایی رقومی و طبقه‌بندی‌کننده شیء-پایه برای تشخیص نوع گونه‌های درختی اصلی در یک پارک جنگلی دست‌کاشت در تهران انجام شده است.

منطقه مورد مطالعه و روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه و داده‌های استفاده‌شده

این پژوهش در منطقه‌ای ۵/۶۸ هکتاری از پارک طالقانی واقع در منطقه ۳ شهرداری تهران انجام گرفت. این پارک جنگلی ۷۵ گونه گیاهی، و ۴۰۵۱۴ اصله درخت و درختچه به‌صورت طبیعی و دست‌کاشت دارد. قسمت اعظم منطقه از درختان کاج،^{۱۱} سرو^{۱۲} با کمترین آمیختگی، و چنار^{۱۳} پوشیده شده است. درختان توت^{۱۴}، افاقیا^{۱۵}، ارغوان^{۱۶}، پایه‌های پراکنده نارون^{۱۷}، زبان‌گنجشک^{۱۸}، سدر^{۱۹}، عرعر^{۲۰}، و تک‌پایه‌های گردو^{۲۱} در منطقه وجود دارند.

داده‌ها

در این تحقیق از تصاویر رقومی هوایی UltraCam-D استفاده شد. این دوربین هوایی چهار باند طیفی در محدوده‌های طیفی آبی، سبز، قرمز، و مادون قرمز

در دهه‌های اخیر تمایل به تصویربرداری هوایی و پردازش رقومی بیشتر شده و با اختراع و گسترش سنجنده‌های رقومی هوایی مانند DiMAC، JAS، DMC، HRSC، ADS 40، ATM، و UltraCam فصل جدیدی در تهیه نقشه‌های موضوعی بزرگ‌مقیاس آغاز شده است [۵]. از بهترین تصاویر رقومی هوایی معمول داده‌های UltraCam-D است که با داشتن ۴ باند طیفی با توان تفکیک رادیومتری و مکانی بسیار زیاد (۱۲ بیت و با اندازه پیکسل چند سانتی‌متر و بیشتر)، منبع اطلاعاتی بسیار باارزشی در جنگل‌داری به‌شمار می‌رود. در این نوع تصاویر، که اندازه پیکسل‌ها از بسیاری از پدیده‌ها کوچک‌تر است و امکان به‌دست‌آوردن اطلاعات ترکیبی^۶ هم وجود دارد، به‌کارگیری روش شیء-پایه^۷ از نظر تئوری منطقی‌تر به نظر می‌رسد [۶-۱۳]. در این روش ابتدا تصویر قطعه‌بندی^۹ می‌شود و هر قطعه یا پدیده تصویری^{۱۰} به‌عنوان یک شیء معنی‌دار شناخته و سپس فرایند طبقه‌بندی انجام می‌گیرد [۱۴].

محققان بسیاری به استخراج اطلاعات کمی و کیفی جنگل (مانند مساحت، حجم در هکتار، تعداد در هکتار، درصد تاج پوشش جنگل، شاخص سطح برگ، و نوع گونه‌ها) براساس تصاویر رقومی هوایی پرداخته‌اند [۱۵-۱۸]. محققانی نیز به مقایسه دو روش طبقه‌بندی پیکسل-پایه و شیء-پایه پرداخته‌اند که اغلب نشان‌دهنده برتری نسبی روش شیء-پایه از نظر صحت، دقت، و همگنی اطلاعات تولیدی بوده است [۶، ۱۹، ۲۰]. کیفیت و کاربرد تصاویر دوربین رقومی

11. Pinus eldarica
12. Cupressus arizonica
13. Platanus orientalis
14. Morus alba
15. Robinia pseudoacacia
16. Cercis siliquastrum
17. Ulmus densa
18. Fraxinus excelsior
19. Cedrus deodara
20. Ailantus altissima
21. Juglan spp

1. Digital Modular Aerial Camera
2. Jena Airborne Scanner
3. Digital Mapping Camera
4. High Resolution Stereo Camera
5. Airborne Digital Sensor
6. Adaptive Triangular Mesh
7. Compositional information
8. Object-based Method
9. Segmentation
10. Segment & Image Object

با استفاده از GPS^۱ و IMU^۲ را دارند [۲۱]. به گفته دیگر، پارامترهای توجیه خارجی (X, Y, Z, ω , ϕ , κ)^۳ در هنگام پرواز ثبت می‌شود و با در اختیار داشتن داده‌های تجهیزات یادشده و بدون نیاز به نقطه کنترل زمینی می‌توان عملیات مثلث‌بندی را انجام داد. در این تحقیق برای تصحیح هندسی دقیق‌تر تصاویر، علاوه بر پارامترهای توجیه خارجی، از نقاط کنترل زمینی اخذشده از نقشه بزرگ مقیاس ۱:۲۰۰۰ از منطقه نیز استفاده شد. تصحیح هندسی در محیط نرم‌افزار LPS^۴ علاوه بر باندهای طیفی اصلی، تصاویر پردازش شده مانند NDVI^۵، HIS^۶، و PCA^۷ براساس چهار باند طیفی موجود، ایجاد و در فرایند قطعه‌بندی و طبقه‌بندی استفاده شدند.

قطعه‌بندی

قطعه‌بندی، اولین و اساسی‌ترین مرحله در طبقه‌بندی شیء پایه است. فرایند یکپارچه‌سازی پیکسل‌ها براساس همگنی پدیده‌های تصویری است و براساس شاخص‌های رنگ (Color)، شکل (Shape)، فشردگی^۸، همواری^۹، و مقیاس (Scale) کنترل می‌شود [۲۱]. قطعات باید در داخل خود همگن و فقط نماینده یک طبقه باشند، نه ترکیبی از چند طبقه و در عین حال باید در کل تصویر، ناهمگنی و اختلاف بین پدیده‌های مجاور وجود داشته باشد [۲۵]. قطعه‌بندی در یک سطح انجام شد، زیرا به دلیل تنوع گونه‌ها و نحوه آمیختگی درختان، توصیف‌گری که باعث جداسازی آسان و صحیح یک یا دو گونه خاص شود، وجود نداشت.

نزدیک و یک باند پانکروماتیک دارد. اندازه فیزیکی پیکسل معادل ۹ میکرون در باند پانکروماتیک است که به ارائه توان تفکیک مکانی بسیار زیاد منجر می‌شود [۵]. تصویر به کاررفته در این تحقیق، در چهار باند طیفی در فایل‌های ۱۶ بیتی، اخذشده در ۹ مرداد ۱۳۸۷ به صورت ادغام‌شده با باند پانکروماتیک است. هر فریم با مقیاس اسمی ۱:۸۰۰۰ و اندازه پیکسل ۷ سانتی‌متری، منطقه‌ای به ابعاد ۸۰۰×۵۵۰ متر را پوشش می‌دهد. منطقه تحقیقاتی، به ابعاد ۲۵۱۷×۴۸۵۳ پیکسل است (شکل ۱). نقشه رقومی بزرگ مقیاس ۱:۲۰۰۰ پارک طالقانی مربوط به سال ۱۳۸۴ (تهیه شده از سوی سازمان نقشه‌برداری کشور) نیز دریافت و برای تصحیح هندسی تصاویر استفاده شد.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در یک فریم تصویر UltraCam-D

پیش پردازش داده

داده‌های این دوربین قابلیت زمین مرجع کردن مستقیم

1. Global Positioning System
2. Inertial Measurement Unit
3. Exterior Orientation Parameters
4. Leica Photogrammetry Suite
5. Normalized Difference Vegetation Index
6. Hue, Intensity and Saturation Transformation
7. Principle Component Analysis
8. Compactness
9. Smoothness

گونه صورت گرفت و پراکنش مناسب پلی‌گون‌ها رعایت شد.

طبقه‌بندی

طبقات براساس فراوانی درختان اصلی تعریف شدند. سپس براساس نمونه‌های تعلیمی انتخاب‌شده برای هر طبقه و انتخاب توصیف‌گر مناسب طبقه‌بندی به روش نزدیک‌ترین همسایه استاندارد انجام شد. قطعه‌بندی و طبقه‌بندی در محیط نرم‌افزار eCognition5 انجام شد.

واقعیت زمینی

در راستای اهداف این تحقیق و به منظور ارزیابی قابلیت داده‌های استفاده‌شده و طبقه‌بندی‌کننده شیء-پایه، یک نقشه واقعیت زمینی، به روش تلفیق بازدید میدانی و تفسیر بصری تهیه شد. بدین صورت که با توجه به نمود تک‌درختان در تصویر، هوایی منطقه در مقیاس بزرگ و مناسب با ترکیب رنگی (RGB) 432 چاپ شد؛ به طوری که تاج یکایک درختان مشخص بودند. در بازدیدهای میدانی از منطقه، درختان روی تصویر شناسایی شدند و سپس در تصویر تصحیح هندسی شده، نقاطی بر روی مرکز تاج گذاشته شد و در نهایت نقشه رقومی این نقاط تهیه شد. در قسمتی از منطقه درهم‌تنیدگی و آمیختگی تاج درختان بسیار زیاد بود که تفکیک درختان را مشکل می‌کرد. بنابراین، از درختان آن محدوده برای تهیه واقعیت زمینی استفاده نشد. در نهایت، از ۶۸۸ درخت در تهیه نقشه واقعیت زمینی نقطه‌ای برای ارزیابی طبقات کاج، سرو، چنار، توت، ارغوان، افاقیا، سدر، و عرعر استفاده شد (شکل ۲).

حالت‌های مختلف قطعه‌بندی (ترکیب‌های بانندی مختلف، ضرایب وزنی متفاوت باندها، و شاخص‌های مختلف قطعه‌بندی) با آگاهی لازم و به صورت هدفمند، به صورت کیفی بررسی شدند. به این ترتیب که نتایج هر یک از قطعه‌بندی‌ها با نقشه پلی‌گونی تعدادی از تاج‌هایی که با تفسیر بصری، رقومی شده بودند، به صورت کیفی مقایسه شد [۲۰، ۲۶، ۲۷] و در نهایت شاخص‌های مطلوب طبق جدول ۱ به دست آمد. در این تحقیق، بعضی از گونه‌ها در تصاویر پردازش‌شده NDVI و PCA به طور بارزی از محیط مجاور خود متمایز بودند؛ بنابراین، با ضریب وزنی ۲ در قطعه‌بندی شرکت داده شدند.

جدول ۱. مقادیر نهایی شاخص‌های قطعه‌بندی در منطقه تحقیق

مقیاس	همواری	فشرده‌گی	شکل	رنگ
۸۰۰	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۰/۶

تعریف طبقات

ایجاد و معرفی طبقات براساس فراوانی درختان صورت گرفت. طبقات کاج، سرو، چنار، توت، افاقیا، ارغوان، سدر، و عرعر به همراه طبقه سایر، که شامل تک‌پایه‌های نارون، گردو، و صنوبر بود، معرفی شدند. برای جلوگیری از اختلاط احتمالی مناطق سایه بین تاج‌ها و زمین بدون پوشش و پیاده‌روها، با درختان، دو طبقه سایه و زمین لخت نیز ایجاد شدند.

انتخاب نمونه تعلیمی

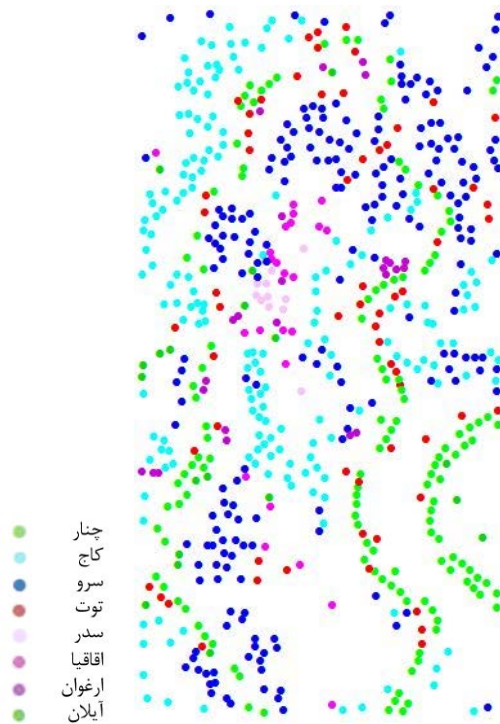
بر روی تصویر قطعه‌بندی‌شده و براساس اطلاعات میدانی، نمونه‌های تعلیمی برای تمامی طبقات موجود در منطقه با انتخاب پلی‌گون‌هایی (قطعات) معرفی شدند. انتخاب نمونه‌های تعلیمی براساس فراوانی هر

خطا در اطلاعات پروازی DGPS/IMU دانست [۲۹]. البته از مهم‌ترین مراحل که درستی اجرای آن به شدت تحت تأثیر میزان دقت هندسی تصاویر است، ارزیابی صحت نقشه حاصل از طبقه‌بندی در مقایسه با نقشه واقعیتهای زمینی است، زیرا این دو باید هندسه کاملاً یکسانی داشته باشند. اما به دلیل روش اجرا شده در زمینه تهیه نقشه واقعیتهای زمینی در این تحقیق، این میزان خطای هندسی تأثیر نامطلوبی بر نتایج ندارد. البته دلایل این خطا باید بررسی و مشکل رفع شود، زیرا داده‌های حاصل از سنجش از دور باید صحت هندسی زیادی داشته باشند.

نتیجه ارزیابی صحت تصویر حاصل از طبقه‌بندی با نقشه واقعیتهای زمینی در جدول ۲ نشان داده شده است. صحت کلی طبقه‌بندی ۷۸/۵۷ درصد و ضریب کاپا ۰/۷۳ به دست آمده است. بیشترین و کمترین ضریب کاپای طبقه مربوط به گونه‌های چنار و عرعر و به ترتیب برابر با ۰/۸۱۷ و ۰/۲۴۸ بوده است.

وزن شاخص‌های قطعه‌بندی نهایی، ۰/۶ برای رنگ و ۰/۴ برای شکل، ضرایب یکسان ۰/۵ برای همواری و فشردگی، و ۸۰۰ برای مقیاس بوده است که به صورت ارزیابی کیفی تا رسیدن به قطعات مورد نظر تعیین شدند. هرچند بسیاری از محققان [۲۶، ۳۰، ۳۱] این رویکرد را پیشنهاد کرده‌اند، اما ضرورت دارد روش‌های کمی به این منظور توسعه داده شود.

اختصاص وزن نسبتاً زیاد ۰/۶ به رنگ به سبب اهمیت عمق رادیومتری زیاد تصاویر (۱۶ بیت) است [۲۵]. قدرت تفکیک مکانی زیاد تصویر امکان بهره‌گیری از ویژگی‌های غیرطبیعی را می‌دهد که در زیرمجموعه شاخص شکل قرار می‌گیرند. البته هم‌نوع بودن پدیده‌های مورد نظر (درخت) و تشابه کلی اغلب آن‌ها از نظر شکل و بافت از یک‌سو و نمایان شدن تاج درختان از یک گونه معین، به شکل‌های مختلف در ارتباط با موقعیتشان در فریم، از دلایل اصلی اختصاص وزن کم به شاخص شکل نسبت به رنگ محسوب می‌شود [۴، ۲۳، ۲۷].



شکل ۲. پراکنش کل درختان واقعیت زمینی

نتایج و بحث

این تحقیق در منطقه‌ای کوچک در ابعاد 4853×2517 پیکسل با مساحت $5/86$ هکتار انجام شد. علت انتخاب منطقه کوچک در این تحقیق، عمدتاً حجم زیاد داده‌های ۱۶ بیتی در چهار باند با اندازه تفکیک ۷ سانتی‌متری بود که سبب کندی پردازش‌ها می‌شود. مناطق کوچک در برخی از تحقیقاتی که از نظر اندازه تفکیک مکانی تصاویر مورد استفاده و مقیاس، مشابه این تحقیق بودند نیز انتخاب شده است [۱۵، ۱۷، ۲۳، ۲۷، ۲۸].

خطای RMS فرایند تطابق هندسی برابر $0/1645$ متر بوده است. مقایسه تصویر تصحیح‌شده با نقشه بزرگ‌مقیاس $1:2000$ منطقه حاکی از این بود که تصویر در بسیاری از نقاط با نقشه مطابقت کامل نداشت و این عدم تطابق در مواردی تا ۸ متر نیز می‌رسید. دست‌نیافتن به نتیجه مطلوب در تصحیح هندسی را می‌توان ناشی از نبود و استفاده نکردن از DEM دقیق و متناسب با اندازه تفکیک تصویر (۷ سانتی‌متر) در فرایند تصحیح هندسی یا احتمال وجود

جدول ۲. ارزیابی صحت حاصل از مقایسه نتیجه طبقه‌بندی با نقشه واقعیت زمینی

نقشه	مبنا								
	چنار	توت	کاج تهران	سرو نقره‌ای	اقاقیا	ارغوان	عرعر	سدر	مجموع
چنار	۱۱۷	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱۱۸
توت	۲	۴۹	۱	۰	۵	۵	۷	۰	۶۹
کاج تهران	۷	۲	۱۵۷	۲۰	۰	۰	۰	۲	۱۸۸
سرو نقره‌ای	۱	۲	۱۳	۱۷۴	۰	۰	۰	۱	۱۹۱
اقاقیا	۰	۲	۰	۰	۱۶	۰	۳	۰	۲۱
ارغوان	۵	۹	۱۲	۱۰	۱	۲۴	۳	۱	۶۵
عرعر	۵	۱	۰	۰	۲	۱	۵	۰	۱۴
سدر	۰	۰	۳	۶	۰	۵	۰	۸	۲۲
مجموع	۱۳۷	۶۵	۱۸۶	۲۱۰	۲۴	۳۵	۱۹	۱۲	۶۸۸
ضریب کاپای طبقه	۰/۸۱۷۰	۰/۷۱۴۳	۰/۷۴۵۰	۰/۷۴۸۲	۰/۶۵۶۴	۰/۶۵۳۲	۰/۲۴۸۱	۰/۵۶۵۹	
صحت تولیدکننده %	۸۴/۷۴	۷۴/۲۴	۸۱/۳۵	۸۱/۶۹	۶۶/۶۷	۶۸/۵۷	۲۶/۳۲	۶۶/۶۷	
صحت کاربر %	۹۹/۱۵	۷۱/۰۱	۸۳/۵۱	۹۱/۱۰	۷۶/۱۹	۳۶/۹۲	۳۵/۷۱	۳۶/۳۶	
صحت کلی %	۷۸/۵۷								
ضریب کاپای کلی	۰/۷۳۰۰								

بنابراین، نتیجه هیچ نوع قطعه‌بندی پذیرفته نخواهد شد، مگر اینکه از دید مفسر راضی‌کننده باشد [۲۰، ۲۶، ۳۳، ۳۸، ۳۹، ۴۰]. بیشترین کاپای طبقه برای طبقات چنار و سرو نقره‌ای به ترتیب ۰/۸۱ و ۰/۷۴ است. بالابودن صحت طبقه‌بندی این طبقات در مقایسه با سایر طبقات ممکن است ناشی از تفاوت بازتاب آن‌ها نسبت به دیگر گونه‌ها و همچنین آمیختگی کمتر با سایر درختان باشد. در تصویر رنگی (RGB) 432 تفاوت رنگ این دو گونه در مقایسه با دیگر درختان مشهود است (شکل ۳).



شکل ۳. تفاوت نمود درختان چنار (فلش زرد) و سرو نقره‌ای (فلش سبز) در تصویر رنگی (RGB) 432

شاخص فشردگی برای ایجاد قطعات فشرده و فاقد زواید و شاخص همواری به منظور به دست آوردن قطعاتی با مرزهای هموار، نرم، و بدون دندان استفاده می‌شود. در این تحقیق، مقادیر مختلف این دو شاخص با ثابت نگه داشتن شاخص‌های دیگر به دفعات مورد آزمون قرار گرفت و تأثیر هر کدام، با محدوده مورد انتظار تاج درختان بر اساس تصویر و پلی‌گون‌های ترسیم شده، مقایسه شد که بهترین نتیجه، در حالتی که مقادیر شاخص به صورت مساوی لحاظ می‌شدند، به دست آمد. این جمع‌بندی با نتایج تحقیقات [۲۳، ۲۷، ۳۲، ۳۳، ۳۴] نیز همخوانی دارد.

قطعه‌بندی هم از نظر هندسی (انطباق دقیق مرز قطعات بر پدیده‌ها) و هم از نظر مفهومی (اختصاص هر قطعه فقط برای یک طبقه) ارزیابی می‌شود [۴]. روش‌های مختلف ارزیابی نتایج قطعه‌بندی را محققانی [۳۵-۳۷] بررسی کرده‌اند، اما مطمئن‌ترین روش ارزیابی، ارزیابی بصری شخص مفسر است.

شکل خیلی بهتری در مقایسه با حالتی که فقط تصویر دوبعدی تاج درختان نمایان است صورت گرفته است [۱۷، ۴۱، ۴۵]. اما این نوع داده کمکی، به ویژه در مناطق جنگلی و پارک‌های جنگلی ایران، اغلب تهیه نشده و تهیه آن نیازمند صرف هزینه زیادی است.

تفکیک رادیومتری تصویر مورد استفاده در این تحقیق ۱۶ بیت بود. این افزایش دامنه رادیومتری زیاد در مقایسه با داده‌های متداول، که ۸ بیتی‌اند، اطلاعات و جزئیات بیشتری از پدیده‌های پوشش زمین به دست می‌دهد. همچنین در مناطق به شدت روشن یا تاریک، که در تصاویری با توان تفکیک رادیومتری کم قابل مشاهده نیستند و معمولاً حالت اشباع شده دارند، این عمق رادیومتری اطلاعات مفیدتری ارائه می‌کند؛ البته، حجم بسیار زیاد و زمان‌بر بودن پردازش از محدودیت‌های این تصاویر محسوب می‌شود [۵]. از این رو، پیشنهاد می‌شود نقش عمق‌های رادیومتری متفاوت در صحت نتایج طبقه‌بندی بررسی شود.

همچنین پیشنهاد می‌شود توانمندی فنون دیگر طبقه‌بندی شیء-پایه، مانند رویکرد فازی [۴۶] و معیارهای کمی مقایسه نتایج قطعه‌بندی‌ها [۴۷]، نیز به کار گرفته و بررسی شود. نیز توصیه می‌شود متخصصان مربوط، مسئله نبود دقت مناسب در فرایند تصحیح هندسی را بررسی کنند.

نتیجه‌گیری

هرچند شناسایی و تفکیک نوع گونه درختان براساس داده‌های سنجش از دور در مجموع پیچیده است، انتظار می‌رفت با این گونه تصاویر با توان تفکیک مکانی و طیفی بسیار زیاد و همچنین روش شیء-پایه بتوان به صحتی بیشتر از ۷۸/۵۷ درصد دست یافت. بنابراین، ضرورت دارد تحقیقات تکمیلی به ویژه در زمینه ارزیابی پارامترهای قطعه‌بندی و ارزیابی مطلوبیت نتایج آن در راستای استخراج هرچه بهتر اطلاعات انجام گیرد.

طبقه عرعر با صحت کاپای طبقه ۰/۲۴۸۱ با کمترین صحت تفکیک شده است. علت آن را می‌توان تشابه طیفی عرعر با توت، زبان گنجشک، و نارون و آمیختگی و درهم‌پیچیدگی آن با این گونه‌ها ذکر کرد. در تصویر رنگی (RGB) 432 شباهت نمود این گونه با توت، زبان گنجشک، و نارون به خوبی مشهود است (شکل ۴).

با مقایسه این تحقیق با تحقیقات مشابه، نتایج حاصل نسبتاً هم‌سطح ارزیابی می‌شود. برای مثال، با استفاده از داده LiDAR و تصاویر هوایی در جنگل‌های کره جنوبی، سه طبقه کاج، لاریکس، و بلوط با صحت کلی ۷۶/۸۸ درصد تفکیک شدند [۴۱]. همچنین، در مطالعه‌ای که با استفاده از تصاویر هوایی رقومی برای شناسایی گونه‌های درختی در جنگل‌های آمیخته صورت گرفت، صحت حدود ۵۰ درصد به دست آمده است [۴]. این مقدار در تحقیقات مشابه دیگر حدود ۴۰ درصد تا ۷۵ درصد است [۴۲-۴۴].



شکل ۴. تصویر رنگی (RGB) 432 درهم‌آمیختگی و پیچیدگی تاج عرعر (فلش زرد) با درختان دیگر

در تحقیقاتی مشابه، با وارد کردن عامل ارتفاع (DSM) به عنوان داده کمکی، تفکیک و تمایز تاج درختان، هم در فرایند قطعه‌بندی و هم طبقه‌بندی، به

References

- [1]. Teimouri, S., Fegghi, J., and Sharifi, M. (2010). Investigation on the status a of green space and urban parks (current status and potential) with GIS & RS technology. The 18th Geomatic conference. May 9-10 Tehran, Iran.
- [2]. Lennartz, S.P., and Congalton, R.G. (2004). Classifying and mapping forest cover types using IKONOS imagery in the northern United States, Proc. ASPRS Annual Conference, Denver, Colorado.
- [3]. Lumme, J. (1992). Forest classification using high spectral and spatial resolution data, http://www.foto.hut.fi/~jlumme/earsel_lumme.pdf.
- [4]. Yu, Q., Gong, P., Clinton, N., Biging, G., Kelly, M., and Schirokauer, D. (2006). Object-Based detailed vegetation classification with airborne remote sensing imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72(7): 799-811.
- [5]. Leberl, F., and Gruber, M. (2005). UltraCam-D; Understanding some noteworthy capabilities, <http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/phowo05/090leberl.pdf>.
- [6]. Shataee S., Darvishsefat, A., and Sobhani, H. (2007). Comparison of pixel-based and object-based approaches for forest type mapping using satellite data. *Iranian Journal of Natural Resources*, 60(3): 869-881.
- [7]. Cleve, C., Kelly, M., Kearns, F.R., and Moritz, M. (2008). Classification of the wild land-urban interface: A comparison of pixel- and object-based classifications using high- resolution aerial photography, *Computers, Environment and Urban Systems*, 32(4): 317-326.
- [8]. Kelly, M., and Shaari, D. (2004). A comparison of standard and hybrid classifier methods for mapping hardwood mortality in areas affected by “sudden oak death”.. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70(11): 1229–1239.
- [9]. Dean, A.M., and Smith, G.M. (2003). An evaluation of per-parcel land cover mapping using maximum likelihood class probabilities. *International Journal of Remote Sensing*, 24: 2905–2920.
- [10]. Smith, P.C., Dellepiane, S.G., and Schowengerdt, R.A. (1999). Quality assessment of image classification algorithms for land-cover mapping: a review and proposal for a cost-based approach. *International Journal of Remote Sensing*, 20: 1461-1486.
- [11]. De Kok, R., Schneider, T., and Ammer, U. (1999). Object-based classification and application in the Alpine forest environment. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 32, Part 7-4-3 W6.
- [12]. Kass, S., Notarnicola, C., and Zebisch, M. (2010). Object- based approach to map semi-natural areas in mountain region with high spatial resolution images. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-4/C7.
- [13]. Johansen, K., Roelfsema, C., and Phinn, S. (2008). Special Feature - High spatial resolution remote sensing for environmental monitoring and management. *Journal of Spatial Science*, 52(1): 43-47.
- [14]. Gao, Y., and Mas, J.F. (2008). A comparison of the performance of pixel-based and object-based classifications over images with various spatial resolution. *Journal of Earth Sciences*, 2(1): 27-35.
- [15]. Laliberte, A.S., and Rango, A. (2008). Incorporation of texture, intensity, hue and saturation for rangeland monitoring with unmanned aircraft imagery. Proc. 2nd Int. Conference on Geospatial Object-based Image Analysis (GEOBIA 2008), Alberta, Canada.
- [16]. Brandtberg, T. (1999). Automatic individual tree based analysis of high spatial resolution remotely sensed data, PhD. thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, 155 pp.

- [17]. Baltsavias, E., Eisenbeiss, H., Akca, D., Waser, L.T., Kuckler, M., Ginzler, C., and Thee, P. (2007). Modeling fractional shrub/tree cover and multi-temporal changes using high-resolution digital surface models and CIR-aerial images, Gemeinsame Jahrestagung der SGPBF, DGPF und OVG, BASEL, 287-297. http://www.photogrammetry.ethz.ch/general/person_s/devrim-publ.html.
- [18]. Ozdemir, I., Norton, D., Ozkan, U.Y., Mert, A., and Senturk, O. (2008). Estimation of tree size diversity using object-oriented texture analysis and ASTER imagery. *Sensors*, 8: 4709-4724.
- [19]. Chang, A., Kim, J.O., Ryu, K., and Kim, Y. (2008). Comparison of methods to estimate individual tree attributes using color aerial photographs and LiDAR data. *WSEAS Transactions on Signal Processing*, 4(1): 21-27.
- [20]. Baatz, M., and Schape, A. (1999). Object-oriented and multi-scale image analysis in semantic network, in Proc. of 2nd Int. symposium on operationalization of remote sensing. Enscheda, ITC, 148-157.
- [21]. Masoumi, H. (2006). Geometric calibration of digital aerial camera UltraCam-D. *Sepehr Journal, National Geographical Organization*, (55): 25-35.
- [22]. Sohrabi, H. (2009). Application of visual and digital interpretation in forest inventory. Ph.D. thesis, Faculty of Natural Resources and Marine Science, Tarbiat Modares University. 110 pp.
- [23]. Rafieyan, O., Darvishsefat, A.A., Babaii, S., and Mataji, A. (2011). Object-based classification of UltraCamD imagery for identification of tree species in the mixed planted forest. *Caspian Journal of Environmental Sciences (CJES)*, 9(1): 67-79.
- [24]. Rezaei moghadam, M.H., Rezaei Banafsheh, M. Feyzizadeh, B., and Nazmfar, H. (2010). Land use /land cover classification based on Object-oriented technique and satellite image Case study: West Azerbaijan Provinces. *Watershed Management Researches Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 87(2): 19-32.
- [25]. Definiens Imaging GmbH, (2006). Definiens Professional5 User Guide, <http://read.pudn.com/downloads112/ebook/467360/eCognition5.0UserGuide.pdf>
- [26]. Mathieu, R., Aryal, J., and Chong, A.K. (2007). Object-based classification of IKONOS imagery for mapping large-scale vegetation communities in urban areas. *MDPI, Sensors*, 7: 2860-2880.
- [27]. Darvishsefat, A., Rafieyan, O., Babaii Kafaki, S., and Mataji, A. (2010). Evaluation of UltraCam-D images capability for tree species identification using object-based method in the even-aged mixed forestation. *Iranian Journal of Forest*, 2(2): 165-176.
- [28]. Laliberte, A.S., and Rango, A. (2008a). Correlation of object-based texture measures at multiple scales in subdecimeter resolution aerial photography, Proc. 2nd Int. Conference on Geospatial Object-based Image Analysis (GEOBIA 2008), Alberta, Canada.
- [29]. Saadatseresht, M. (2010). Evaluation Geometric capability of UltraCam-D aerial images. The 18th Geomatic conference. May 9-10 Tehran, Iran.
- [30]. Definiens, (2007). Definiens Developer 7, User Guide. Definiens imaging GmbH, Muenchen, Germany.
- [31]. Flanders, D., Hall-Beyer, M., and Pereverzoff, J. (2003). Preliminary evaluation of eCognition object-based software for cut block delineation and feature extraction. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 29: 441-452.
- [32]. Gao, Y., Mas, J.F., Niemeyer, I., Marpu, P.R., and Palacio, J.L. (2007). Object based image analysis for a forest area land-cover mapping, In: Proc. International Symposium for Spatial Data Quality (ISSDQ), Enscheda, <http://www.itc.nl/issdq2007/proceedings/poster.html>.
- [33]. Abbas, S., Qamer, F.M., Rana, A.D., Hussain, N., and Saleem, R. (2010). Application of object based image analysis for forest cover assessment of moist temperate Himalayan forest in Pakistan, <http://geobia.ugent.be/proceedings/html/papers.html>.
- [34]. Onishi, N. (2004). Approach to hierarchical forest cover type classification with object-oriented method, 25th ACRS 2004 Chiang Mai, Thailand, 1701-1704.

- [35]. Zhang, Y., (1996). A Survey on evaluation methods for image segmentation, *Pattern Recognition*, 29(8): 1334-1346.
- [36]. Levine, M.D., and Nazif, A.M. (1985). Dynamic measurement of computer generated image segmentation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 7(5): 570-585.
- [37]. Hoover, A. (1996). An experimental comparison range image segmentation algorithms. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 18(7): 673-689.
- [38]. Matinfar, H.R., Sarmadian, F. Alavi Panah, S.K., and Heck, R.J. (2007). Comparisons of object-oriented and pixel-based classification of land use/land cover types based on landsat7, ETM+ spectral bands (case study: arid region of Iran). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science*, 2(4): 448-456.
- [39]. Schiewe, J. (2002). Segmentation of high-resolution remotely sensed data concepts, application and problem, *Proc. Symposium on Geospatial Theory, Processing and Application*, Ottawa, Canada, 235-242.
- [40]. Baatz, M., Benz, U., Dehghani, S., Markus, H., Peter, H., Iris, L., Matthias, M., Malte, S., Michaele, W., and Gregor, W. (2004). *eCognition user guide*, Definiens Imagine, GmbH, Munchen, Germany.
- [41]. Kwak, D.A., Lee, W.k., and Son, M.H. (2005). Application of LiDAR and digital aerial photograph for precise forest inventory. *Esri International User Conference*, SanDiego, USA.
- [42]. Geroesz, F.J., and Kastdelan, L. (2007). Mapping trees and thicket with optical images, *oppdrags rapport (5)*, Hedmark University, 3pp.
- [43]. Haara, A., and Haarala, M. (2002). Tree species classification using semi-automatic delineation of trees on aerial images. *Scandinavian Journal of Forest Resources*, (17): 556 -565.
- [44]. Kamagata, N., Hara, K., Mori, M., Akamatsu, Y., Li, Y., and Hoshino, Y. (2006). A new method of vegetation mapping by object-based classification using high resolution satellite data. *Commission VIII, WG VIII/11*. www.isprs.org/proceedings/XXXVI/4-C42/papers.htm.
- [45]. Ali, S.S., Dareb, P., and Jonesc, S.D. (2008). Fusion of remotely sensing multi-spectral imagery and Lidar data for forest structure assessment at the tree level, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XXXVII. Part B7. Beijing 2008, <http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/7-pdf/6-WG-VII-6/07.pdf>.
- [46]. Zhang, Y., and Maxwell, T. (2006). A fuzzy logic approach to supervised segmentation for object -oriented classification. *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Annual Conference*. May. 1-5 Reno, Nevada.
- [47]. Clinton, N., Holt, A., Scarborough, J., Yan L., and Gong, P. (2010). Accuracy assessment measures for object-based image segmentation goodness. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 76(3): 289-299.