دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

شناسایی گونه‌های درختی در توده‌های پهن‌برگ آمیخته جنگل‌های خزری با استفاده از تصاویر پهپاد (مطالعه موردی: جنگل دارابکلا)

میلاد پوراحمد[۱]، جعفر اولادی[۲] و اصغر فلاح[۳]

۱- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: miladpourhmad@yahoo.com)
۲ و ۳- دانشیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
تاریخ دریافت: ۹۷/ ۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۲۱

چکیده

تصاویر پهپاد، با توان تفکیک مکانی بالا، یک منبع اطلاعاتی باارزش برای تهیه نقشه پوشش زمین و اطلاعات موضوعی به‌ویژه تشخیص گونه‌های درختی هستند. هدف از این تحقیق بررسی قابلیت تصاویر پهپاد و روش شیءپایه در تشخیص گونه‌های درختی در جنگل‌های پهن‌برگ خزری است. به‌این منظور بخشی از پارسل ۲۴ در سری یک دارابکلای مازندران انتخاب شد. نقشه واقعیت زمینی موقعیت گونه‌های غالب از طریق ثبت دقیق با الگوریتم تعیین مختصات جغرافیایی با استفاده از فاصله و آزیموت در نرم‌افزار متلب تهیه شد. پس از پردازش‌های مناسب بر روی تصاویر، طبقه‌بندی به روش شیءپایه بر روی مجموعه تصاویر در سه ارتفاع پروازی ۱۰۰، ۷۵ و ۵۵ متری به دو صورت طبقه‌بندی یک مرحله‌ای و طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی انجام شد. در روش شیءپایه از فن نزدیک‌ترین همسایه برای طبقه‌بندی گونه‌ها استفاده شد. ارزیابی صحت نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی‌ها با استفاده از ۵۰ درصد نمونه‌های واقعیت زمینی انجام گرفت. نتایج نشان داد که نقشه حاصل از طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی به روش شیءپایه در ارتفاع پروازی ۵۵ متر بهترین توانایی تشخیص گونه‌های درختی را در بین سه ارتفاع، با ضریب کاپای ۰/۸۱ و صحت کلی ۸۷ درصد داراست.

واژه‌های کلیدی: پهپاد، تعیین گونه، شیءپایه، طبقه‌بندی جنگل

مقدمه

اهمیت جنگل‌های شمال کشور از نظر تجاری و زیست‌محیطی ایجاب می‌کند که همواره اطلاعات کمی و کیفی دقیقی از آن تهیه و تغییرات مربوط به آن در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت تعیین شود (۲۴). کسب این آگاهی برای مدیریت و برنامه‌ریزی مؤثر در جنگل، نیازمند آماربرداری زمینی، استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و بهره‌گیری مناسب از سامانه‌های اطلاعات مکانی است (۷). در سال‌های اخیر، تکنیک‌های سنجش از دور به‌طور فزاینده‌ای برای ارزیابی منابع جنگلی، به‌طور مستقیم و غیرمستقیم مورد استفاده قرار گرفته است (۳۰). علوم ژئوماتیک و نقشه‌برداری نیز همواره از رشد و توسعه فن‌آوری در جهت ارتقاء کیفیت داده‌های جمع‌آوری‌شده چه به لحاظ مادی و چه نیروی انسانی و زمان بهره برده است و از مهم‌ترین دستاوردهای دهه اخیر که بهره‌گیری از آن‌ها در نقشه‌برداری توجه زیادی را به خود معطوف کرده، پرنده‌های بدون سرنشین (UAVs)[۱] یا همان پهپادها می‌باشند. پیشرفت در زمینه‌های فن‌آوری هواپیمای بدون سرنشین و پردازش داده‌ها، افق‌های جدیدی را در استفاده از داده‌های سنجش از دور در جنگل‌ها را گشوده و به‌دست آوردن تصاویر با وضوح بالا و داده‌های سه‌بعدی را به‌راحتی و مقرون به صرفه در دسترس مهندسین جنگل قرار داده است (۱۷). در واقع، پهپاد را می‌توان ابزاری مقرون به صرفه به‌عنوان چشم جنگلبانان در آسمان شناخت که قادر به انجام اندازه‌گیری‌های جنگل و تجزیه و تحلیل آن‌ها به‌صورت دوره‌ای است (۴۱). این ماشین‌های سبک وزن را می‌توان به‌آسانی از روی زمین هدایت کرد و در زیر پوشش ابرها پرواز داد. با در دسترس بودن طیف وسیعی از سنسورها، پهپادها به کاربران اجازه می‌دهند تا انواع متفاوتی از رزولوشن‌های مورد نیاز را در اختیار داشته باشند درنتیجه فرصت‌های جدیدی برای مدیران جنگل‌ها ایجاد می‌شود (۳۵). در دهه گذشته مطالعات بر جستجوی قابلیت‌های پهپادها در تعیین مدل‌های ارتفاعی تاج (CHMs)[۲] متمرکز شده‌اند و از قابلیت‌های بالقوه پهپادها در شناسایی ارتفاع نوک درختان، تخصیص تاج درخت و سپس برآورد پارامترهای ریخت‌شناسی تاج مانند ارتفاع، قطر و انحنای سطح تاج نام برده‌اند (۳۱). پیش از این، تک‌درخت‌ها از تصاویر پهپاد با استفاده از تقسیم‌بندی تصویر عمدتاً با استفاده از ویژگی‌های بافتی شناسایی می‌شدند، امّا با پیشرفت روش‌های تطبیق‌پذیری تصویر و قدرت محاسبات ابر نقاط مدل‌های سه‌بعدی در فتوگرامتری، این روش جایگزین روش‌های قبلی شده است (۲۱). روش‌های مختلفی برای شناسایی و تعیین درختان از مدل‌های ارتفاع تاج مشتق شده از لیدار (LiDAR)[۳] وجود دارد با این وجود، این روش‌ها عمدتاً برای اندازه‌گیری فضاهای بزرگ یا اشیاء طراحی شده‌اند و نیاز به سنسور گران، پرسنل آموزش‌دیده و فن‌آوری دقیق محاسباتی برای دستیابی به نتایج دقیق دارند؛ بنابراین، چگونگی جمع‌آوری داده‌های با وضوح بالا برای ارزیابی ویژگی‌های درخت در مورد مناطق کوچک مورد مطالعه، با توجه به هزینه‌های مرتبط با آن، یک چالش کلیدی است (۴۱). پژوهش‌های پیشین تأیید کرده‌اند که داده‌های حاصل از سنجش از دور با فراهم آوردن دید تقریباً عمودی، ابزاری مناسب برای تشخیص تاج درختان به حساب می‌آیند، اگرچه بررسی‌های قبلی نشان داده‌اند که بسیاری از تصاویر تهیه‌شده از سنجنده‌های نصب‌شده بر سکوهای ماهواره‌ای از توان تفکیک مکانی و زمانی مناسبی برخوردار نیستند و نمی‌توانند

1- Unmanned Aerial Vehicles 2- Canopy height models 3- Light Detection and Ranging

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1397.6.11.5.6]
[DOI: 10.29252/ifej.6.11.61]

در تشخیص گونه‌ها مناسب باشند (۳۹)؛ امّا پیشرفت‌های اخیر در فن‌آوری سنجنده‌ها امکان دسترسی به تصاویر ماهواره‌ای با توان تفکیک مکانی بالا (به‌عنوان مثال worldview) را به‌وجود آورده‌اند ولی هزینه آن در مطالعه ویژگی‌های تک‌درختان زیاد است (۵). هم‌چنین سنجنده‌های نصب‌شده روی سکوهای هوابرد که تصاویری با توان تفکیک زیاد تهیه می‌کنند (به‌عنوان مثال تصاویر التراکم (UltraCam) با توان تفکیک شش سانتی‌متر) نیز گران بوده و تهیه مناسب برای پایش تغییرات در پوشش گیاهی دشوار است.

افزون‌بر این موضوع، دسترسی به تصاویر هوایی در زمان‌های مختلف مستلزم ثبت سفارش و صرف هزینه زیاد است. پیشرفت‌های اخیر در علم سنجش‌ازدور دسترسی به تصاویر هوایی برداشت‌شده به‌وسیله پرنده هدایت‌پذیر از دور (پهپاد) یا وسیله نقلیه هوایی بدون سرنشین (UAV) را فراهم کرده است. از ویژگی‌های مهم پهپاد تهیه تصاویر هوایی با تلفیقی از توان تفکیک مکانی بسیار زیاد و توان تفکیک زمانی مورد نظر پژوهشگر است. افزون‌بر این دو ویژگی هزینه عملیاتی و پیچیدگی آن در مقایسه با سایر ابزارهای اشاره‌شده بسیار کمتر است (۶،۵). باوجود این ویژگی‌های مناسب، بررسی کارایی پهپادها در تشخیص گونه‌ها در این ناحیه رویشی ضروری به‌نظر می‌رسد. هم‌چنین سنجنده‌های نصب‌شده روی آن‌ها مانند دوربین‌های تجاری با قابلیت ثبت طیف مرئی (قرمز، سبز و آبی) و در برخی موارد مادون‌قرمز نزدیک باید مورد مطالعه دقیق قرار بگیرند تا قابلیت آن‌ها در تشخیص گونه‌ها تأیید شود (۴). اگرچه تاکنون در داخل کشور برای تشخیص گونه‌های درختی با استفاده از این تصاویر هوایی حاصل از پهپاد کمتر مطالعه شده است ولی عملکرد این داده‌ها در پایش تغییرات گیاهان زراعی (۳۵،۳۲) و هم‌چنین اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های درختان نظیر مساحت تاج، ارتفاع و تراکم (۱۶،۱۵،۵) تأیید شده است.

البته لازم به ذکر است که در مطالعات انجام‌شده به برخی ویژگی‌های منفی این داده‌ها (اعم از مدت کمِ زمان پرواز، هزینه زیاد در سطوح وسیع و حجم زیاد تصاویر) نیز اشاره شده است که کاربرد آن‌ها را محدود می‌کند (۴). نکته مهم در این زمینه اجرای روش بهینه طبقه‌بندی و استخراج اطلاعات مفید از این داده‌های با توان تفکیک مکانی زیاد است. همیشه با افزایش توان تفکیک مکانی تصویر نتیجه طبقه‌بندی بهتر نمی‌شود چراکه کاهش اندازه پیکسل‌ها موجب تغییرات شدید درون طبقه‌ای و کاهش صحت طبقه‌بندی در روش‌های سنتی پیکسل پایه می‌شود (۲۶). با افزایش توان تفکیک مکانی، تفاوت طیفی پیکسل‌های داخل هر طبقه بیشتر می‌شود، تفکیک‌پذیری طبقات کاهش می‌یابد و در نتایج طبقه‌بندی به دلیل این‌که تک پیکسل‌های طبقه‌بندی‌شده با پیکسل‌های مجاور خود تفاوت دارند حالت فلفل نمکی ظاهر می‌شود (۴۰). از سوی دیگر در این نوع تصاویر از آنجا که اندازه پیکسل‌ها از بسیاری از پدیده‌ها کوچک‌تر است و امکان به‌دست آوردن اطلاعات ترکیبی از آن‌ها وجود دارد، روش شیءپایه از نظر تئوری و عملی منطقی‌تر است (۲). این روش به‌ویژه در جنگل، تغییرات طیفی منطقه‌ای ناشی از بافتِ تاج درختان، فاصله بین تاج‌ها و سایه را کاهش می‌دهد و با ایجاد قطعات همگن امکان لحاظ کردن هم‌زمان ویژگی‌های طیفی و هندسی (مانند شکل، اندازه و بافت) را در طبقه‌بندی فراهم می‌آورد (۴۰).

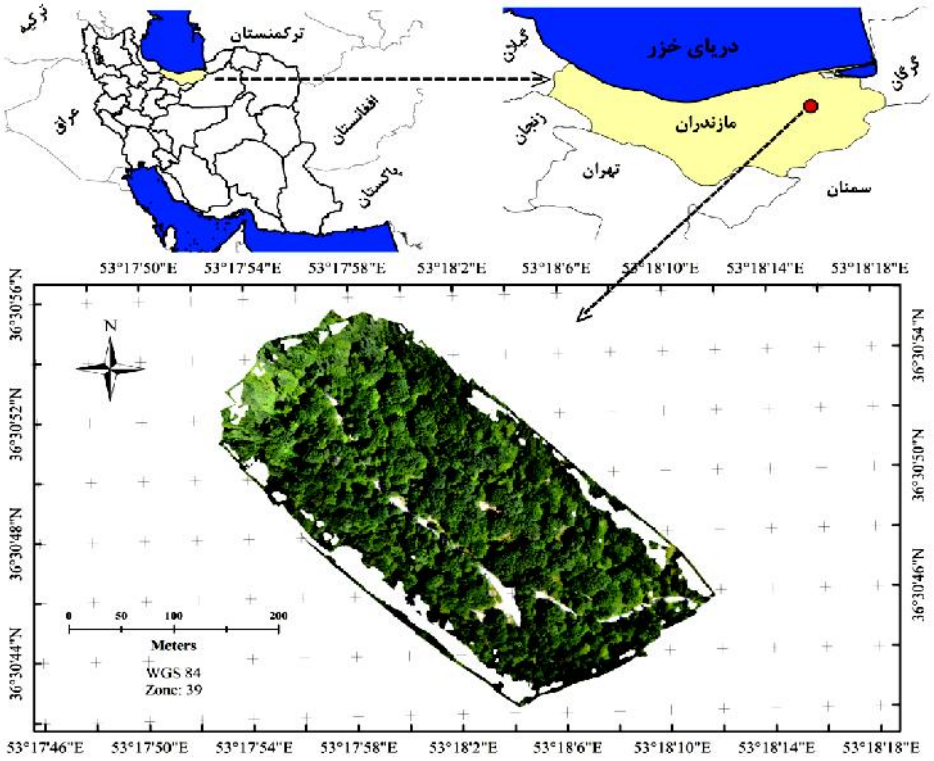
طبقه‌بندی شیءپایه از دو مرحله قطعه‌بندی و طبقه‌بندی تشکیل‌شده است که مرحله قطعه‌بندی تأثیر مستقیمی بر روی طبقه‌بندی دارد. با توجه به مطالعات و تحقیقات انجام‌شده، Wang و همکاران (۳۷)، Torres و همکاران (۳۲)، Chan و همکاران (۳)، رفیعیان و همکاران (۲۲)، شتایی (۲۸)، شعبانی‌پور (۲۷) و قاسمی (۹) در این تحقیق از روش شیءپایه برای تشخیص گونه‌ها در تصاویر باکیفیت استفاده شده است. عامری و همکاران (۱) نیز با معرفی کردن پهپادها به‌عنوان سکوهای ارزان‌قیمت و در دسترس نقش مهم آن‌ها را در تأمین اطلاعات مکانی موردنیاز مطرح کردند. چناری و همکاران (۴) از تصاویر پهپاد برای برآورد مساحت تاج‌پوشش درختان بنه در جنگل‌های زاگرس استفاده کرده است که آن را ابزاری مناسب برای شناسایی و اندازه‌گیری ویژگی‌های درختان بیان کرده است. در این مطالعه به بررسی قابلیت‌های پهپاد در تشخیص گونه‌های درختان جنگل آمیخته در سه ارتفاع مختلف پرداخته شد تا افزون‌بر تعیین قابلیت آن در تشخیص گونه‌ها، ارتفاع مناسب پرواز برای به دست آوردن ویژگی‌های کمی و کیفی تعیین شود که جزء نوآوریِ تحقیق محسوب می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

پژوهش حاضر در مساحت تقریبی ۳ هکتار از پارسل ۲۴ سری یک جنگل دارابکلای مازندران انجام شد که در حوزه آبخیز شماره ۷۴ قرار دارد. جهت عمومی پارسل‌های سری یک دارابکلا شمالی است تیپ جنگل در ارتفاعات پایین بلوط- ممرز، ممرز- انجیلی و ممرز- راش و در ارتفاعات بالا (بالای ۷۰۰ متر) راش- ممرز یا راش خالص است.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1397.6.11.5.6]
[DOI: 10.29252/ifej.6.11.61]



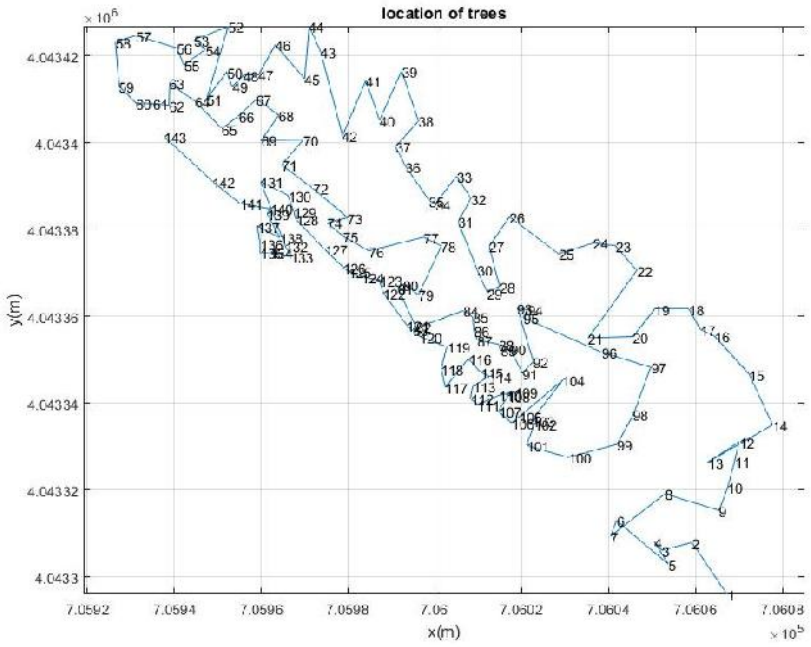
شکل ۱- منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Study area

داده‌های مورداستفاده

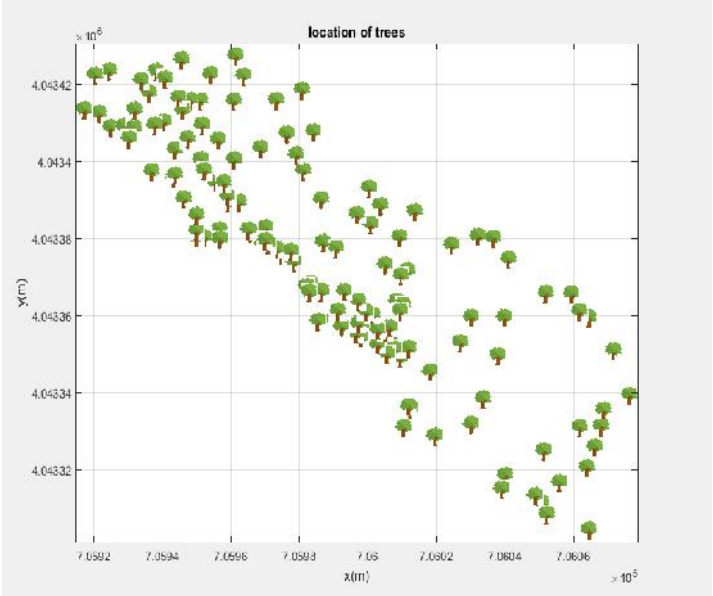
نقشه واقعیت زمینی

در مطالعات مربوط به سنجش‌ازدور به‌منظور ارزیابی صحّت نقشه‌های تولیدشده، از نقشه واقعیتِ زمینی به‌صورت صددرصد یا نمونه‌ای با استفاده از تفسیر عکس‌های هوایی و یا روش میدانی تهیه می‌شد. روش میدانی رایج‌ترین روش محسوب می‌شود و در بیشتر مواقع به‌دلیل صرف هزینه و زمان جز برای مناطق کوچک توصیه نمی‌شود. در تحقیق حاضر نقشه واقعیت زمینی به‌صورت روش میدانی و به صورت آماربرداری صددرصد تهیه شد. در این مطالعه سعی شد که گونه‌های غالب منطقه که شامل بلوط، راش و ممرز به‌صورت تک‌درخت ثبت شوند. به‌دلیل محدودیت دریافت سیگنال‌های ماهواره‌ای در زیر تاج‌پوشش، استفاده از GPS برای تعیین موقعیت تک‌درختان امکان‌پذیر نیست (۱۰). به‌منظور ثبت دقیق موقعیت مکانی تک‌درختان، یک درخت به‌عنوان درخت مبدأ انتخاب شد و آزیموت از درخت اول نسبت به درخت همسایه اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری آزیموت، فاصله بین دو درخت اندازه‌گیری شد و به همین ترتیب دو پارامتر آزیموت و فاصله تمامی درختان در منطقه موردمطالعه نسبت به درخت ماقبل اندازه‌گیری شد. پس از به‌دست آوردن داده‌های موردنیاز جهت تعیین مکان دقیق هر درخت در صفحه مختصات با استفاده از نرم‌افزار MATLAB، درخت نخست را به‌عنوان مبدأ مختصات در نظر گرفته و درخت دوم را با توجه به فاصله و آزیموت نسبت به درخت قبل ترسیم کرده و به همین ترتیب درختان نسبت درخت ماقبل خود در صفحه مختصات جانمایی شدند. در پایان با وارد کردن مختصات زمینی نقطه نخست، مختصات نقاط زمینی سایر درختان به دست آمد. مختصات اولین درخت برداشت‌شده در سیستم UTM دارای طول جغرافیایی ۷۰۶۰۷۶ و عرض جغرافیایی ۴۰۴۳۲۹۶ و ۵۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا است. با قرار دادن این مختصات در الگوریتم نقشه موقعیت ۱۴۲ درخت از گونه‌های بلوط، راش و ممرز (بردار نقطه‌ای) در حیط نرم‌افزار GIS تهیه شد. مسیرهای برداشت‌شده با مقادیر فاصله و آزیموت در جنگل با الگوریتم ابداعی نویسنده در نرم‌افزار متلب در محیط نرم‌افزار فراخوانی شد. شکل (۲)، مسیرهای طی شده در جنگل و شکل (۳)، موقعیت جغرافیایی هریک از درختان را نشان می‌دهد.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1397.6.11.5.6]
[DOI: 10.29252/ifej.6.11.61]



شکل ۲- مسیرهای طی شده در جنگل به منظور به دست آوردن موقعیت درختان
Figur 2. Tracks traversed in the forest to obtain location of trees

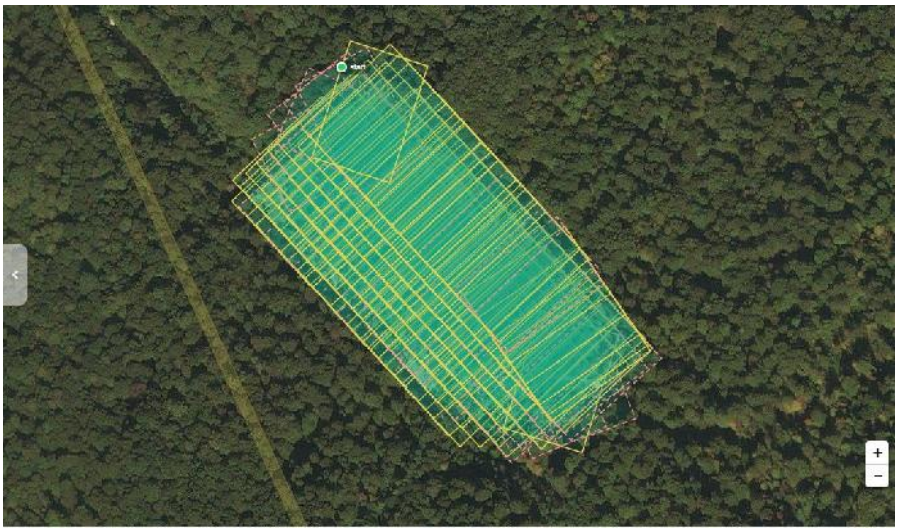


شکل ۳- موقعیت جغرافیایی درختان برداشت‌شده در منطقه
Figurt 3. Geographical location of trees in the area

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1397.6.11.5.6]
[DOI: 10.29252/ifej.6.11.61]

تصاویر پهپاد

در این مطالعه برای تهیه تصاویر از منطقه موردنظر از پهپاد Phantom Pro 3 استفاده شد. ازجمله عوامل انتخاب این نوع پهپاد برای تصویربرداری از منطقه موردنظر، با داشتن ویژگی‌هایی نظیر داشتن قدرت مانور بالا، توانایی پرواز به مدت زمان طولانی، دارای اندازه‌ی کوچک‌تر و قدرت پروازی بیشتر، امکان پرواز در ارتفاعات بالا، امکان ارسال اطلاعات صحیح به اپراتور و سیستم هوشمند برای مسیریابی هوشمند بود. عملیات تصویربرداری در روزهای ۱۷ و ۱۸ مردادماه ۹۶ در ساعت ۱۰ صبح از منطقه انجام شد. ۳۵۰ عکس در ارتفاع ۵۵ متر، ۳۰۴ عکس در ارتفاع ۷۵ متر و ۲۴۷ عکس از ارتفاع ۱۰۰ متر توسط پهپاد تصویربرداری شد. تصاویر دارای رزولوشن ۱۲ مگا پیکسل و فرمتJEPG و دارای سه باند مرئی قرمز، سبز و آبی بودند. تصاویر حاصل هر یک از عملیات پروازی با نرم‌افزار Agisoft Photoscan (version 1.3.3) پردازش شد تا تصاویر حاصل در مراحل بعدی مورد استفاده قرار گیرد (۳۸) (شکل ۴).

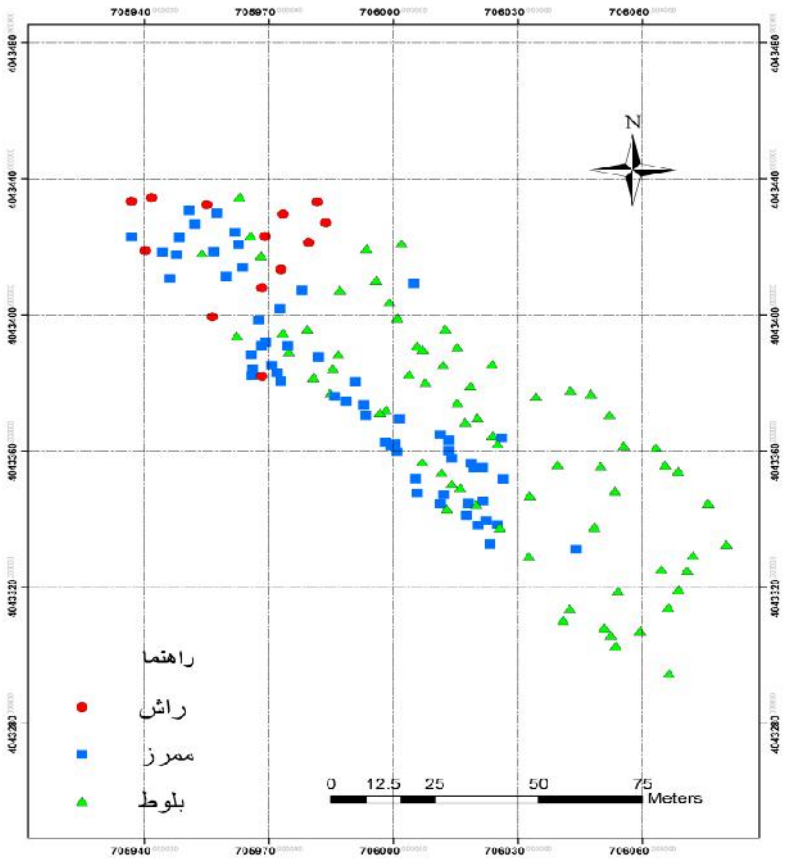


شکل ۴- تصاویر برداشت‌شده از منطقه توسط پهپاد
Figurt 4. Images taken from area by UAV

طبقه‌بندی

به‌منظور طبقه‌بندی تصاویر رقومی و تشخیص گونه‌های درختی، نمونه‌های تعلیمی از بخشی از نقشه‌ی واقعیت زمینی تهیه شد (برای انتخاب نمونه تعلیمی از هرگونه درختی ۵۰ درصد برای نمونه تعلیمی و ۵۰ درصد باقیمانده برای ارزیابی صحت جدا شد). نمونه‌های تعلیمی از گونه‌های درختی و از سطح تاج (قسمت برگ‌ها) جمع‌آوری شد (۱۹). نمونه‌های تعلیمی با نمونه‌گیری از ۱۴۲ درخت در منطقه انجام شد و در محیط GIS، نقشه حضور گونه‌ها در منطقه (واقعیت زمینی) به‌دست آمد (شکل ۵).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1397.6.11.5.6]
[DOI: 10.29252/ifej.6.11.61]



شکل ۵- نقشه واقعیت زمینی
Figure 5. Ground truth map

طبقه‌بندی شیءپایه (Object-Based)

این طبقه‌بندی بر اساس قطعه‌بندی صورت می‌گیرد که در آن قطعات بر اساس مجموعه‌ای از توصیفگرها تشریح می‌شوند. این توصیفگرها می‌توانند بر اساس ارزش طیفی تصاویر (میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر احتمال، نزدیک‌ترین همسایه و...)، شکل عارضه‌های موجود در تصاویر (مساحت، محیط، طول، عرض، تقارن، راستا، تراکم، فشردگی، نرمی و ...) و بافت، هر یک از قطعات را از یکدیگر تفکیک کنند (۲۳). با توجه به قابلیت‌های روش طبقه‌بندی شیءپایه، این روش طبقه‌بندی برای تشخیص گونه‌های درختی در منطقه موردمطالعه موردبررسی قرار گرفت. طبقه‌بندی شیءپایه در نرم‌افزار Ecognition (v9) در دو مرحله، قطعه‌بندی و طبقه‌بندی انجام شد.

قطعه‌بندی (Segmentation)

در این تحقیق برای هر دو طبقه‌بندی (سلسله‌مراتبی و تک‌مرحله‌ای) قطعه‌بندی تصویر با ترکیبی از ۳ باند اصلی انجام شد. در این تحقیق سعی شد با روش آزمون خطا و با بررسی قطعات حاصل از اعمال قطعه‌بندی با میزان مشخصی از درجات شاخص‌های قطعه‌بندی بهترین قطعات انتخاب شود. شاخص‌های قطعه‌بندی (رنگ، شکل، فشردگی، همواری و مقیاس) در هر مرحله متفاوت بوده است. در روش طبقه‌بندی یک‌مرحله‌ای قطعه‌بندی در یک سطح و در روش طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی قطعه‌بندی در دو سطح انجام شد (۲).

طبقه‌بندی شیءپایه سلسله‌مراتبی

در این روش ابتدا قطعه‌بندی اولیه با مقیاس ۶۰۰ بر روی تصویر با چهار باند اصلی اعمال شد. در قطعه‌بندی ضریب مشخصه رنگ برای تعیین همگنی و ادغام پیکسل‌های مشابه به نسبت ضریب مشخصه شکل، کمتر (۰/۳ در مقابل ۰/۷)، ضریب فشردگی در مقابل همواری و وزن باندهای ورودی همگی یکسان در نظر گرفته شد. به‌منظور جلوگیری از اختلاط مناطق سایه بین تاج‌ها و زمین بدون پوشش و جاده‌ها با درختان، ابتدا در مرحله اول سه طبقه، جنگل، سایه و غیر جنگل (مناطق عاری از پوشش، چمن و جاده‌ها) تعریف شد. طبقه‌بندی با ویژگی‌های هر طبقه از تعریف استاندارد انجام شد (میانگین و انحراف معیار تمامی باندها به عنوان تعریف استاندارد در نظر گرفته می‌شود) انجام شد و این ویژگی برای تمامی طبقه‌ها به‌عنوان توصیف هر

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1397.6.11.5.6]
[DOI: 10.29252/ifej.6.11.61]

طبقه استفاده و طبقه‌بندی با طبقات سایه، جنگل و غیر جنگل انجام شد. در مرحله بعد، قطعه‌بندی ثانویه بر روی تصویر با مقیاس کوچک‌تر (۴۰۰) و با تصاویر قبلی و تعریف مشخصه‌های برابر ایجاد شد. سپس در زیر طبقه جنگل، طبقه‌های مربوط به تک‌تک گونه‌های درختی (بلوط، ممرز و راش) تعریف شد. با گرفتن نمونه تعلیمی مربوط به هرگونه طبقه‌بندی صورت گرفت. در این تحقیق برای انجام مقایسه روش سلسله‌مراتبی با غیر سلسله‌مراتبی، طبقه‌بندی به دو صورت انجام شد (۱۴).

طبقه‌بندی شیء پایه یک‌مرحله‌ای

در روش طبقه‌بندی یک‌مرحله‌ای، قطعه‌بندی با مشخصه‌های (رنگ ۰/۴ و شکل ۰/۶ و ضریب فشردگی ۰/۶ و همواری ۰/۴) و با مقیاس ۳۷۵ انجام شد. در این مرحله ۷ طبقه (سایه، جاده، زمین، علف، راش، بلوط و ممرز) تعریف شد. با تعریف ویژگی‌های میانگین و انحراف معیار و گرفتن نمونه‌های تعلیمی از هر طبقه، طبقه‌بندی به‌روش نزدیک‌ترین همسایه انجام شد.





شکل ۶- الف) کلاسه‌ها در طبقه‌بندی یک مرحله‌ای
ب) کلاسه‌ها در طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی
Figure 6. A) Classes in One-Step classification
B) Classes in Hierarchical classification

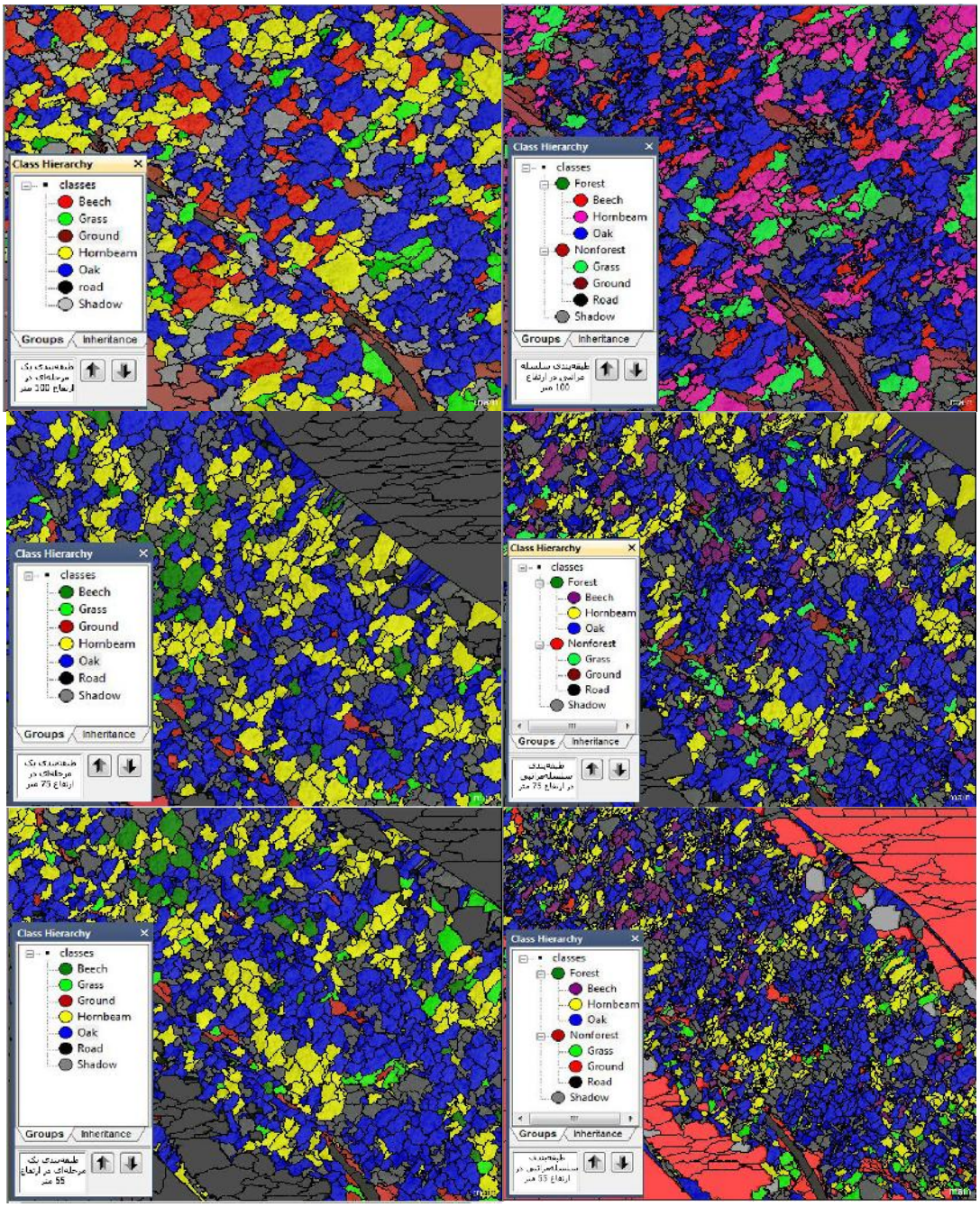
صحت نتایج طبقه‌بندی

به‌منظور مقایسه نتایج دو روش طبقه‌بندی شیءپایه (سلسله‌مراتبی و یک‌مرحله‌ای) از نقشه واقعیت زمینی (۵۰ درصد از نمونه‌ها) استفاده گردید. مقایسه نتایج با استفاده از معیار ضریب کاپا و صحت کلی انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج طبقه‌بندی شیءپایه از تصاویر پهپاد شامل مراحل قطعه‌بندی و مراحل طبقه‌بندی به دو صورت طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی و یک مرحله‌ای انجام شد که در شکل (۷) نشان داده شده است.

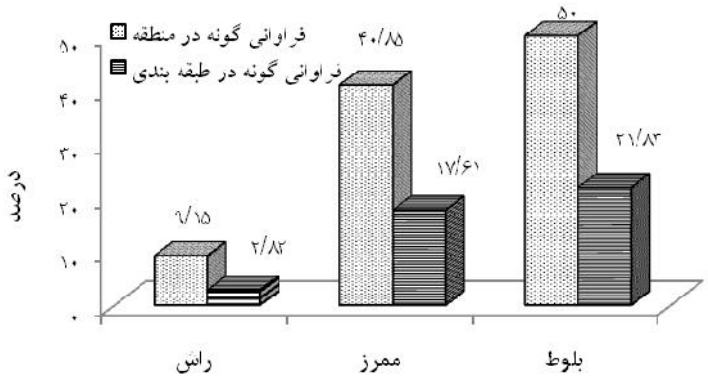
[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1397.6.11.5.6]
[DOI: 10.29252/ifej.6.11.61]



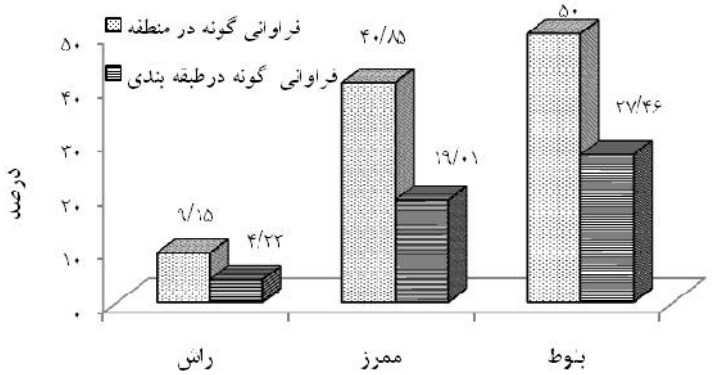
شکل ۷- طبقه‌بندی یک‌مرحله‌ای و سلسله‌مراتبی در سه ارتفاع پروازی
Figure 7. One-step and Hierarchical classification in three flight height

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1397.6.11.5.6]
[DOI: 10.29252/ifej.6.11.61]

درصد فراوانی هر گونه در منطقه با میزان پیش‌بینی حضور آن گونه در جنگل با استفاده از طبقه‌بندی‌های مختلف در سه ارتفاع پروازی به شرح زیر است:



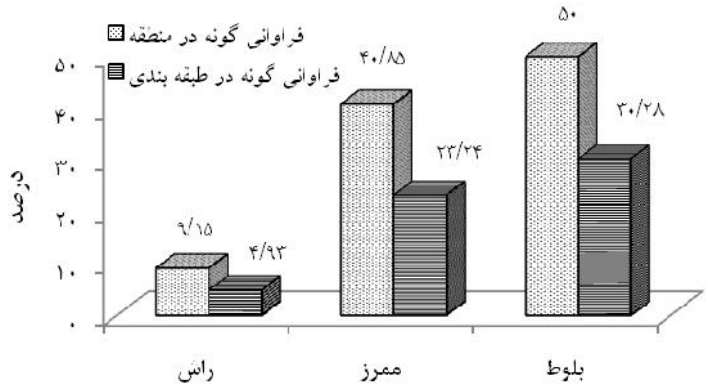
شکل ۸- هیستوگرام ارزیابی صحت طبقه‌بندی گونه‌ها در طبقه‌بندی یک‌مرحله‌ای در ارتفاع پرواز ۱۰۰ متر
Figure 8. Accuracy histogram of species classification in One-Step classification at 100 m flight height



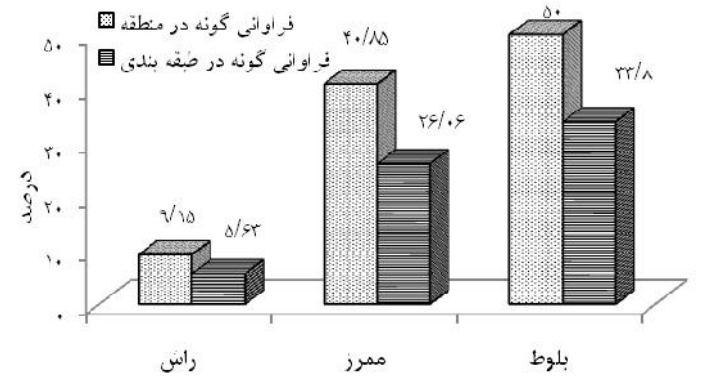
شکل ۹- هیستوگرام ارزیابی صحت گونه‌ها در طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی در ارتفاع پرواز ۱۰۰ متر
Figure 9. Accuracy histogram of species classification in Hierarchical classification at 100 m flight height

شکل ۸ و ۹ نشان‌دهنده این است که تصاویر پهپاد در ارتفاع پروازی ۱۰۰ متر تنها می‌توانند بخش کوچکی از گونه‌های موجود در جنگل را به درستی شناسایی کنند. در این ارتفاع با وجود اعمال دو نوع طبقه‌بندی برخی از گونه‌ها به اشتباه در دسته گونه دیگر طبقه‌بندی شده‌اند. از میانگین ۵۰ درصد گونه‌های بلوط در منطقه ۲۱/۸۳ درصد در طبقه‌بندی یک‌مرحله‌ای و ۲۷/۴۶ درصد در طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی به‌درستی تشخیص داده شده‌اند. این امر به جهت کاهش تمایز رنگ و شکل درختان در اثر کاهش قدرت تفکیک تصویر است که با افزایش ارتفاع تصویربرداری رخ داده است.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1397.6.11.5.6]
[DOI: 10.29252/ifej.6.11.61]

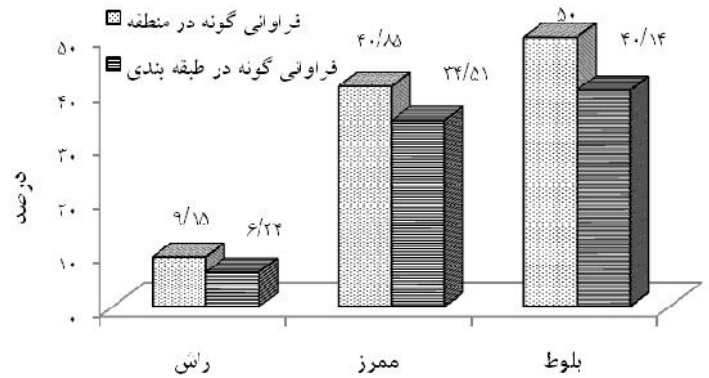


شکل ۱۰- هیستوگرام ارزیابی صحت طبقه‌بندی گونه‌ها در طبقه‌بندی یک‌مرحله‌ای در ارتفاع پرواز ۷۵ متر
Figure 10. Accuracy histogram of species classification in One-Step classification at 75 m flight height



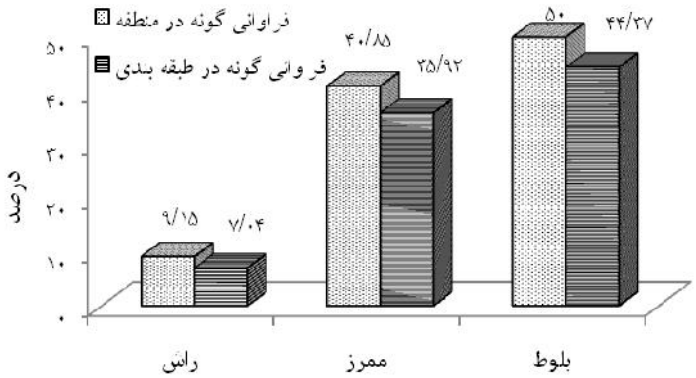
شکل ۱۱- هیستوگرام ارزیابی صحت گونه‌ها در طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی در ارتفاع پرواز ۷۵ متر
Figure 11. Accuracy histogram of species classification in Hierarchical classification at 75 m flight height

بر اساس شکل ۱۰ و ۱۱ طبقه‌بندی گونه‌ها در ارتفاع ۷۵ متر در مقایسه با ارتفاع ۱۰۰ متر نشان‌دهنده این است که کاهش ارتفاع می‌تواند با اثر مستقیم بر روی کیفیت و قدرت تفکیک تصاویر بر تشخیص گونه‌ها مؤثر باشد. میانگین افزایش ۷/۴ درصدی صحت طبقه‌بندی گونه بلوط در طبقه‌بندی یک‌مرحله‌ای و سلسله‌مراتبی اثرات کاهش ارتفاع را در افزایش صحت طبقه‌بندی گونه‌ها نشان می‌دهد.



شکل ۱۲- هیستوگرام ارزیابی صحت طبقه‌بندی گونه‌ها در طبقه‌بندی یک‌مرحله‌ای در ارتفاع پرواز ۵۵ متر
Figure 12. Accuracy histogram of species classification in One-Step classification at 55 m flight height

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1397.6.11.5.6]
[DOI: 10.29252/ifej.6.11.61]



شکل ۱۳- هیستوگرام ارزیابی صحت گونه‌ها در طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی در ارتفاع پرواز ۵۵ متر
Figure 13. Accuracy histogram of species classification in Hierarchical classification at 55 m flight height

در شکل ۱۲ و ۱۳ طبقه‌بندی در ارتفاع ۵۵ متر مشاهده می‌شود و نشان‌دهنده این است که کاهش ارتفاع پرواز نقش قابل‌توجهی را در افزایش قدرت تفکیک تصاویر و متعاقب آن افزایش تمایزهای رنگ و شکل درختان و عارضه‌های موجود در جنگل دارد. این تمایز کمک شایانی را در جهت قطعه‌بندی صحیح تصاویر می‌نماید و این دقت بالای قطعه‌بندی در ایجاد تفاوت میان نمونه‌های تعلیمی جهت طبقه‌بندی گونه‌ها بسیار مؤثر است. در گونه بلوط ۸۸/۷ درصد درختان به طور صحیح شناسایی شده‌اند. انتظار می‌رود دلیل ناتوانی شناسایی سایر درختان، قرارگیری آن‌ها در سایه و یا ورود به طبقه‌بندی دیگر در اثر کاهش ارتفاع نسبت به درختان مجاور است. در نتیجه‌گیری کلی در شکل‌های مربوط به هیستوگرام‌های مختلف انواع طبقه‌بندی، مشاهده می‌شود که با کاهش ارتفاع پرواز و تغییر طبقه‌بندی از یک‌مرحله‌ای به سلسله‌مراتبی امکان تشخیص گونه‌های درختان در منطقه موردمطالعه بیشتر می‌شود.

جدول ۱- ضرایب کاپا برای طبقه‌بندی یک‌مرحله‌ای در ارتفاعات مختلف
Table 1. Kappa coefficients for One-step classification at different flight heights

ارتفاع در طبقه‌بندی دومرحله‌ای	ضریب کاپا	خطای استاندارد	سطح معنی‌داری	صحت کلی
۱۰۰	۰/۳۶۲	۰/۰۴۲	۰/۰۰۰	۴۲/۲۵
۷۵	۰/۴۶۵	۰/۰۵۰	۰/۰۰۰	۵۸/۴۵
۵۵	۰/۷۳۶	۰/۰۵۴	۰/۰۰۰	۸۰/۹۹

جدول ۲- ضرایب کاپا برای طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی در ارتفاعات مختلف
Table 2. Kappa coefficients for Hierarchical classification at different flight heights

ارتفاع در طبقه‌بندی دومرحله‌ای	ضریب کاپا	خطای استاندارد	سطح معنی‌داری	صحت کلی
۱۰۰	۰/۴۲۵	۰/۰۶۲	۰/۰۰۰	۵۰/۷۰
۷۵	۰/۶۷۶	۰/۰۵۵	۰/۰۰۰	۶۵/۹۴
۵۵	۰/۸۱۶	۰/۰۴۸	۰/۰۰۰	۸۷/۳۲

ضریب کاپا و تحلیل آماری مبتنی بر آن اندازه‌ای عددی بین ۱- تا ۱+ است که هر چه به ۱+ نزدیک‌تر باشد بیانگر وجود توافق متناسب و مستقیم است. اندازه‌های نزدیک به ۱- نشان‌دهنده وجود توافق وارون و عکس، و اندازه‌های نزدیک به صفر عدم توافق را نشان می‌دهد. با توجه به ضرایب کاپا و صحت کلی مربوط به هر یک از ارتفاعات پروازی پهپاد در دو نوع طبقه‌بندی میزان ضریب کاپای ۰/۸۱ و صحت کلی ۸۷/۳۲ درصد در طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی در ارتفاع ۵۵ متر، نشان‌دهنده شناسایی مناسب گونه‌های موجود در منطقه به روش طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی شیءپایه است (جدول ۲).

افزایش سطح جزئیات جنگل می‌تواند مدل‌سازی دقیق جنگل‌ها را بهبود بخشد و پهپادها که به‌سرعت در ابزارهای سنجش‌ازدور، ازجمله جنگلداری (۳۳) گنجانده شده است می‌تواند این امکان را فراهم سازد تا تحقیقات از سطح توده به سطح درختان توده متمایل شده که این امر خود دارای مزایای متفاوتی شامل مدیریت دقیق جنگل، برنامه‌ریزی مدیریت جنگل، برآورد زیست‌توده و مدل‌سازی رشد جنگل‌هاست (۱۳).

دانستن ترکیب گونه‌های درخت جنگل امکان برآورد اقتصادی جنگل را می‌دهد و اطلاعات ارزش‌مندی برای مطالعه بوم‌سازگان‌های جنگلی فراهم می‌کند (۲۰) و تشخیص گونه‌های درختی با دقت زیاد همواره برای جنگلبانان ضروری بوده است. صحت رضایت‌بخش در این زمینه بیش از ۹۰ درصد است (۴). تحقیقات کمی در رابط با تشخیص گونه‌های درختی چه در داخل و چه در خارج با تصاویر پهپاد انجام شده است. بیشتر مطالعات انجام‌شده در خارج بر روی جنگل‌های سوزنی‌برگ بوده که با ساختار

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1397.6.11.5.6]
[DOI: 10.29252/ifej.6.11.61]

جنگل‌های ایران متفاوت است. هدف از این تحقیق، بررسی قابلیت تصاویر پهپاد در تشخیص گونه‌های درختی است. طبق مطالعات و پژوهش‌های انجام‌شده (۲۷،۲۲) از روش طبقه‌بندی شیءپایه برای تشخیص و شناسایی گونه‌ها استفاده شد. نتایج نهایی نشان‌دهنده این واقعیت است که در روند تهیه نقشه تیپ‌های جنگلی با قابلیت فناوری سنجش‌ازدور مستلزم هزینه کمتر در زمان کمتر بتوان اطلاعات مناسب و مفیدی از سطح جنگل به‌دست اورد، که یکی از قابلیت‌های فن‌آوری سنجش‌ازدور تصاویر هوایی پهپاد است.

در این مطالعه برای مقایسه و ارزیابی از روش‌های طبقه‌بندی یک‌مرحله‌ای و چندمرحله‌ای و هم‌چنین از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه استفاده شد. مقایسه نتایج به‌کارگیری الگوریتم‌های مختلف برای معرفی بهترین الگوریتم‌ها برای تحقیقات بعدی ضروری است و روش طبقه-بندی سلسله‌مراتبی به‌دلیل ایجاد سطح والد و وارث بهتر از روش یک‌مرحله‌ای عمل کرد که موافق نتایج تحقیق قاسمی و رفیعیان است (۹،۲۲). چن و همکاران (۳) نیز با تصاویر ماهواره‌ای IKONOS به بررسی تشخیص تغییرات بر اساس روش شیءپایه (OBCD)[1] در چهار سال در گونه‌های جنگل پرداختند. نتایج حاصل بیانگر ضریب کاپای ۰/۸۵ در تعیین میزان تغییرات توسط تصاویر باکیفیت بود ایشان روش شیءپایه برای تعیین تغییرات با تصاویر باکیفیت را روش مناسبی ارزیابی کردند. موهان و همکاران (۱۸) در تحقیقی به تعیین تعداد درختان منطقه‌ای در وایومینگ آمریکا با استفاده ۳۸۳ عکس از پهپاد در ارتفاع ۱۱۵ متری پرداختند نتایج حاصل نشان‌دهنده تشخیص ۹۷/۵ درصدی تعداد درختان با استفاده از تصاویر پهپاد بود ایشان اظهار داشتند که الگوهای مشتق شده از CHM همراه با الگوریتم LM[2] قادر به ارزیابی تعداد درخت با دقت قابل‌قبول (F>۰/۸) است. اسپرلیخ و همکاران (۲۹) اقدام به تشخیص گونه‌های درختی و ارتفاع آنان با استفاده از تصاویر پهپاد نموده‌اند. نتایج حاصل حاکی از توان بالقوه این تصاویر با الگوریتم‌های جاری با دقت ۸۷/۶۸ درصد در تشخیص گونه‌ها و خطای ۵۰ سانتی‌متری برای برآورد ارتفاع درختان بود تا نشان از عملکرد امیدوارکننده این ابزار در عرصه جنگل باشد.

با توجه به نتایج تحقیق اسپرلیخ و همکاران (۲۹)، کاتنبورن و همکاران (۱۲) پژوهشی در مزارع خرما برای تشخیص گونه‌های با تصاویر پهپاد در جزیره‌ای در اقیانوس آرام حدود ۴۷۰ × ۲۰۰ مترمربع در ارتفاعات ۷۰ و ۱۰۰ متر انجام دادند که در ارتفاع ۱۰۰ متری صحت کلی ۷۸ درصد و در ۷۰ متری ۸۳ درصد بیان شده است و توان بالای تصاویر در تشخیص را بیان نموده و هم‌چنین با توجه به نتایج این تحقیق با افزایش ارتفاع نتایج تشخیص هم بارزتر شده است؛ البته باید مطالعات بیشتری در رابطه با افزایش ارتفاع و شرایط باد هم انجام شود. با توجه به مطالعات و پژوهش‌های انجام‌شده می‌توان بیان کرد که افزایش صحت کلی در تشخیص درختان در جنگل به ایجاد یک روش ترکیبی شامل تشخیص ساقه با الگوریتم‌های مختلف بستگی دارد. فریتز و همکاران (۸) به مقایسه تصاویر هوایی پهپاد و لیدار در تشخیص ساقه درخت در جنگل‌های کم تراکم در نزدیکی فرایبورگ آلمان در مساحتی حدود ۱۲۰× ۷۵ مترمربع با گونه‌های بلوط در ارتفاع پرواز ۵۵ متر پرداختند نتایج نشان داد که اگرچه دقت بارزسازی در تاج‌های آشکوب پایین کاهش می‌یابد امّا ساقه‌ها به‌مراتب دقیق‌تر و کامل‌تر نسبت به داده‌های لیدار بوده‌اند. ایشان نیاز به تحقیقات بیشتر در رابطه با مراحل رشد، الگوی پرواز، تنظیمات پردازش و استفاده از اطلاعات طیفی را ضروری دانستند.

سارینن و همکاران (۲۵) در تحقیقی به تعیین تنوع زیستی و تشخیص گونه‌های جنگل در جنگل‌های سوزنی‌برگ شمالی با استفاده از تصاویر پهپاد پرداختند. تصاویر اخذشده با استفاده از پهپاد در ارتفاع ۴۰۰ متری در ۲۸ قطعه‌نمونه انجام گرفت. نتایج حاصل نشان‌دهنده خطای ۲۴/۴ درصد تا ۲۹/۳ درصد در بین دو الگوریتم ITC[3] و semi-ITC[4] بود. بیشترین میزان خطا در تشخیص صنوبر لرزان و توسکا ذکر شد.

وانگ و همکاران (۳۶) عنوان کردند که تشخیص گونه‌ها در جنگل‌های بارانی که درختان دارای تاج‌های با شکل تیز است، موفقیت‌آمیز بود؛ امّا انتظار می‌رود که برای رسیدن به موفقیت بیشتر در تعیین گونه‌ها در جنگل‌های با تاج‌های پیوسته ویژگی‌های طیفی بیشتر و اطلاعات اضافی را در اختیار محققین قرار دهد. تراکم درخت دارای تأثیر قوی بر دقت تشخیص درختان در جنگل‌ها با استفاده از داده‌های ابر نقطه‌ای است. منطقه موردمطالعه دارای دو بخش متراکم و کم تراکم بود. ازآنجاکه با متراکم‌تر شدن درختان جنگلی تاج درختان در هم فرو رفته و مرز آن‌ها غیر قابل تشخیص و تشخیص گونه را با مشکل همراه می‌کند ازاین‌رو در بخش‌های متراکم تشخیص گونه مشکل و با خطای بیشتری همراه است.

این امر در صورت وجود آشکوب‌های متفاوت و ناهمسال بودن توده و همچنین نبود سنسورهای مادون‌قرمز تشدید می‌شود. بااین‌حال می‌توان این خطا را با بالا بردن میزان وضوح تصویر و کم کردن ارتفاع پرواز تا بخش قابل‌توجهی جبران کرد. یکی دیگر از عوامل محدودکننده استفاده از تصاویر پهپاد در ارتفاع پایین می‌توان به حجم زیاد عکس‌های دریافتی، کند شدن پردازش در نرم‌افزارهای پردازشگر تصاویر، نیاز به سیستم سخت‌افزاری قدرتمند است تا مشکلات به وجود آمده در حذف بعضی از مناطق تصویر در خروجی داده‌ها را به‌دلیل پوشش مشترک زیاد عکس‌ها و توانایی تصویربرداری کمتر نسبت به‌کل محیط در ارتفاع بیشتر پرواز برطرف سازد. وابستگی به نور خورشید و تأثیر بالای تغییر و تحول در آن و شرایط روشنایی مختلف و تأثیر آن بر روی ویژگی‌های رادیومتری داده‌ها نیز از مهم‌ترین چالش‌ها در تصویربرداری غیرفعال بوده است. شرایط مختلف نورپردازی (نور مستقیم خورشید و عمق سایه متفاوت) و تغییر نور در تاج‌پوشش درختان که می‌تواند باعث سایه و روشن شدن تاج‌های درختان شود و پیکسل‌های تاج یک درخت تنها می‌توانند از پیکسل‌های بسیار تاریک به پیکسل‌های بسیار

1- Object-Based Change Detection
2- Local Maxima
3- Individual tree crown approach
4- Semi-individual tree crown approach

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1397.6.11.5.6]
[DOI: 10.29252/ifej.6.11.61]

روشن تغییر یابد و باید در تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در یک محیط جنگل موردتوجه قرار گیرد تا اثر نور در تاج‌پوشش جنگل را کاهش دهد (۱۱).

با توجه به نتایج تحقیق حاضر برای تعیین نوع گونه درختان منطقه جنگلی موردمطالعه، استفاده از پهپاد در صورت پرواز در ارتفاع کم می‌تواند گزینه‌ی مناسبی باشد. کمبود باندهای طیفی، می‌تواند با افزایش قدرت تفکیک و کیفیت تصاویر دریافتی از پهپاد تا حدود زیادی جبران شود. یکی از دلایل نتایج مثبت استفاده از پهپاد در تعیین نوع گونه در این تحقیق می‌تواند به استفاده از نمونه‌های درختان که در آشکوب بالا حضور دارند، مربوط شود چراکه در صورت وجود گونه‌های زیرآشکوب نظیر انجیلی، به‌دلیل عدم نمایش محیط داخل جنگل و ناتوانی نفوذ در آن برعکس داده‌های لیدار نمی‌توان انتظار تعیین نوع گونه را با داده‌های پهپاد داشت؛ امّا به دلیل مقرون به صرفه بودن پروازهای پهپاد می‌توان از این فن‌آوری در تعیین نوع گونه‌های جنگل در آشکوب بالا استفاده کرد.

به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تصاویر پهپاد از قابلیت نسبتاً خوبی برای تشخیص و تهیه نقشه گونه‌های جنگلی برخوردارند و می‌توان با بررسی روش‌های نوین و پردازش‌های مناسب‌تر این مقادیر را بهبود بخشید؛ بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که تصاویر پهپاد در تشخیص گونه‌های درختی پهن‌برگ توانایی لازم رادارند؛ بر این اساس پیشنهاد می‌شود در تهیه نقشه‌های تیپ‌های جنگلی برای دست‌یابی به‌دقت بیشتر همه عوامل مثل ارتفاع پرواز، اطلاعات طیفی شرایط نور و باد و غیره در نظر گرفته شود. همچنین پیشنهاد می‌شود از قابلیت این تصاویر در مناطق دیگر از جنگل‌های پهن‌برگ استفاده و نتایج آن ارزیابی شود تا بهتر بتوان قابلیت این تصاویر را بیان نمود. با این تفاسیر، پهپادها می‌توانند به‌عنوان یکی از ابزارهای مفید کسب اطلاعات از محیط پیرامون باشند و جنگلبانان را با توجه به شرایط سخت کار در جنگل جهت کسب اطلاعات لازم، یاری کنند.

منابع

1. Ameri, A., F. Dadras Javan and N. Zareinpanche. 2017. A review of methods for extracting roads from UAV aerial images. Geospatial Engineering Journal, Iranian Society for Surveying and Geomatic Engineering, 4(8): 57-65 (In Persian).
2. Benz, U.C., P. Hofmann, G. Willhauck, I. Lingenfelder and M. Heynen. 2004. Multi-resolution, Object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. ISPRS Journal of photogrammetry and Remote Sensing, 58(3-4): 239-258.
3. Chen, G., G.J. Hay, L.M. Carvalho and M.S. Wulder. 2012. Object-based change detection. International Journal of Remote Sensing, 33(14): 4434-4457.
4. Chenari, A., S.Y. Erfanifard, M. Dehghani and H. Pourghasemi. 2017. Estimation of crown area of wild pistachio single trees using DSM of UAV aerial images in Baneh Research Forest, Fars province. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 24(4): 117-130 (In Persian).
5. Chianucci, F., L. Disperati, D. Guzzi, D. Bianchini, V. Nardino, C. Lastri, A. Rindinella and P. Corona. 2016. Estimation of canopy attributes in beech forests using true colour digital images from a small fixed-wing UAV. International J. Applied Earth Obsevation and Geoinformation, 47: 60-68.
6. Colomina, I. and P. Molina. 2014. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing. ISPRS J. of Photogrammetry and Remote Sensing, 92: 79-97.
7. Erfanifard, Y., J. Feghhy, M. Zobeiry and M. Namiranian. 2010. Review Possible Provision Maps Canopy Density In The Forest Using Aerial Imaging And GIS, Proceeding of The National of Eighth National Conference Geomatics (In Persian).
8. Fritz, A., T. Kattenborn and B. Koch. 2013. UAV-based photogrammetric point clouds—Tree stem mapping in open stands in comparison to terrestrial laser scanner point clouds. Int. Arch. Photogramm. Remote Sensing Information Science, 40: 141-146.
9. Ghasemi, A., Sh. Shataee and J. Mohamadi. 2017. Identify Tree Species In Mixed Hardwood Stand of The Caspian Forests Using Digital Images Aerial Cameras Ultracam-D. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 24(1): 77-90 (In Persian).
10. Hutchens, C.L., B.R. Sarbin, A.C. Bowers, J.D. McKillican, K.K. Forrester and R.M. Buehrer. 2008. An improved method for GPS-based network position location in forests. In Wireless Communications and Networking Conference, 2008. WCNC 2008. IEEE (pp: 273-277) IEEE.
11. Kane, V.R., A.R. Gillespie, R. McGaughey, J.A. Lutz, K. Ceder and J.F. Franklin. 2008. Interpretation and topographic compensation of conifer canopy self-shadowing, Remote sensing of Environment, 112(10): 3820-3832.
12. Kattenborn, T., M. Sperlich, K. Bataua and B. Koch. 2014. Automatic single tree detection in plantations using UAV-based photogrammetric point clouds. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 40(3): 139.
13. Koch, B., U. Heyder and H. Weinacker. 2006. Detection of individual tree crowns in airborne lidar data. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 72(4): 357-363.
14. Laliberte, A.S., A. Rango, J.E. Herrick, E.L. Fredrickson and L. Burkett. 2007. An object-based image analysis approach for determining fractional cover of senescent and green vegetation with digital plot photography. Journal of Arid Environments, 69(1): 1-14.
15. Lin, Y., M. Jiang, Y. Yao, L. Zhang and J. Lin. 2015. Use of UAV oblique imaging for the detection of individual trees in residential environments. Urban Forestry and Urban Greening, 14: 404-412.
16. McNeil, B., J. Pisek, H. Lepisk and E. Flamenco. 2016. Measuring leaf angle distribution in broadleaf canopies using UAVs. Agricultural and Forest Meteorology, 218: 204-208.
17. Mlambo, R., I.H. Woodhouse, F. Gerard and K. Anderson. 2017. Structure from Motion (SfM) photogrammetry with drone data: A low cost method for monitoring greenhouse gas emissions from forests in developing countries. Forests, 8(3): 1-20.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1397.6.11.5.6]
[DOI: 10.29252/ifej.6.11.61]

18. Mohan, M., C.A. Silva, C. Klauberg, P. Jat, G. Catts, A. Cardil, A.T. Hudak and M. Dia. 2017. Individual Tree Detection from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Derived Canopy Height Model in an Open Canopy Mixed Conifer forest. Forest, 8(9): 1-17.
19. Moselou, M. 2012. Assessment of kNN inventory method in estimating the biometric features of wild pistachio trees (Case study: Wild Pistachio Research Forest, Fars). M.Sc. Thesis, Shiraz University. 155 pp (In Persian).
20. Næsset, E. 2002. Predicting forest stand characteristics with airborne scanning laser using a practical two-stage procedure and field data. Remote Sensing Environment, 80: 88-99.
21. Puliti, S., T. Gobakken, H.O. Ørka and E. Næsset. 2017. Assessing 3D point clouds from aerial photographs for species-specific forest inventories. Scandinavian journal of forest research, 32(1): 68-79.
22. Rafieyan, O., A.A. Darvishsefat, S. Babaii and A. Mattaji. 2011. Identification of tree species using object-based classification of Digital Aerial Images in the Northern forests of Iran (Case study: Chamestan-Nur). Iranian Journal of Remote Sensing and GIS, 4(2): 63-74 (In Persian).
23. Rafieyan, O., A.A. Darvishsefat, S. Babaii Kafaki and A. Mataji. 2010. Evaluation of pixel-based and object-based classification of aerial images to identify tree species (Case Study: silviculture Chamestan Noor). Journal of Forestry, 1(3): 35-47 (In Persian).
24. Rafieyan, O., A.A. Darvishsefat and M. Namiranin. 2005. Determination of variations in the range of northern forests of the country between 73-80 years by using images etm (case study in Babil forests). Journal of Water and Soil Science Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 3(10) (In Persian).
25. Saarinen, N., M. Vastaranta, R. Näsi, T. Rosnell, T. Hakala, E. Honkavaara, M.A. Wulder, V. Luoma, A.M. Tommaselli, N.N. Imai and E.A. Ribeiro. 2018. Assessing Biodiversity in Boreal Forests with UAV-Based Photogrammetric Point Clouds and Hyperspectral Imaging. Remote Sensing, 10(2): 338.
26. Schiewe, J. 2002. Segmentation of high-resolution remotely sensed data concepts, application and problems. Proceeding of Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications, Ottawa, Canada, 34(4): 235-242.
27. Shabani Pour, M., A.A. Darvishsefat and O. Rafeyan. 2014. Study The Possibility of Identifying Tree Species In Digital Aerial Images Based Object Classification. Journal of the Forest and Wood Products, 67(1): 21-32 (In Persian).
28. Shataee, Sh. 2003. Investigation of the possibility of forest types Mapping using satellite data (Case study: Kheyroud-kenar forest in north of iran), Ph.D. Thesis, University of Tehran Press, Tehran. pp. 44-53 (In Persian).
29. Sperlich, M., T. Kattenborn, B. Koch and G. Kattenborn. 2014. Potential of unmanned aerial vehicle based photogrammetric point clouds for automatic single tree detection. Available onlilne: http://www. dgpf. de/neu/Proc2014/proceedings/papers/Beitrag270. pdf (accessed on 15 January 2015).
30. Suomalainen, J., N. Anders, S. Iqbal, G. Roerink, J. Franke, P. Wenting, D. Hünniger, H. Bartholomeus, R. Becker and L. Kooistra. 2014. A lightweight hyperspectral mapping system and photogrammetric processing chain for unmanned aerial vehicles. Remote Sensing, 6(11): 11013-11030.
31. Tang, L. and G. Shao. 2015. Drone remote sensing for forestry research and practices. J. For. Res. 26: 791-797.
32. Torres-Sanchez, F., F. Lopez-Granados and J.M. Pena. 2015. An automatic object-based method for optimal thresholding in UAV image: Application for vegetation detection in herbaceous crops. Computers and Electronics in Agriculture, 114: 43-52.
33. Torresan, C., A. Berton, F. Carotenuto, S.F. Di Gennaro, B. Gioli, A. Matese, F. Miglietta, C. Vagnoli, A. Zaldei and L. Wallace. 2016. Forestry applications of UAVs in Europe: A review. International Journal of Remote Sensing, 38(8-10): 1-21.
34. Vega, F., F. Ramírez, M. Siaz and F. Rosua. 2015. Multi-temporal imaging using an unmanned aerial vehicle for monitoring a sunflower crop. Biosystems Engineering Journal. 132: 19-27.
35. Wallace, L., A. Lucieer and C.S. Watson. 2014. Evaluating tree detection and segmentation routines on very high resolution UAV LiDAR data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 52(12): 7619-7628.
36. Wang, Y., J. Hyyppa, X. Liang, H. Kaartinen, X. Yu, E. Lindberg, J. Holmgren, Y. Qin, C. Mallet and A. Ferraz. 2016. International Benchmarking of the Individual Tree Detection Methods for Modeling 3-D Canopy Structure for Silviculture and Forest Ecology Using Airborne Laser Scanning. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens, 54: 5011-5027.
37. Wang, L., P. Gong and G.S. Biging. 2004. Individual tree-crown delineation and treetop detection in high-spatial-resolution aerial imagery. Photogramm. Eng. Remote Sens, 70: 351-357.
38. Xiang, H. and L. Tian. 2010. Method for automatic georeferencing Aerial remote sensing (RS) images from an unmanned aerial vehicle (UAV) platform. Biosystems Engineering j. 108: 104-113.
39. Yu, Q., P. Gong, N. Clinton, G. Biging, M. Kelly and D. Schirokauer. 2006. Object-based detailed vegetation classification with airborn high spatial resolution remote sensing imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 72(7): 799-811.
40. Yu, X., J. Hyyppä, M. Karjalainen, K. Nurminen, K. Karila, M. Vastaranta, V. Kankare, H. Kaartinen, M. Holopainen and E. Honkavaara. 2015. Comparison of laser and stereo optical, SAR and InSAR point clouds from air-and space-borne sources in the retrieval of forest inventory attributes. Remote Sensing, 7: 15933-15954.
41. Zarco-Tejada, P.J., R. Diaz-Varela, V. Angileri and P. Loudjani. 2014. Tree height quantification using very high resolution imagery acquired from an unmanned aerial vehicle (UAV) and automatic 3D photo-reconstruction methods. European Journal of Agronomy, 55: 89-99.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1397.6.11.5.6]
[DOI: 10.29252/ifej.6.11.61]

Detection of Tree Species in Mixed Broad-Leaved Stands of Caspian Forests Using UAV Images (Case study: Darabkola Forest)

Milad Pourahmad[1], Jafar Oladi[2] and Asghar Fallah[3]

1- Ph.D. Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, (Corresponding author: miladpourahmad@yahoo.com)
2 and 3- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
Received: May 8, 2018 Accepted: June 11, 2018

Abstract

Unmanned aerial vehicles (UAVs) images have high spatial resolution. They are a valuable source of information for mapping land cover and thematic information, particularly in the identification of tree species. The aim of this study was to investigate the capability of drone images and the base object method for detecting tree species in the Hyrcanian forests. For this purpose, part of an area in parcel 24 of district one in Mazandaran Darabkola forest was selected. The ground truth map was prepared through accurate recording with geographic coordinate's algorithm using distance and azimuth in MATLAB software. Proper processing was done on the images and classification performed on images at three flight height; 55, 75 and 100 meters in two categories of one-step and hierarchical classifications. In object-based classification, the nearest neighbor method was used to classify three species. The accuracy of the maps derived from classifications was evaluated using 50% of the ground truth map. The results showed that the map of the hierarchical classification by the object based method at a flight height of 55 meters has the best ability to detect tree species in the three heights. These comparisons showed Kappa's coefficient of 0.81 accuracy of tree species classification in 55-meter height by UAV.

Keywords: Forest classification, Object-based, Tree detection, UAVs

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1397.6.11.5.6]

[DOI: 10.29252/ifej.6.11.61]