



ارزیابی دقت داده‌های پهپاد در برآورد میزان خشکیدگی درختان شمشاد (مطالعه موردی: پارک جنگلی سیسنگان - استان مازندران)

مقاله پژوهشی

محمد رضا کارگر، یونس بابایی، امیر اسلام بنیاد

دریافت: ۷ مهر ۱۳۹۹ / پذیرش: ۳ بهمن ۱۳۹۹

دسترسی اینترنتی: ۳۰ تیر ۱۴۰۰

چکیده

خودکار درختان خشکیدگی از درختان سبز به کار گرفت. هدف از این پژوهش، ارزیابی توانایی داده‌های پهپادهای ارزان قیمت با سنجنده‌های معمولی در آشکارسازی و پهنه‌بندی مناطق دچار خشکیدگی اثبات گردد و با توجه به اینکه هزینه پهپادهایی با سنجنده‌های چند طیفی (باند لبه قرمز و مادون قرمز نزدیک) بسیار زیاد است، بتوان این هزینه را کاهش داد.

مواد و روش‌ها پارک جنگلی سیسنگان در ۳۰ کیلومتری شرق شهرستان نوشهر استان مازندران در عرض جغرافیایی $36^{\circ} 33' 30''$ تا $36^{\circ} 35' 30''$ و طول جغرافیایی $51^{\circ} 47' 00''$ تا $51^{\circ} 49' 30''$ قرار گرفته است. این پارک علاوه بر نقش تفریحی که دارد بسیاری از گونه‌های گیاهی مهم کشور در آن رشد یافته‌اند. از جمله مهم‌ترین این گونه‌ها می‌توان به شمشاد خزری اشاره کرد. پهپادی که در این پژوهش استفاده گردید از نوع پهپادهای عمودپرواز است. دوربینی که بر روی این وسیله تعبیه شده است قابلیت ثبت تصاویر ۲۰ مگاپیکسلی را دارد. عملیات تصویربرداری در تاریخ هشتم آذرماه ۱۳۹۶، ساعت ۱۰ صبح انجام پذیرفت که مدت زمان آن ۴۵ دقیقه طول کشید. برای نمونه‌برداری میدانی از منطقه مورد مطالعه بازدید به عمل آمد و نقاط مختلف آن از نظر تراکم پایه‌های خشک‌دار شمشاد و درختان سبز مشخص گردید. سپس سه قطعه نمونه دایره‌ای با شعاع ۶۰ متر و مساحت $1/13$ هکتار در منطقه طراحی گردید و تراکم پایه‌های خشک‌دار شمشاد و پایه‌های زنده و سبز در

پیشینه و هدف پارک جنگلی سیسنگان یکی از زیستگاه‌های مهم شمشاد خزری در کشور به حساب می‌آید. اما در چند سال اخیر به دلیل بیماری خشکیدگی دچار بحران شده و بسیاری از پایه‌های شمشاد از بین رفته‌اند. پایش و مدیریت این منطقه می‌تواند در اموری مانند کنترل، حفاظت و حمایت این منطقه مؤثر باشد. به دلیل مساحت زیاد پایه‌های از بین رفته، امکان برآورد مساحت به صورت دقیق با استفاده از داده‌های موجود وجود ندارد. اندازه‌گیری‌های دستی نیز کاری بسیار زمان‌بر و طاقت‌فرساست. این امر مستلزم این است تا راهی بیابیم که به صورت دقیق و خودکار این فرآیند را انجام دهد. پهپادها با استفاده از سنجنده‌های بسیاری دقیقی (تفکیک مکانی) که دارند، این امکان را فراهم آورده‌اند. روش‌های مختلف طبقه‌بندی نیز از راهکارهایی هستند که می‌توان به منظور تفکیک

محمد رضا کارگر (✉)، یونس بابایی^۱، امیر اسلام بنیاد^۲

۱. کارشناسی ارشد سنجش از دور، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان فارس، شیراز، ایران

۲. کارشناسی ارشد جنگلداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان تهران، تهران، ایران

۳. استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی صومعه‌سرا، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات:

Mohammadreza_kargar@modares.ac.ir

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1400.12.2.6.9>

دیگر از خود نشان دادند. قطعه نمونه با غلبه پایه های زنده و سبز در مقایسه با دو قطعه نمونه دیگر پدیده ها و عوارض بیشتری را در خود جای داده است و از نظر بافت تصویر نیز در مقایسه با دو قطعه نمونه دیگر تفاوت های زیاد و محسوسی دارد. در این قطعه نمونه علاوه بر وجود پایه های سبز و خشک دارهای شمشاد، پوشش علفی کف و توده های تمشک نیز به چشم می خورد. در این پژوهش نتایج طبقه بندی و آشکارسازی خشک دارهای شمشاد با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی بسیار بهتر از الگوریتم های پیشینه شباهت و کمترین فاصله بود. از جمله دلایل بهتر بودن نتایج الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی می توان به غیرخطی بودن و ناپارامتریک بودن آن اشاره کرد. اما در طبقه بندی به وسیله الگوریتم های سنتی مانند روش های آماری، به دلیل اینکه انعطاف پذیری کمتری دارند، دقت پایین تری داشته. انواع پارامتریک روش های سنتی مانند الگوریتم پیشینه شباهت، به خاطر وابستگی به آمار گوسی، در صورتی که داده ها نرمال نباشند نمی تواند دقت مطلوبی در طبقه بندی و تفکیک طبقات از یکدیگر داشته باشد. در الگوریتم های سنتی مانند الگوریتم های پیشینه شباهت و کمترین فاصله، داده های آموزشی نقش حیاتی دارند. در این روش ها فرض بر این است که توزیع در داخل نمونه های آموزشی باید نرمال باشد، به طوری که اگر نتوان این شرط را محیا نمود، دقت طبقه بندی به شدت کاهش می یابد. در حالی که روش های شبکه عصبی مصنوعی بر اساس ویژگی ها و ساختار خود داده ها عمل می کنند.

نتیجه گیری نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که می توان با استفاده از داده ها و تصاویر معمولی یک پهپاد ارزان قیمت به بررسی وضعیت خشکیدگی درختان بعد از فوران بیماری و تعیین مساحت آن پرداخت. برخلاف هزینه های زیادی که به منظور خرید سنجنده های گران قیمت به منظور پایش وضعیت پوشش گیاهی صورت می گیرد، می توان از این شیوه های ارائه شده در این مقاله، با هزینه های بسیار کمتری اقدام کرد. این روش می تواند در تعیین میزان سطح پوشش های خشکیده کمک شایانی به نهادهای زیربسط کند.

واژه های کلیدی: پهپاد، خشکیدگی، شمشاد، شبکه عصبی مصنوعی، طبقه بندی، پارک جنگلی سیسنگان

آن ها مشخص گردید. سپس در هر قطعه نمونه در نقاطی که پایه های شمشاد قرار داشتند، ۵۰ نقطه تعلیمی و همچنین در نقاطی که پایه های زنده، پوشش علفی کف و تمشک نیز قرار داشتند، ۵۰ نقطه ثبت گردید. در این پژوهش به منظور بررسی میزان دقت تصاویر پهپاد در شناسایی و طبقه بندی مناطق پوشیده از خشک دارهای شمشاد، کوچک ترین پایه های خشک دار شمشاد که کمترین وسعت تاج را داشتند نیز ثبت گردید. به دلیل اینکه تصاویر پهپاد به تصحیحات هندسی دارند، ابتدا از نظر هندسی و موقعیت جغرافیایی تصحیح شدند. به منظور انجام فرآیند طبقه بندی، وارد نرم افزار ENVI شدند. در هر قطعه نمونه ۱۰۰ نقطه ثبت گردیده بود که ۷۵ عدد از آن ها برای انجام فرآیند طبقه بندی نظارت شده و ۲۵ عدد از آن ها نیز برای ارزیابی صحت طبقه بندی استفاده گردید. برای طبقه بندی این تصاویر از سه الگوریتم طبقه بندی نظارت شده شبکه عصبی مصنوعی، حداکثر احتمال و حداقل فاصله به کار برده شد. در پایان پس از انجام هر کدام از مراحل طبقه بندی، از فیلتر پایین گذر با ابعاد پنجره ۳ در ۳ پیکسل، برای هموارسازی تصاویر استفاده شد. برای ارزیابی نتایج نیز شاخص های ضریب کاپا و دقت کلی به کار گرفته شد.

نتایج و بحث در این تعداد قطعه نمونه، ۵۷۹ پایه اندازه گیری گردید. شمشاد با اختلاف زیادی، بیشترین فراوانی را در منطقه به خود اختصاص داد. پس از آن مرمرز و انجیلی و بلوط به ترتیب در رتبه های بعدی قرار دارند. از نتایج حاصل مشخص شد که الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی بهترین نتایج را نسبت به دو الگوریتم دیگر داشته است. اما نتایج شبکه عصبی مصنوعی نیز با توجه به شرایط قطعه نمونه دارای نوساناتی است. این الگوریتم با دقت کلی ۹۷/۴۷ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۴ بهترین نتایج را در تفکیک و آشکارسازی خشک دارهای شمشاد در قطعه نمونه با غلبه خشک دارهای شمشاد داشتند. پس از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم پیشینه شباهت نتایج مطلوب تری را در تفکیک پایه های خشک دار شمشاد از خود نشان داد. الگوریتم کمترین فاصله نتایج مطلوبی از خود نشان داد، اما میزان دقت آن به اندازه دو الگوریتم قبل نبود. هر سه الگوریتم در تفکیک پایه ها در قطعه نمونه با غلبه پایه های زنده نتایج ضعیف تری را نسبت به دو قطعه نمونه

گیاهان مناسب است اما به دلیل اینکه در تشخیص سطوح مختلف آسیب‌های فیزیولوژیکی و همچنین تولید ویژگی‌های مکانی ناتوان است، دارای محدودیت‌هایی است (۲۷). تا به امروز، تعداد بسیار کمی از مطالعات انتشاریافته به موفقیت‌آمیز بودن تشخیص خشکیدگی جنگل از طریق سنجنده‌های نصب‌شده بر روی هواپیما (۱۵)، ماهواره‌ها (۲۱) و همچنین سنجنده‌های چند طیفی نصب‌شده بر روی تجهیزات سرنشین‌دار اشاره کرده است (۴). برخلاف این، در زمینه کشاورزی تحقیقات زیادی وجود دارد که بر موفقیت‌آمیز بودن تشخیص بیماری اشاره دارد و از مهم‌ترین دلایل موفقیت آن‌ها می‌توان عملکرد پاتوژن‌ها در قسمت بالایی گیاه و همچنین ساختار ساده‌تر و منظم‌تر کشاورزی را نام برد (۲).

داده‌های دیجیتالی هوایی در اغلب موارد دارای ویژگی‌هایی است که در مقایسه با داده‌های آنالوگ کاربردهای بسیار وسیع‌تری دارد. از جمله این ویژگی‌ها می‌توان به قابلیت تجزیه و تحلیل، ویژگی‌های مکانی، طیف‌های مختلف و غیره اشاره کرد. بیشتر تحقیقات به منظور تعیین میزان گسترش شیوع بیماری، خشکیدگی و حشرات در مقیاس‌های بزرگ و منطقه‌ای از تصاویر ماهواره‌ای با دقت ۵ تا ۳۰ متر استفاده کرده‌اند (۱۸). طی یک دهه گذشته به منظور آشکارسازی تک‌درختان خشکیده و یا تجمع درختان معیوب در مقیاس‌های بزرگ و با دقت بالا از تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بیش از ۵ متر استفاده شده است (۷). به‌طورکلی استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بالا، آشکارسازی و میزان ابتلا به بیماری را در سطوح مختلف و دقیق‌تر در مقایسه با تصاویر متوسط مقیاس افزایش داده است (۳۰). تصاویر اخذ شده به‌وسیله ماهواره‌ها و هواپیماها معمولاً محدود به وسیله‌ای بسیار وسیعی را پوشش می‌دهند اما تهیه آن‌ها ممکن است زمان‌بر و هزینه‌بر باشد و در بسیاری از موارد در زمان‌های موردنظر محقق اخذ تصویری صورت نگرفته است. این امر باعث شده است تا داده‌های این منابع برای تشخیص زودهنگام بیماری، تهیه تصاویر از مناطق با مساحت کوچک، در زمان‌های موردنظر و مناطق با ریسک پروازی بالا مناسب نباشند. استفاده از تجهیزات هوایی بدون

نظارت بر سلامت جنگل‌ها بخش قابل‌توجهی از امنیت زیست‌محیطی و نظارت و تلاش‌های مدیریت مؤثر بر پاتوژن را تشکیل می‌دهد (۳). روش‌های نظارت بر اساس تشخیص نوع علائم بیماری‌زا است؛ اما در مورد درختان و عرصه‌های گیاهی کاملاً متفاوت است و باید از طریق مواردی همچون تغییرات رنگی و به دنبال آن تغییرات شکل ساختاری، تشخیص داده شود. به‌طور سنتی، پایش بیماری درختان در بسیاری از کشورها توسط فعالیت‌های میدانی و بازدیدهای بصری صورت می‌گرفت (۱۴). بازدیدهای میدانی عموماً به‌صورت سالیانه یا دوره‌ای انجام می‌شد و هدف آن معمولاً شناسایی آفات جدید و همچنین اقدامات کنترلی بود (۳). علاوه بر این، اطلاعات حاصل از پایش‌های میدانی به‌منظور سیاست‌های توسعه‌ای، تعهدات بین‌المللی، برنامه‌ریزی‌های جنگل و تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری استفاده می‌شد (۲۸). اما باید توجه داشت که بازدیدهای میدانی به دلیل کوچک بودن عرصه، عدم قابلیت تعمیم آن به مناطق دیگر و همچنین زمان‌بر و هزینه‌بر بودن آن دارای اشکالات اساسی است.

تجهیزات مدرن سنجنش‌ازدور این توانایی را دارند تا پایش‌ها سنتی میدانی را با افزایش سطح پوشش و پیش‌بینی بیماری بهبود ببخشند. برای تحقق این مزایا، شناخت روش‌های صحیح برداشت داده و همچنین داده‌های موردنیاز بسیار لازم و ضروری است (۳۱). انتخاب سنسور مناسب و مورد انتظار از طریق میزان وضوح تصویر و همچنین مقادیر حساسیت آن به اثرات فیزیولوژیکی شاخ و برگ در طیف‌های مختلف نوری، صورت می‌گیرد. با انتخاب سنجنده‌ای که وضوح مناسب دارد، سطح منطقه‌ای که از طریق سنجنش‌ازدور پایش و ارزیابی می‌گردد، افزایش پیدا کرده و حتی تا حدود بسیار زیادی دقت را بالا می‌برد (۳۲). بررسی هوایی که توسط هواپیما صورت می‌گیرد و شامل شناسایی دستی شیوع بیماری به‌وسیله کارشناس حاضر در هواپیما است، رویکردی رایج و مقرون‌به‌صرفه در نقشه‌سازی پوشش گیاهی معیوب است. این شیوه برای تشخیص طیف گسترده‌ای از وضعیت سلامت

سرنشین مانند پهپادها این امکان را محیا کرده است تا در زمان‌های دلخواه و با فواصل دوره‌ای کم، وضوح بالا و مقرون به صرفه بتوان تصاویر را تهیه نمود.

در زمینه کار با داده‌های پهپاد به منظور انجام امور مدیریت جنگل در کشور مطالعات بسیار اندکی صورت گرفته است. در همین راستا کارگر و سهرابی (۱۱) با استفاده از داده‌های برداشت شده توسط یک پهپاد عمودپرواز به اندازه‌گیری و مدل‌سازی ارتفاع پرداختند. گونه‌های موجود در این منطقه عبارت‌اند از شمشاد، ممرز، انجیلی و دیگرگونه‌ها. در این پژوهش به منظور مدل‌سازی از رگسیون خطی استفاده گردید. با جذر میانگین مربعات خطابه ترتیب ۲۰/۳۹، ۲۰/۳۹، ۲۰/۵۷ و ۲۰/۵۲ متر ارتفاع درختان را با استفاده مدل ارتفاعی تاج مستخرج از تصاویر پهپاد مدل‌سازی کنند. در پژوهشی دیگر صادقی و سهرابی (۲۵) با استفاده از تصاویر برداشت شده به وسیله یک عدد پهپاد ارزان قیمت عمودپرواز به تفکیک و شناسایی گونه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه پرداختند. مدل استفاده شده در این پژوهش به منظور تفکیک گونه‌ها از یکدیگر، جنگل تصادفی و تحلیلگر جداکننده خطی بود. در این پژوهش آن‌ها موفق شدند با دقت کلی ۸۱/۹ درصد و ضریب کاپا ۰/۷۳ درختان را تفکیک و شناسایی کنند. چناری و همکاران (۵) در تحقیقی به بررسی و مدل‌سازی قطر تاج درختان بنه با استفاده از تصاویر پهپاد در تفکیک‌های مکانی مختلف پرداختند. هدف از انجام این مطالعه، بررسی قطر تاج و برآورد اندازه بهینه آن در تفکیک مکانی مطلوب بود که بر این اساس آن‌ها توانستند با ضریب همبستگی ۰/۸۵، ۰/۷۵ و ۰/۷۰ به ترتیب در تفکیک‌های مکانی ۳، ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر، قطر تاج را مدل‌سازی کنند. از تلفیق داده‌های طیفی برداشت شده به وسیله پهپادها و شاخص‌های ارتفاعی، برای پهنه‌بندی درختچه‌زارها نیز استفاده گردیده است. در این زمینه در پژوهشی دیگر پرورشک و ایمووا (۲۲) در تحقیقی به طبقه‌بندی و تفکیک تیپ‌های گیاهی مختلف در درختچه‌زارها پرداختند. به منظور عکس‌برداری هوایی از یک عدد پهپاد عمودپرواز شش ملخه با سنجنده‌های مختلف استفاده گردید.

سنجنده‌های نصب گردیده بر روی این پهپاد یک عدد سنجنده چند طیفی معمولی و یک عدد سنجنده لیدار بود. نتایج این پژوهش نشان داد که با استفاده از تلفیق داده‌های طیفی و همچنین مقادیر ارتفاعی می‌توان با دقت بسیار بالایی گونه‌های مختلف را تفکیک و تیپ‌بندی را به انجام رساند. در پژوهشی دیگر که ایشیدا و همکاران (۱۰) به منظور طبقه‌بندی پوشش گیاهی انجام دادند، از داده‌های سنجنده فرا طیفی که بر روی یک عدد پهپاد شش ملخه عمودپرواز نصب گردیده بود، استفاده کردند. الگوریتم طبقه‌بندی استفاده شده در این پژوهش ماشین‌بردار پشتیبان بود که جز دسته الگوریتم‌های یادگیری ماشین محسوب می‌گردد. در این پژوهش این محققین توانستند با دقت کلی ۹۴/۵ درصد پوشش‌های مختلف گیاهی را از یکدیگر تفکیک کنند. گاو و همکاران (۸) به تلفیق شیوه‌های طبقه‌بندی شیء مینا و پیکسل مینا به منظور تفکیک و پهنه‌بندی علف‌های هرز پرداختند. گونه‌های علفی هرز موجود پرداختند. در این پژوهش به منظور انجام عکس‌برداری هوایی از یک عدد پهپاد عمودپرواز ۶ ملخه استفاده گردید. تفکیک مکانی تصاویر برداشت در هر پیکسل ۱/۷۸ میلی‌متر انتخاب گردید. همچنین ارتفاع پروازی پهپاد ۲۰ متر از محل کنترل‌کننده و میزان هم‌پوشانی تصاویر به منظور ساخت مدل ارتفاعی تاج، ۸۰ درصد تعیین شد. پارک جنگلی سیسنگان یکی از زیستگاه‌های مهم شمشاد خزری در کشور به حساب می‌آید. اما متأسفانه در چند سال اخیر به دلیل بیماری خشکیدگی دچار بحران شده و بسیاری از پایه‌های شمشاد از بین رفته‌اند. پایش و مدیریت این منطقه می‌تواند در اموری مانند کنترل، حفاظت و حمایت این منطقه مؤثر باشد. اما به دلیل مساحت زیاد پایه‌های از بین رفته، امکان برآورد مساحت به صورت دقیق با استفاده از داده‌های موجود وجود ندارد. اندازه‌گیری‌های دستی نیز کاری بسیار زمان‌بر و طاقت‌فرساست. این امر مستلزم این است تا راهی بیابیم که به صورت دقیق و خودکار این فرآیند را انجام دهد. پهپادها با استفاده از سنجنده‌های بسیاری دقیقی (تفکیک مکانی) که دارند، این امکان را فراهم آورده‌اند. روش‌های مختلف طبقه‌بندی نیز از راهکارهایی هستند که می‌توان

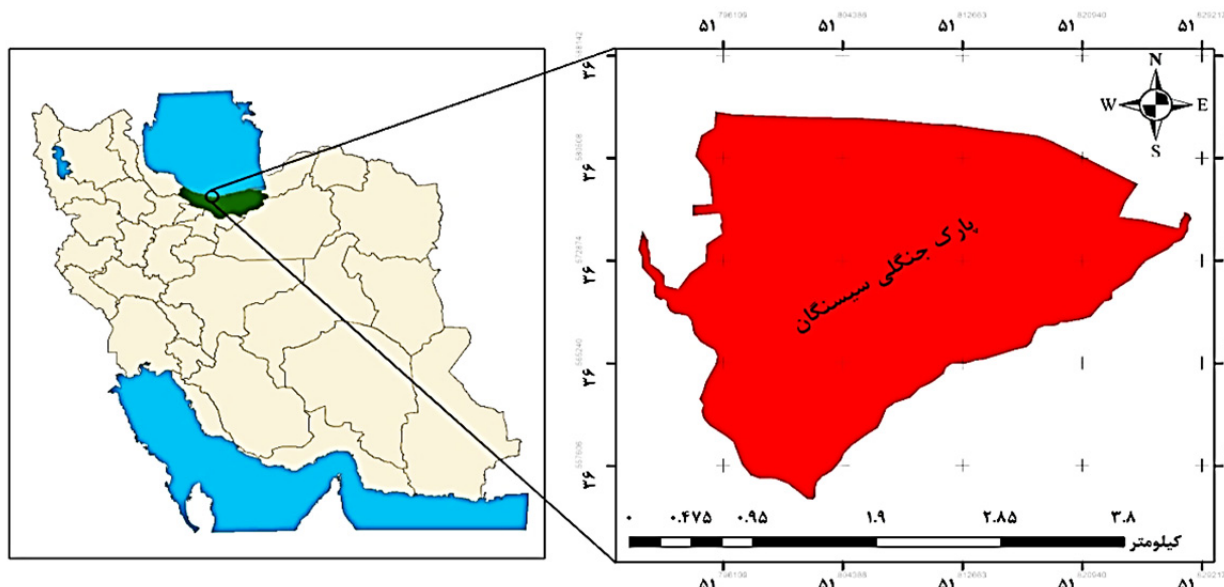
" $30^{\circ} 33' 30''$ شمالی و طول جغرافیایی " $51^{\circ} 47' 51''$ تا " $30^{\circ} 49' 00''$ شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). این پارک علاوه بر نقش تفریحی که دارد بسیاری از گونه‌های گیاهی مهم کشور در آن رشد یافته‌اند. از جمله مهم‌ترین این گونه‌ها می‌توان به شمشاد خزری اشاره کرد. اما متأسفانه در چند سال اخیر به دلیل حمله حشرات و آفات تبدیل به خشکه‌دار شده‌اند (۱۱).

به‌منظور تفکیک خودکار درختان خشکیده از درختان سبز به کار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پارک جنگلی سیسنگان در ۳۰ کیلومتری شرق شهرستان نوشهر استان مازندران و در عرض جغرافیایی " $36^{\circ} 35' 30''$ تا



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه، پارک جنگلی سیسنگان

Fig. 1. Study area, Sisangan forest park

ارتفاع پروازی انتخاب‌شده در این پژوهش نیز ۱۰۰ متر محاسبه گردید. در این ارتفاع تفکیک مکانی $2/63$ سانتی‌متر در هر پیکسل بود. مساحت منطقه‌ای که پرواز در آن صورت گرفت، $34/5$ هکتار بود که پهپاد با توجه به پارامترهای پروازی تعیین گردیده ۸۵۴ تصویر ثبت کرد. عملیات تصویربرداری در تاریخ هشتم آذرماه ۱۳۹۶، ساعت ۱۰ صبح انجام پذیرفت که مدت‌زمان آن ۴۵ دقیقه طول کشید.

تصویربرداری هوایی

پهپادی که در این پژوهش استفاده گردید از نوع پهپادهای عمودپرواز است (شکل ۲). مسیر پروازی این پرنده، قبل از پرواز و به‌وسیله نرم‌افزار رابط کاربری طراحی گردید. میزان هم‌پوشانی طولی و عرضی تصاویر از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر روی تعداد خطوط پروازی و مدت‌زمان پرواز است (۱۱). در این پژوهش به‌منظور پوشش کامل منطقه تصاویر، شبکه پروازی با ۹۰ درصد هم‌پوشانی طولی و ۸۰ درصد هم‌پوشانی عرضی طراحی گردید.



شکل ۲. فانتوم ۴ پرو

Fig. 2. Phantom 4 Pro

پردازش تصاویر و استخراج اورتوموزاییک

پس از انجام تصویربرداری هوایی، تصاویر با استفاده از مختصات جغرافیایی الحاق شده به هرکدام از آنها، در کنار یکدیگر و براساس خطوط پروازی منظم شدند. پس از آن نرم افزار به منظور ساخت مدل سه بعدی، در هرکدام از جفت تصاویر نقاط مشترک و کلیدی را مشخص نمود. سپس از

طریق این نقاط فصل مشترک تصاویر مشخص شده و بر روی یکدیگر قرار گرفتند. پس از اتمام فرآیند پردازش و با استفاده مدل خروجی سه بعدی، اورتوموزاییک تصاویر که در واقع پوششی کامل و یکپارچه از منطقه مورد مطالعه است، به دست آمد (شکل ۳).



شکل ۳. اورتوموزاییک منطقه مورد مطالعه

Fig. 3. Study Area Orthomosaic

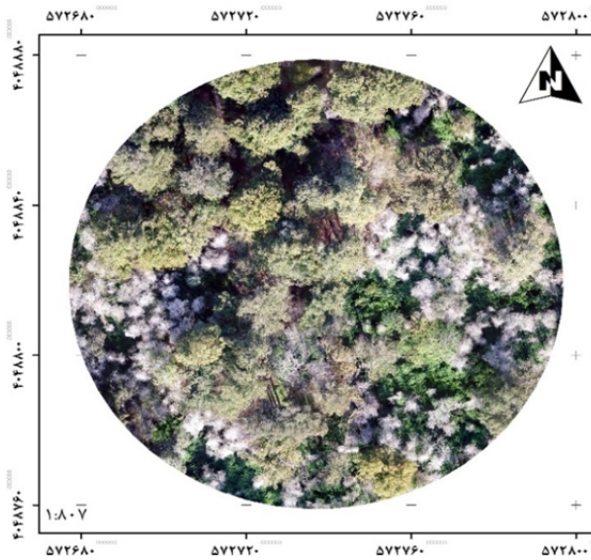
نمونه برداری میدانی

ابتدا به منظور انجام نمونه برداری میدانی از منطقه مورد مطالعه بازدید به عمل آمد و سپس سه قطعه نمونه دایره ای

با شعاع ۶۰ متر در منطقه طراحی گردید و تراکم پایه ها در آنها مشخص گردید. قطعات نمونه مشخص گردیده عبارت بودند از؛ قطعه نمونه با غلبه پایه های خشکه دار شمشاد

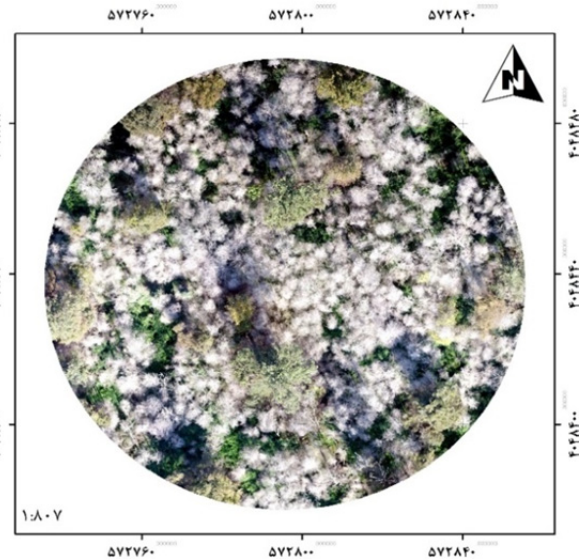
تعلیمی و همچنین در نقاطی که پایه‌های زنده، پوشش علفی کف و تمشک نیز قرار داشتند، ۵۰ نقطه ثبت گردید.

(شکل ۴-الف)، قطعه‌نمونه با غلبه پایه‌های زنده (شکل ۴-ب) و قطعه‌نمونه باحالت بینابینی (شکل ۴-ج). سپس در هر قطعه‌نمونه در نقاطی که پایه‌های شمشاد قرار داشتند، ۵۰ نقطه



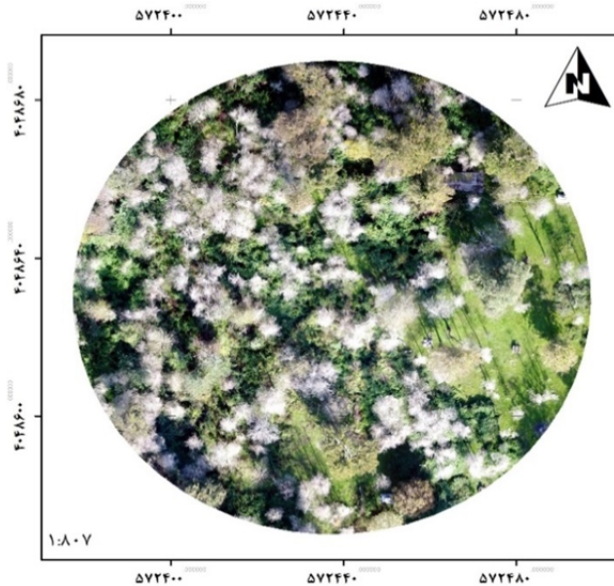
شکل ۴-ب. قطعه‌نمونه با غلبه پایه‌های زنده و سبز

Fig. 4b. Sample Plot with predominance of live and green trees



شکل ۴-الف. قطعه‌نمونه با غلبه پایه‌های خشکه‌دار شمشاد

Fig. 4a. Sample Plot with predominance of dieback trees



شکل ۴-ج. قطعه‌نمونه باحالت بینابینی

Fig. 4c. Sample Plot with dieback and live trees

عدد از آن‌ها برای انجام فرآیند طبقه‌بندی نظارت‌شده و ۲۵ عدد از آن‌ها نیز برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی استفاده گردید. برای طبقه‌بندی این تصاویر از سه الگوریتم طبقه‌بندی

طبقه‌بندی تصاویر

به‌منظور انجام فرآیند طبقه‌بندی، وارد نرم‌افزار انوی ENVI شدند. پس‌از آن نقاط تعلیمی وارد نرم‌افزار شدند و ۷۵

در این رابطه؛ $\sum p_{ii}$ مجموع پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده، OA دقت کلی و n تعداد کل پیکسل‌های آزمایشی.

نتایج

در مجموع ۳ قطعه نمونه با شعاع ۶۰ متر برداشت گردید. در این تعداد نمونه، ۵۷۹ پایه اندازه‌گیری گردید. فراوانی پایه‌های نمونه برداری شده در جدول ۱ نشان داده شده است. شمشاد با اختلاف زیادی، بیشترین فراوانی را در منطقه به خود اختصاص داده است. پس از آن مرز و انجیلی و بلوط به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. با توجه به فراوانی بسیار اندک دیگرگونه‌ها، همه پایه‌های آن‌ها در یک گروه تحت عنوان سایر گونه‌ها قرار گرفت و در تحلیل‌های بعدی استفاده شد. گروه سایر گونه‌ها عبارت بود از افرا پلت، افرا شیردار، اوجا، ملج، نمدار، توسکا.

نظارت شده شبکه عصبی مصنوعی، حداکثر احتمال و حداقل فاصله استفاده گردید. در پایان پس از انجام هرکدام از مراحل طبقه‌بندی، از فیلتر Low Pass با ابعاد پنجره ۳ در ۳ پیکسل، برای هموارسازی تصاویر استفاده گردید.

روش ارزیابی نتایج

در این پژوهش ارزیابی و مقایسه نتایج با یکدیگر با استفاده از ضریب کاپا (رابطه ۱) و دقت کلی (رابطه ۲) انجام گردید. برای این منظور ابتدا ماتریس خطا تشکیل گردید و سپس با استفاده از اطلاعات موجود، پارامترهای مذکور محاسبه شد.

$$K = (OA - 1/q)/(1 - 1/q) \quad [1]$$

در این رابطه؛ K ضریب کاپا، OA دقت کلی و q پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی نشده‌اند.

$$(\sum p_{ii}): OA = 1/n \quad [2]$$

جدول ۱. فراوانی پایه‌های نمونه برداری شده و درصد هر کدام از آن‌ها

Table 1. The frequency of the sampled tree and the percentage of each of them

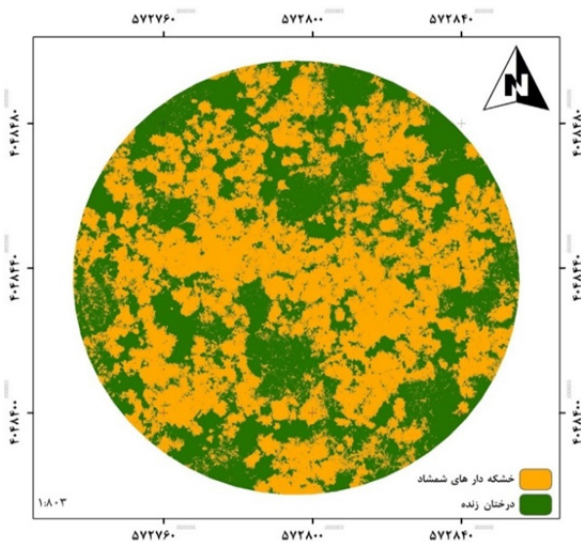
درصد پایه‌های خشکیده	درصد پایه‌های زنده و سبز	قطعات نمونه
% Dieback trees	% Live trees	Sample plots
۸۶/۳۳	۱۳/۶۷	قطعه نمونه با غلبه خشکه‌دارهای شمشاد
86.33	13.67	Sample Plot with predominance of dieback trees
۲۶/۵۶	۷۳/۴۴	قطعه نمونه با غلبه درختان زنده و سبز
26.56	73.44	Sample Plot with predominance of live and green trees
۶۵	۳۵	قطعه نمونه حالت بینابینی
65	35	Sample Plot with dieback and live trees

پس از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم بیشینه شباهت نتایج مطلوب‌تری را در تفکیک پایه‌های خشکه‌دار شمشاد از خود نشان داد. الگوریتم کمترین فاصله نتایج مطلوبی از خود نشان داد، اما میزان دقت آن به اندازه دو الگوریتم قبل نبود. همان‌طور که از نتایج جدول ۲ مشخص است، هر سه الگوریتم در تفکیک پایه‌ها در قطعه نمونه با غلبه پایه‌های زنده نتایج ضعیف‌تری را نسبت به دو قطعه نمونه دیگر از خود نشان دادند. قطعه نمونه با غلبه پایه‌های زنده و سبز در

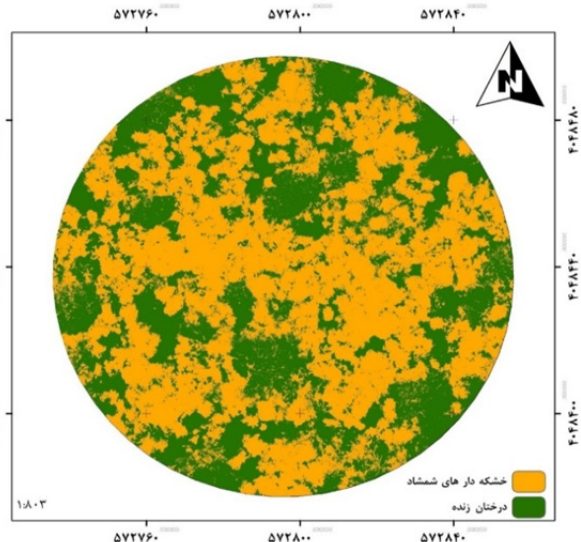
نتایج طبقه‌بندی قطعات نمونه با تراکم و ترکیب‌های خاص در جدول ۲ ارائه گردیده است، همان‌طور که مشخص است الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی بهترین نتایج را نسبت به دو الگوریتم دیگر داشته است. اما نتایج شبکه عصبی مصنوعی نیز با توجه به شرایط قطعه نمونه دارای نوساناتی است. این الگوریتم با دقت کلی ۹۷/۴۷ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۴ بهترین نتایج را در تفکیک و آشکارسازی خشکه‌دارهای شمشاد در قطعه نمونه با غلبه خشکه‌دارهای شمشاد داشتند.

شمشاد، پوشش علفی کف و توده‌های تمشک نیز به چشم می‌خورد. نتایج حاصل از طبقه‌بندی این سه قطعه‌نمونه با سه الگوریتم ذکر شده در شکل‌های ۵، ۶ و ۷ نشان داده شده است.

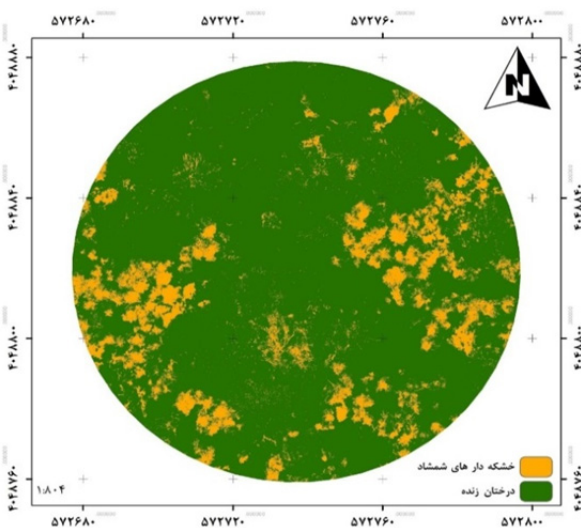
مقایسه با دو قطعه‌نمونه دیگر پدیده‌ها و عوارض بیشتری را در خود جای داده است و از نظر بافت تصویر نیز در مقایسه با دو قطعه‌نمونه دیگر تفاوت‌های زیاد و محسوسی دارد. در این قطعه‌نمونه علاوه بر وجود پایه‌های سبز و خشکه‌دارهای



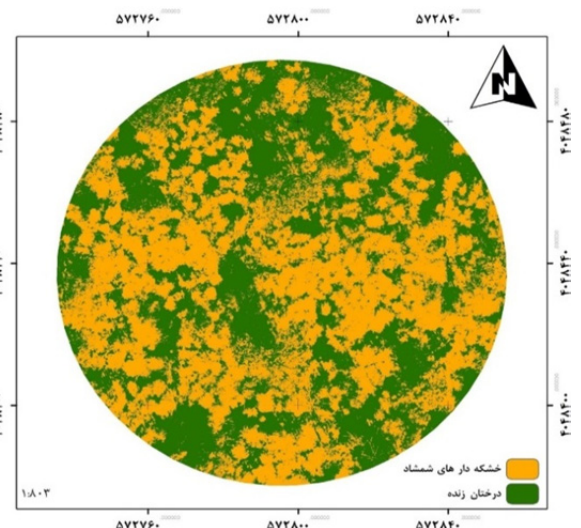
شکل ۵-ب. غلبه خشکه‌دار شمشاد با الگوریتم حداکثر احتمال
Fig. 5b. Predominance of dieback trees with ML Algorithm



شکل ۵-الف. غلبه خشکه‌دار شمشاد با الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی
Fig. 5a. Predominance of dieback trees with ANN Algorithm



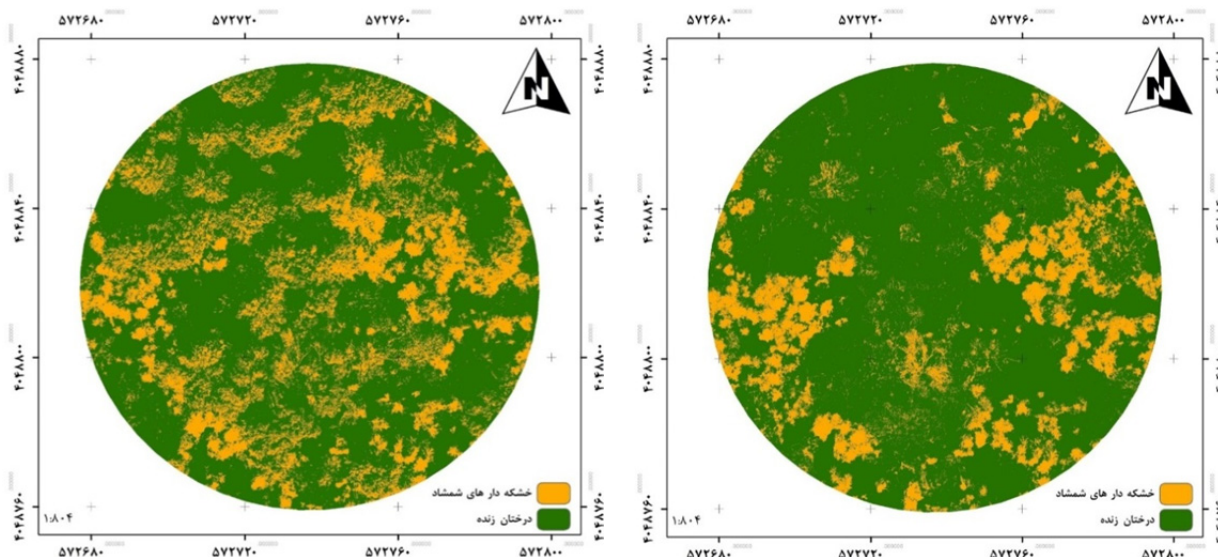
شکل ۵-د. غلبه پایه‌های زنده با الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی
Fig. 5d. Predominance of live trees with ANN Algorithm



شکل ۵-ج. غلبه خشکه‌دار شمشاد با الگوریتم حداقل فاصله
Fig. 5c. Predominance of dieback trees with MD Algorithm

شکل ۵. طبقه‌بندی قطعات نمونه با الگوریتم‌های شبکه عصبی مصنوعی، حداکثر احتمال و کمترین فاصله

Fig. 5. Classification of plots with artificial neural network algorithms, maximum likelihood and minimum distance

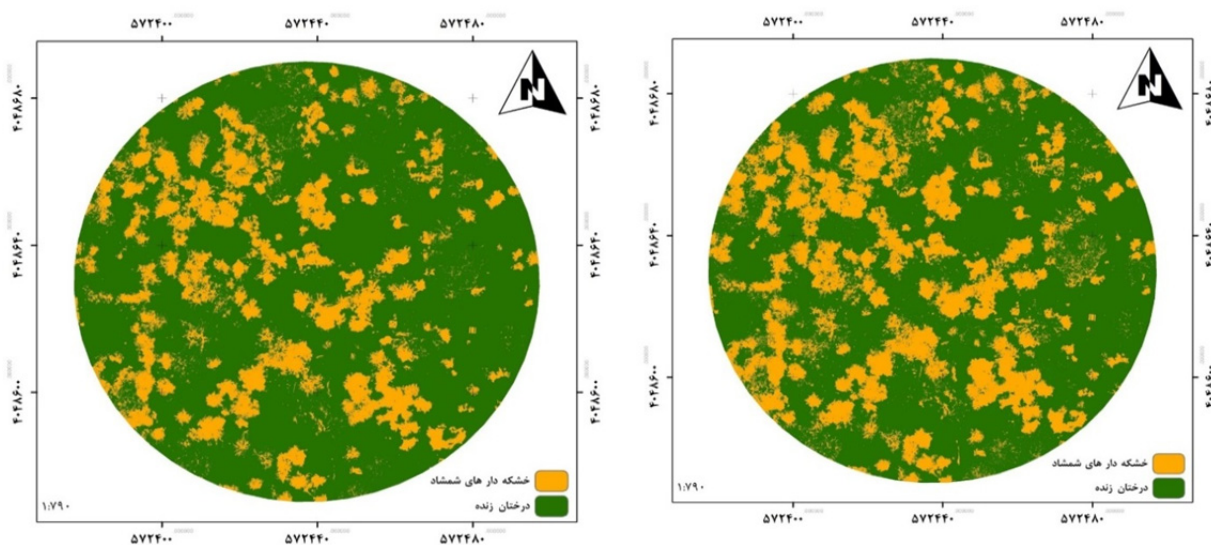


شکل ۶- ب. غلبه پایه‌های زنده با الگوریتم حداقل فاصله

Fig. 6b. Predominance of live trees with MD Algorithm

شکل ۶- الف. غلبه پایه‌های زنده با الگوریتم حداکثر احتمال

Fig. 6a. Predominance of live trees with ML Algorithm



شکل ۶- د. قطعه نمونه بینابینی با الگوریتم حداکثر احتمال

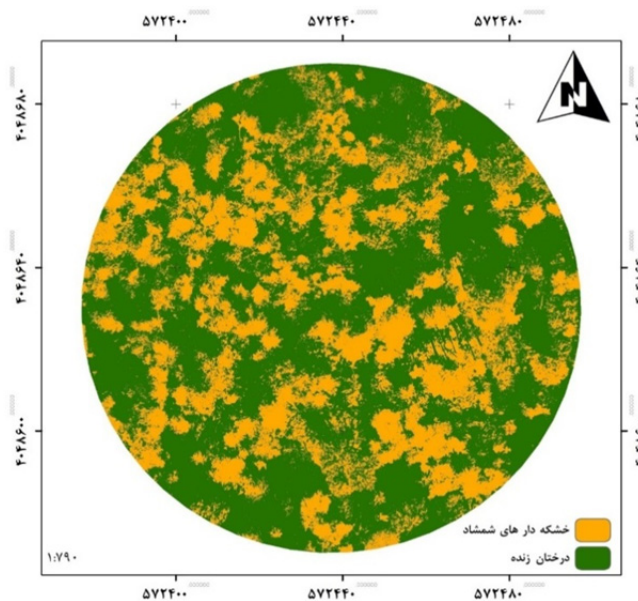
Fig. 6d. Dieback and live trees with ML Algorithm

شکل ۶- ج. قطعه نمونه بینابینی با الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی

Fig. 6c. Dieback and live trees with ANN Algorithm

شکل ۶. طبقه‌بندی قطعات نمونه با الگوریتم‌های شبکه عصبی مصنوعی، حداکثر احتمال و کمترین فاصله

Fig. 6. Classification of plots with artificial neural network algorithms, maximum likelihood and minimum distance



شکل ۷. قطعه‌نمونه بینابینی با الگوریتم حداقل فاصله
Fig. 7. Dieback and live trees with MD Algorithm

جدول ۲. نتایج ارزیابی طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم‌های مختلف

Table 2. Classification evaluation results using different algorithms

قطعه‌نمونه حالت بینابینی Sample Plot with dieback and live trees	قطعه‌نمونه با غلبه خشکه‌دارهای شمشاد Sample Plot with predominance of dieback trees	قطعه‌نمونه با غلبه پایه‌های زنده و سبز Sample Plot with predominance of live and green trees	ارزیاب Evaluator	الگوریتم طبقه‌بندی Classification algorithm
۸۲/۸۳ 82.83	۷۳/۷۲ 73.72	۶۶/۷۲ 66.72	دقت کلی Overall accuracy	کمترین فاصله Minimum distance (MD)
۰/۶۲ 0.62	۰/۴۷ 0.47	۰/۲۲ 0.22	ضریب کاپا Kappa coefficient	
۹۶/۲۱ 96.21	۹۶/۵۴ 96.54	۹۲/۲۲ 92.22	دقت کلی Overall accuracy	
۰/۹۱ 0.91	۰/۹۳ 0.93	۰/۷۳ 0.73	ضریب کاپا Kappa coefficient	بیشینه شباهت Maximum Likelihood (ML)
۹۶/۴۸ 96.48	۹۷/۴۷ 97.47	۹۴/۵۱ 94.51	دقت کلی Overall accuracy	شبکه عصبی مصنوعی Artificial neural network (ANN)
۰/۹۱ 0.91	۰/۹۴ 0.94	۰/۷۸ 0.78	ضریب کاپا Kappa coefficient	

بحث و نتیجه‌گیری

بسیار بهتر از الگوریتم‌های بیشینه شباهت و کمترین فاصله بود. از جمله دلایل بهتر بودن نتایج الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی می‌توان به غیرخطی بودن و ناپارامتریک بودن آن اشاره کرد. اما

در این پژوهش نتایج طبقه‌بندی و آشکارسازی خشکه-دارهای شمشاد با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی

در طبقه‌بندی به‌وسیله الگوریتم‌های سنتی مانند روش‌های آماری، به دلیل اینکه انعطاف‌پذیری کمتری دارند، دقت پایین‌تری داشته. انواع پارامتریک روش‌های سنتی مانند الگوریتم بیشینه شباهت، به خاطر وابستگی به آمار گوسی، در صورتی‌که داده‌ها نرمال نباشند نمی‌تواند دقت مطلوبی در طبقه‌بندی و تفکیک طبقات از یکدیگر داشته باشد (۲۳). در الگوریتم‌های سنتی مانند الگوریتم‌های بیشینه شباهت و کمترین فاصله، داده‌های آموزشی نقش حیاتی دارند. در این روش‌ها فرض بر این است که توزیع در داخل نمونه‌های آموزشی باید نرمال باشد، به طوری‌که اگر نتوان این شرط را محیا نمود، دقت طبقه‌بندی به‌شدت کاهش می‌یابد. در حالی‌که روش‌های یادگیری ماشین بر اساس ویژگی‌ها و ساختار خود داده‌ها عمل می‌کنند. به این دلیل است که این روش‌ها در ترکیب داده‌های با منابع مختلف موفق‌ترند (۲۴). لذا با استفاده از قابلیت‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی، ضمن کاهش خطا در طبقه‌بندی، امکان افزایش کلاس‌ها و جداسازی کلاس‌ها دقیق‌تر در پروژه‌های کاربردی فراهم است. بر اساس دسته‌بندی دیگری که الگوریتم‌های طبقه‌بندی را تفکیک کرده است، الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی جز الگوریتم‌های یادگیری ماشین هستند. این الگوریتم‌های علاوه بر نمونه‌های تعلیمی که به‌منظور طبقه‌بندی وارد آن‌ها می‌شود، از اطلاعات دیگری نیز استفاده می‌کنند. این ویژگی الگوریتم‌های یادگیری ماشین در بسیاری از موارد در مقایسه با روش‌های سنتی طبقه‌بندی که فقط از نمونه‌های تعلیمی استفاده می‌کنند، دقت بسیار بالاتری دارند و نتایج آن‌ها با حقیقت زمینی بیشتر مطابق است (۱۳).

نتایج این تحقیق نشان داد که می‌توان از پهبادهای به‌عنوان سکویی برای پایش سلامت گیاهان استفاده کرد. تفکیک مکانی و زمانی بالای این تجهیزات، تشخیص شیوع بیماری را به‌آسانی در جنگل امکان‌پذیر می‌کند و در مقایسه با روش‌های سنتی ارزیابی سلامت هیچ‌گونه تأخیری ندارند. اما برخلاف توانمندی‌هایی که این سنجنده‌ها دارند، نمی‌توانند بیماری‌ها را در مراحل اولیه آن تشخیص دهند. زیرا در مراحل اولیه در مشخصات ظاهری گیاه هیچ‌گونه تغییرات خاص قابل‌تمایزی

رخ نمی‌دهد. در همین زمینه در تحقیقی که دش و همکاران (۶) با استفاده از سنجنده‌های چند طیفی به تشخیص و طبقه‌بندی گونه‌های بیمار پرداختند به‌خوبی نتوانستند پایه‌هایی که در مراحل اولیه بیماری بودند را آشکارسازی کنند. برخلاف نتایج این تحقیق، پژوهش حاضر توانست با ضریب کاپا و دقت کلی بسیار مطلوبی پایه‌های خشک‌دار و مریض شمشاد را آشکارسازی کند. دلیل بهبود نتایج تحقیق حاضر نسبت به کار آن‌ها انجام تحقیق در مراحل پایانی بیماری است و به دلیل این‌که تفاوت‌های ظاهری بسیار زیادی گیاه افتاده است، به‌راحتی قابل‌تفکیک است. در تحقیقات قبلی دیگری که در همین زمینه انجام شدند، نشان دادند که می‌توان با استفاده از سنجنده‌های فرا طیفی بیماری‌ها و تنش‌های فیزیولوژیکی گیاهان را در مراحل اولیه شیوع تشخیص داد. از جمله این سنجنده‌ها می‌توان به حسگر باند لبه قرمز اشاره کرد. این امر ممکن است به گستردگی تفکیک طیفی این حسگرها نسبت داده شود که می‌تواند تغییرات فیزیولوژیکی ناشی از بازتاب‌های طول‌موج‌های بیشتری را در خارج از طول‌موج‌های مشاهده‌شده توسط حسگرهای معمولی ثبت کنند. در همین زمینه عبدالرحمان و همکاران (۱) در تحقیقی به طبقه‌بندی و بررسی وضعیت سلامت درختان با استفاده از سنجنده میکاسنس پرداختند. در این تحقیق آن‌ها توانستند با ضریب کاپا مطلوبی (۰/۷۸) درختان مریض را در مراحل اولیه شیوع تشخیص دهند. بر اساس نتایج پژوهش‌های قبلی که در این زمینه انجام شد، مشخص گردید که سنجنده‌های مرسوم چند طیفی با دقت بالا، شیوع بیماری را در مراحل آخری آن تشخیص دادند. این یافته نشان می‌دهد که تطبیق توانایی سنجنده‌های مختلف با اهداف تعیین گردیده برای آن‌ها بسیار مهم بوده و بر گسترش و کاربرد روزافزون سنجش‌از‌دور کمک شایانی می‌کند. بر اساس نتایج ما، پایش سلامت گیاهان با استفاده از تصاویر پهباد بسیار ارزشمند است، اما تأخیر تشخیص شیوع بیماری محقق را ملزم می‌سازد که سنجنده‌ای متناسب باهدف پژوهش انتخاب نماید.

قطعات نمونه‌ای که به‌منظور تفکیک خشک‌دارهای

عمل طبقه‌بندی را انجام می‌دهند. در صورتی که تعداد عوارض موجود در قطعات نمونه زیاد باشد، تشخیص پیکسل‌ها با مقادیر مختلف بازتابشی و تخصیص هرکدام از آن‌ها به طبقات تعیین شده بسیار مشکل است و باعث ایجاد خطا و کاهش دقت در عمل طبقه‌بندی می‌گردد.

صرف‌نظر از سکو استفاده شده برای حمل سنجنده ارزان‌قیمت در این پژوهش، این رویکرد کم‌هزینه امکان دستیابی به روش ساده‌تر و دقیق‌تر را نسبت به استفاده از سیستم‌های پیچیده لیدار که در حال حاضر عملیاتی هستند، محیا می‌کند (۱۶). هدف این نیست که بحث بر روی عملکرد هر یک از این فن‌آوری‌ها را آغاز کنیم، در صورتی که مطالعات پیشین کارایی زیاد لیزر اسکنرهای هوایی برای ارزیابی طبقه‌بندی و تفکیک تیپ‌ها و گونه‌های خاص آن را با دقت و جزئیات بی‌سابقه به اثبات رسانده‌اند (۱۲، ۱۹ و ۳۳). سنجنده‌های قابل‌نصب بر روی پهپادها (مانند دوربین‌های معمولی و مادون‌قرمز رنگی) در مقایسه با سنجنده‌های لیدار، قیمت ارزان‌تری دارند، همچنین کار کردن و پردازش داده‌های آن‌ها بسیار آسان‌تر است و به راحتی می‌توان محصولات آن‌ها را استخراج کرد؛ به همین دلایل است که این تجهیزات پتانسیل بالقوه‌ای را در انتخاب اول جوامع علمی، محققان و مشتریان فعال در زمینه پایش پوشش گیاهی، ارزیابی محصولات گیاهی، شناسایی مناظر بکر طبیعی و مطالعات فرسایش، پیدا کرده‌اند. برخلاف اینکه سنجنده‌های کوچک لیدار ساخته شده و قابل‌نصب بر روی پهپادها هستند، اما هزینه‌های زیاد و پیچیدگی‌های مراحل مختلف پردازش و استخراج محصولات سنجش‌زدوری از آن‌ها، کاربرد گسترده آن‌ها را محدود کرده است. علاوه بر این، سنجنده‌های کوچک لیدار به دلیل وزن زیادتری که نسبت به سنجنده‌های رنگی معمولی و رنگی مادون‌قرمز دارند، به منظور حمل، احتیاج به پهپادهای بزرگ‌تری است. به همین خاطر معمولاً بر روی پهپادهای عمودپرواز نصب می‌شوند. سنگینی ناشی از حمل سنجنده، سرعت پرواز را کاهش داده و باعث می‌شود که مساحت تحت پوشش پهپاد بسیار کاهش یابد. که این خود محدودیتی برای

شمشاد انتخاب گردیدند، از نظر ترکیب با گونه‌های دیگر و یا تعداد آن در هکتار با یکدیگر متفاوت بودند. سعی شد که قطعات نمونه‌ای انتخاب گردند که از نظر مقایسه‌ای و آماری طیف گسترده‌ای را پوشش دهند و وضعیت آن‌ها با مناطق پوششی دیگر شبیه باشد. از نظر بهتر بودن نتایج به ترتیب می‌توان ابتدا به قطعه‌نمونه با غلبه خشکه‌دارهای شمشاد، قطعه‌نمونه حالت بینابینی و قطعه‌نمونه با غلبه درختان زنده و سبز اشاره کرد. از جمله دلایل بهبود نتایج طبقه‌بندی قطعه‌نمونه با غلبه خشکه‌دارهای شمشاد نسبت به دو قطعه‌نمونه دیگر می‌توان به وجود طیف وسیعی از درختان خشکیده شمشاد در این قطعه‌نمونه اشاره کرد. همچنین مساحت بسیار زیادی از این قطعه‌نمونه توسط این پایه‌ها پوشیده شده بود. قطعه‌نمونه‌ای که حالت بینابینی داشت، مساحت قسمت عمده‌ای از آن را سطح زمین پوشانده بود، اما در مقایسه با قطعه‌نمونه با غلبه شمشاد، پدیده و عوارض بیشتری درون آن وجود داشت (جاده، بوته‌های تمشک و تجهیزات رفاهی). به منظور طبقه‌بندی نیز پایه‌های خشکه‌دار شمشاد به عنوان یک طبقه انتخاب شدند و بقیه پایه‌ها همراه جاده و غیره نیز در طبقه دیگر قرار گرفتند. به دلیل ناهمگنی که در طبقه غیر شمشاد وجود داشت، انتظار کاهش دقت طبقه‌بندی وجود داشت. اما در قطعه‌نمونه با غلبه درختان زنده و سبز، نتایج ضعیف‌تر از این دو قطعه‌نمونه بود. در این طبقه تعداد پایه‌های شمشاد بسیار کم بود، برخلاف آن تعداد درختان سبز و زنده بسیار بیشتر بود. درختان زنده موجود در این قطعه‌نمونه از گونه‌های بسیار متفاوتی بودند. به دلیل اینکه زمان عکس‌برداری این پژوهش در فصل شروع خزان درختان بود، هرکدام از آن‌ها دوره‌های فیزیولوژیکی خاصی را سپری می‌کردند. برخی از آن‌ها تغییر رنگ برگ داده و برخی دیگر هنوز رنگ برگشان تغییری نکرده بود. به همین دلیل میزان ناهمگنی در این طبقه بسیار زیاد بود. به همین دلیل ممکن است علت کاهش دقت طبقه‌بندی در این قطعه‌نمونه همین پدیده باشد. الگوریتم‌های طبقه‌بندی و مخصوصاً الگوریتم‌های سنتی با استفاده از رفتار طیفی پدیده‌ها و مقادیر بازتابش آن‌ها،

این سنجنده‌ها به حساب می‌آید.

نظارت موفق بر جنگل‌ها تا حدود زیادی متأثر از تفکیک مکانی، زمانی و طیفی سنجنده‌ها و همچنین سکوهایی متناسب که سنجنده بر روی آن‌ها نصب می‌گردند و روش تجزیه و تحلیل تصاویر، است. در طول دو دهه گذشته، تصاویر ماهواره‌ای با تفکیک مکانی بالایی که برای پایش منابع طبیعی استفاده می‌شدند، فاقد تفکیک زمانی مناسب برای این هدف بودند. به همین خاطر از هواپیماها همراه با سنجنده‌های لیدار برای این کار استفاده کردند (۱۷). ظهور پهپادهای کم‌هزینه، با کاربرد آسان و همراه با سنجنده‌های چند طیفی کوچک، این توانایی را دارد، تا پایش سلامت جنگل را متحول کنند. نتایج تحقیق ما نشان داد که پهپاد می‌تواند به‌عنوان وسیله‌ای برای پر کردن خلأ بین نظارت‌های هوابرد مقیاس بزرگ و برنامه‌های پایش منظم، هدفمند و مقیاس بزرگ، به‌کار رود. این تجهیزات همچنین می‌توانند در مقایسه با سیستم‌های ماهواره‌ای، در روزهایی که هوا ابری است و احتیاج به تصاویر در دوره‌های کوتاه‌مدت است، اقدام به تهیه تصاویر کنند. سیستم‌های پهپادی در مقایسه با سیستم‌های ماهواره‌ای و هواپیماهای سرنشین‌دار هزینه‌های راه‌اندازی، نگهداری، آنالیز و غیره بسیار کمتری دارند. همچنین این تجهیزات در برنامه‌ریزی به‌منظور عکس‌برداری، انعطاف‌پذیری بیشتری در مقایسه با دیگر منابع سنجش‌ازدوری دارند.

نقطه‌ضعف بزرگی که در مورد عکس‌برداری با استفاده از تصاویر پهپاد و استخراج محصولات مختلف از آن مطرح است، میزان هم‌پوشانی بسیار زیاد تصاویر با یکدیگر و همچنین ارتفاع کم پروازی آن است. هم‌پوشانی بسیار زیاد تصاویر و ارتفاع کم پروازی از مواردی هستند که باعث می‌شوند مساحت تحت پوشش پهپاد در هر بار پرواز به‌شدت کاهش یابد و به کمتر از ۱۰۰ هکتار برسد (۲۹ و ۳۴). به‌طورکلی، پهپادهایی که قابلیت مدت‌زمان پرواز بیشتری را دارند و می‌توانند تا ارتفاع بیشتری اوج بگیرند، قابلیت پوشش مناطق بیشتری را دارند؛ اما این مسئله در بسیاری از کشورها با قوانین هوایی ناسازگاری دارد و محدودیت‌هایی را

در پرواز و عملیات عکس‌برداری ایجاد می‌کند. روش و فن‌آوری ارائه‌شده در این پژوهش، قادر است مساحت بسیار زیادی را با تمامی جزئیات پوشش دهد، اما مدت‌زمان پروازی پهپادها محدودیت ایجاد می‌کند. با این وجود، روش‌های ارائه‌شده در این پژوهش قابلیت تعمیم به عرصه‌ها و تجهیزات بزرگ‌تر را دارند و می‌توان سنجنده‌های مشابه را بر روی هواپیماها و یا تجهیزات هوابرد دیگر نصب کرد. این تجهیزات به دلیل اینکه محدودیت قانونی کمتری در ارتفاع پروازی و همچنین مدت‌زمان پرواز در مقایسه با پهپادها دارند، در این زمینه با مشکلات بسیار کمتری روبه‌رو خواهند شد.

جنگل‌داری مدرن بیشتر به اطلاعاتی در غالب دیجیتال و با حفظ ساختاری پیوسته نیازمند است که پهپادها در این زمینه نویدبخش آینده‌ای روشن هستند. علاوه بر این، سهولت جمع‌آوری داده، انعطاف‌پذیری زیاد در تفکیک مکانی و زمانی، هزینه‌های عملیاتی بسیار پایین در مقایسه با دیگر تجهیزات از دیگر مزایای آن‌هاست. همچنین پهپادها با ویژگی‌هایی که دارند، محیط امن کاری را در بازار آینده جمع‌آوری اطلاعات رقم‌زده‌اند. پیشرفت‌های اساسی تکنولوژیکی که در زمینه‌های نقشه‌برداری چند مقایسه دیداری، مدل‌سازی دیجیتالی سه‌بعدی و تجزیه و تحلیل‌های سری زمانی با استفاده از الگوریتم ساختار حرکت مبنا اتفاق افتاده است، دانشمندان را در علوم زیرساختی جنگل مانند مدیریت ساختاری، آلودگی آب، دیرینه‌شناسی جنگل، سیستم‌های انتقال انرژی، بیولوژی کمی و حفاظت زیستگاه توانمند ساخته است (۹ و ۲۰). با این وجود، چالش‌های بسیاری در زمینه کاربرد منظم، امن و جامع سنجش‌ازدور پهپادی وجود دارد. ارتقا استانداردهای سنجش‌ازدور پهپادی به‌عنوان یک موضوع میان‌رشته‌ای بسیار محدود است، به همین دلیل به‌منظور کاربرد سیستماتیک پهپاد در اراضی جنگلی، باید با توجه به تحقیقات گذشته از پهپادها به‌طور منظم در این زمینه استفاده گردد تا جایگاه آن تثبیت شود (۲۶). روش‌هایی که به‌منظور افزایش تراکم نقاط موجود در ابر نقاط می‌گردد و باعث بهبود نتایج می‌شود، می‌تواند پنجره‌ای جدید از تحقیقات بر روی تجزیه و تحلیل داده‌های سنجش‌ازدور پهپادی باشد.

2. Barton CV. 2012. Advances in remote sensing of plant stress. *Plant and Soil*, 354(1): 41-44. doi:<https://doi.org/10.1007/s11104-011-1051-0>.
3. Bulman LS. 2004. Assessment and control of *Dothistroma* needle-blight. *Forest Research Bulletin*. 48 p.
4. Calderón R, Navas-Cortés JA, Zarco-Tejada PJ. 2015. Early detection and quantification of *Verticillium* wilt in olive using hyperspectral and thermal imagery over large areas. *Remote Sensing*, 7(5): 5584-5610. doi:<https://doi.org/10.3390/rs70505584>.
5. Chenari A, Erfanifard Y, Dehghani M, Pourghasemi HR. 2018. 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. doi:<https://doi.org/10.22069/JWFST.2017.13322.1683>. (In Persian).
6. Dash JP, Watt MS, Pearse GD, Heaphy M, Dungey HS. 2017. Assessing very high resolution UAV imagery for monitoring forest health during a simulated disease outbreak. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 131: 1-14. doi:<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.07.007>.
7. Dennison PE, Brunelle AR, Carter VA. 2010. Assessing canopy mortality during a mountain pine beetle outbreak using GeoEye-1 high spatial resolution satellite data. *Remote Sensing of Environment*, 114(11): 2431-2435. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.05.018>.
8. Gao J, Liao W, Nuytens D, Lootens P, Vangeyte J, Pižurica A, He Y, Pieters JG. 2018. Fusion of pixel and object-based features for weed mapping using unmanned aerial vehicle imagery. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 67: 43-53. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.12.012>.
9. Golparvar-Fard M, Peña-Mora F, Savarese S. 2009. D4AR—a 4-dimensional augmented reality model for automating construction progress monitoring data collection, processing and communication. *Journal of Information Technology in Construction*, 14(13): 129-153.
10. Ishida T, Kurihara J, Viray FA, Namuco SB, Paringit EC, Perez GJ, Takahashi Y, Marciano Jr JJ. 2018. A novel approach for vegetation classification using UAV-based hyperspectral imaging. *Computers and Electronics in Agriculture*, 144: 80-85. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.11.027>.
11. Kargar M, Sohrabi H. 2019. Using canopy height model derived from UAV images for tree height estimation in Sisangan forest. *Journal of RS and GIS for Natural Resources (Journal of Applied RS and GIS techniques in Natural Resource Science)*, 10(3): 106-119.

براساس یافته‌های ارائه‌شده در این مطالعه، جهت تحقیقات پیشنهاد می‌گردد که پژوهش‌هایی در زمینه شناسایی گونه‌ها و ارزیابی دقت تخمین سایر ویژگی‌های ساختاری درختان مانند قطر برابرسینه و مساحت تاج باشد، که فاکتورهای مهمی در تفکیک و طبقه‌بندی تیپ‌های جنگلی از یکدیگر است.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که می‌توان با استفاده از داده‌ها و تصاویر معمولی یک پهپاد ارزان‌قیمت به بررسی وضعیت خشکیدگی درختان بعد از فوران بیماری و تعیین مساحت آن پرداخت. برخلاف هزینه‌های زیادی که به‌منظور خرید سنجنده‌های گران‌قیمت به‌منظور پایش وضعیت پوشش گیاهی صورت می‌گیرد، می‌توان از این شیوه‌های ارائه‌شده در این مقاله، با هزینه‌های بسیار کمتری اقدام کرد. این روش می‌تواند در تعیین میزان سطح پوشش‌های خشکیده کمک شایانی به نهادهای زیربند کند. با توجه به بودجه‌های مختلفی که سالانه در هر بخش تخصیص می‌یابد، این اعتبار براساس آمار و اطلاعاتی هست که به نهادهای بالادستی ارائه می‌گردد. اما همان‌طور که مشخص است تاکنون در زمینه میزان دقیق عرصه‌های دچار خشکیدگی، اطلاعاتی قابل استنادی در دسترس نیست. اما این شیوه می‌تواند در پهنه‌بندی و مساحی نقاط فوران بیماری کمک شایانی کند.

تقدیر و تشکر

در برداشت تصاویر هوایی منطقه مورد مطالعه از پهپاد دانشکده علوم دریایی و منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس استفاده گردید که به این وسیله از جناب آقای دکتر هرمز سهرابی و مجموعه این دانشکده که این زحمت را متقبل شدند، قدردانی به عمل می‌آید.

References

1. Abdel-Rahman ME, Onesimo M, Elhadi A, Riyad I. 2014. Detecting *Sirex noctilio* grey-attacked and lightning-struck pine trees using airborne hyperspectral data, random forest and support vector machines classifiers. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 88: 48-59. doi:<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.11.013>.

- http://girs.iaubushehr.ac.ir/article_668477.html?lang=en. (In Persian).
12. Kargar MR, Sohrabi H. 2019. Estimation of tree biomass at individual tree, sample plot and hybrid level using drone images. *Engineering Journal of Geospatial Information Technology*, 7(3): 111-120. doi:<https://doi.org/10.29252/jgit.7.3.213>. (In Persian).
 13. Lashari SA, Ibrahim R. 2015. Performance Comparison of Selected Classification Algorithms Based on Fuzzy Soft Set for Medical Data. In: *Advanced Computer and Communication Engineering Technology*. Springer, Book series (LNEE, volume 315), pp 813-820. https://doi.org/810.1007/978-1003-1319-07674-07674_07676.
 14. Lazarević J, Davydenko K, Millberg H. 2017. Dothistroma needle blight on high altitude pine forests in Montenegro. *Baltic Forestry*, 23(1): 294-302.
 15. Leckie D, Jay C, Gougeon F, Sturrock R, Paradine D. 2004. Detection and assessment of trees with *Phellinus weirii* (laminated root rot) using high resolution multi-spectral imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 25(4): 793-818. doi:<https://doi.org/10.1080/0143116031000139926>.
 16. Lisein J, Linchant J, Lejeune P, Bouché P, Vermeulen C. 2013. Aerial surveys using an unmanned aerial system (UAS): comparison of different methods for estimating the surface area of sampling strips. *Tropical Conservation Science*, 6(4): 506-520. doi:<https://doi.org/10.1177/194008291300600405>.
 17. McConnell ML, Ryan JM, Collmar W, Schönfelder V, Steinle H, Strong A, Bloemen H, Hermsen W, Kuiper L, Bennett K. 2000. A high-sensitivity measurement of the MeV gamma-ray spectrum of Cygnus X-1. *The Astrophysical Journal*, 543(2): 928. doi:<https://doi.org/10.1086/317128>.
 18. Meigs GW, Kennedy RE, Cohen WB. 2011. A Landsat time series approach to characterize bark beetle and defoliator impacts on tree mortality and surface fuels in conifer forests. *Remote Sensing of Environment*, 115(12): 3707-3718. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.09.009>.
 19. Miller E, Dandois JP, Detto M, Hall JS. 2017. Drones as a tool for monoculture plantation assessment in the steepland tropics. *Forests*, 8(5): 168. doi:<https://doi.org/10.3390/f8050168>.
 20. Murugesan S, Bouchard K, Chang E, Dougherty M, Hamann B, Weber GH. 2017. Multi-scale visual analysis of time-varying electrocorticography data via clustering of brain regions. *BMC bioinformatics*, 18(6): 1-15. doi:<https://doi.org/10.1186/s12859-017-1633-9>.
 21. Poona NK, Ismail R. 2013. Discriminating the occurrence of pitch canker fungus in *Pinus radiata* trees using QuickBird imagery and artificial neural networks. *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, 75(1): 29-40. doi:<https://doi.org/10.2989/20702620.2012.748255>.
 22. Prošek J, Šimová P. 2019. UAV for mapping shrubland vegetation: Does fusion of spectral and vertical information derived from a single sensor increase the classification accuracy? *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 75: 151-162. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.10.009>.
 23. Qin B, Xia Y, Prabhakar S, Tu Y. 2009. A rule-based classification algorithm for uncertain data. In: *2009 IEEE 25th International Conference on Data Engineering*. IEEE, pp 1633-1640. <https://doi.org/1610.1109/ICDE.2009.1164>.
 24. Ruggieri S. 2002. Efficient C4. 5 [classification algorithm]. *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, 14(2): 438-444. doi:<https://doi.org/10.1109/69.991727>.
 25. Sadeghi S, Sohrabi H. 2019. The effect of UAV flight altitude on the accuracy of individual tree height extraction in a broad-leaved forest. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing, and Spatial Information Sciences*, 42(4): W18. doi:<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xlii-4-w18-1168-2019>.
 26. Shahbazi M, Théau J, Ménard P. 2014. Recent applications of unmanned aerial imagery in natural resource management. *GIScience & Remote Sensing*, 51(4): 339-365. doi:<https://doi.org/10.1080/15481603.2014.926650>.
 27. Stone C, Carnegie A, Melville G, Smith D, Nagel M. 2013. Aerial mapping canopy damage by the aphid *Essigella californica* in a *Pinus radiata* plantation in southern New South Wales: what are the challenges? *Australian Forestry*, 76(2): 101-109. doi:<https://doi.org/10.1080/00049158.2013.79905>.
 28. Stone C, Coops NC. 2004. Assessment and monitoring of damage from insects in Australian eucalypt forests and commercial plantations. *Australian Journal of Entomology*, 43(3): 283-292. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1326-6756.2004.00432.x>.
 29. White JC, Wulder MA, Vastaranta M, Coops NC, Pitt D, Woods M. 2013. The utility of image-based point clouds for forest inventory: A comparison with airborne laser scanning. *Forests*, 4(3): 518-536. doi:<https://doi.org/10.3390/f4030518>.
 30. Wulder MA, Dymond CC, White JC, Leckie DG, Carroll AL. 2006. Surveying mountain pine beetle damage of forests: A review of remote sensing opportunities. *Forest Ecology and Management*,

- 221(1-3): 27-41.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.09.021>.
31. Wulder MA, White J, Bentz B, Alvarez M, Coops N. 2006. Estimating the probability of mountain pine beetle red-attack damage. *Remote Sensing of Environment*, 101(2): 150-166.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.12.010>.
32. Wulder MA, White J, Bentz B, Ebata T. 2006. Augmenting the existing survey hierarchy for mountain pine beetle red-attack damage with satellite remotely sensed data. *Forestry Chronicle*, 82(2): 187-202.
<https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/27845>.
33. Yu X, Hyypä J, Holopainen M, Vastaranta M. 2010. Comparison of area-based and individual tree-based methods for predicting plot-level forest attributes. *Remote Sensing*, 2(6): 1481-1495.
doi:<https://doi.org/10.3390/rs2061481>.
34. Zarco-Tejada PJ, Diaz-Varela R, Angileri V, Loudjani P. 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.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.01.004>.



Original
paper

Evaluate the accuracy of Unmanned aerial vehicles (UAV) data on the survey of dieback *Buxus hyrcana* (Case study: Sisangan forest park-Mazandaran)

Mohammadreza Kargar, Younes Babaei, Amir Eslam Bonyad

Received: 26 March 2020 / Accepted: 22 January 2021

Available online 21 July 2021

Abstract

Background and Objective Sisangan forest park is one of the important habitats of *Buxus Hyrcana* in Iran. Unfortunately, the park has suffered from dieback in recent years, and many Box trees have been destroyed. Monitoring and management of this zone can be effective in controlling, protecting, and supporting it. However, due to the destruction of Box trees, on a large scale, it is not possible to accurately estimate the area using the available data. On the other hand, manual measurements are also very time-consuming and tedious. Therefore, a way must be found to do this process accurately and automatically. Unmanned aerial vehicles (UAV) have made this possible by using highly accurate sensors (spatial resolution). Another solution that can be used to automatically separate dieback trees from green trees is to use different classification methods. The aim of this study is to prove the ability of low-cost UAV data with conventional sensors to detect and zoning areas that have suffered Dieback.

Since the cost of UAVs with multispectral sensors (red edge band and near infrared) is very high, it should be possible to reduce this cost. Since the cost of UAV with multispectral sensors (red-edge and near-infrared band) is very high, it should be possible to reduce this cost.

Materials and Methods Sisangan Forest Park has located 30km to the east of Nowshahr County, Mazandaran province, at latitude 36°33'30" to 36°35'30" N, and longitude 51°47' to 51°49'30"E. This park is both a tourist destination and many important plant species of the country grow in it. One of the most important of these species is the *Buxus Hyrcana*. But unfortunately, in recent years they have become snag due to pests and insect infestations. Multirotor UAVs have been used in this research. The camera installed on this device is capable of capturing 20 megapixel images. Imaging operations were performed on December 28, 2017, at 10:00 AM, which lasted 45 minutes. The study area was visited for field sampling and its different points were identified in terms of density of snags and preserved *Buxus Hyrcana*. Then, three circular pieces with a radius of 60 meters and an area of 1.13 hectares were designed in the zone and the density of snag stands and preserved *Buxus Hyrcana* stands were determined in these three samples. In each plot, 50 training points were recorded in the places where the *Buxus Hyrcana* stands were located and also 50 points were recorded in the places where the preserved *Buxus Hyrcana* stands, floor grass cover, and blackberry was located. In this study, in order to evaluate the accuracy of UAV

M. R. Kargar¹, Y. Babaei², A. E. Bonyad³

1. MSc. of Remote Sensing, General Office of Natural Resources and Watershed Management of Fars Province, Shiraz, Iran
2. MSc. of Forestry, General Department of Natural Resources and Watershed Management of Tehran province, Tehran, Iran
3. Professor, Department of Forest Management, Faculty of Somea Sara, University of Guilan, Guilan, Iran

e-mail: Mohammadreza_kargar@modares.ac.ir

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1400.12.2.6.9>

images in identifying and classifying zones covered with Dieback, the smallest Dieback stands with the smallest canopy width were also recorded. Because UAV images require geometric corrections, they were first corrected geometrically and geographically. They were classified with ENVI software. According to the above explanations, 100 points were recorded in each sample plot, 75 of which were monitored for the classification process and 25 of which were used to evaluate the classification accuracy. Three monitored artificial neural network classification algorithms, maximum likelihood and minimum distance were used to classify these images. Finally, after performing each of the classification steps, a low-pass filter with a size of 3 by 3 pixels was used for smoothing the images. Kappa coefficients and overall accuracy indices were also used to evaluate the results.

Results and Discussion In this number of sample plots, 579 stands were measured. *Buxus Hyrcana* was by far the most frequent in the zone. European hornbeam, *Parrotia persica*, and Oak were in the next ranks, respectively. The results showed that the artificial neural network algorithm had the best results compared to the other two algorithms. But the results of the artificial neural network also fluctuate according to the condition of the sample piece. This algorithm with an overall accuracy of 97.47% and a kappa coefficient of 0.94 had the best results in the separation and detection of the *Buxus Hyrcana* snags in the sample plot with the dominance of *Buxus Hyrcana* snags. After the artificial neural network algorithm, the maximum likelihood algorithm showed more favorable results in separating the *Buxus Hyrcana* snag stands. The minimum distance algorithm showed good results, but it was not as accurate as of the previous two algorithms. All three algorithms showed poorer results in separating the bases in the sample plot with the dominance of live bases in the sample than the other two sample plots. The sample piece with the predominance of live and green bases compared to the other two sample pieces has more phenomena and effects and in terms of image texture, there are many significant differences compared to the other two sample pieces. All three

algorithms showed poorer results in separating the stands in the sample plot by dominance the preserved stands in the sample than the other two sample plots. The sample plot with the predominance of preserved stands compared to the other two sample plots has more phenomena and in terms of image texture compared to the other two sample plots has a lot of significant differences. In this sample plot, in addition to the presence of preserved and snag stands, grass cover and blackberry accessions can also be seen. In this study, the results of classification and detection of *Buxus Hyrcana* snags using an artificial neural network algorithm were much better than the maximum likelihood and minimum distance algorithms. One of the reasons for the better results of the artificial neural network algorithm is its nonlinearity and non-parametricity. But in classification by traditional algorithms such as statistical methods, they have lower accuracy because they have less flexibility. Parametric types of traditional methods, such as the maximum likelihood algorithm, due to depending on Gaussian statistics, if the data are not normal, cannot have the desired accuracy in classifying and separating classes from each other. In traditional algorithms such as maximum likelihood and minimum distance algorithms, training data play a vital role. In these methods, it is assumed that the distribution within the training samples should be normal so that if this condition cannot be met, the classification accuracy will be greatly reduced. While artificial neural network methods operate based on the characteristics and structure of the data itself.

Conclusion The results of this study showed that using the data and ordinary images of a low-cost UAV, it is possible to study the condition of Dieback after the outbreak of the disease and determine its area. Despite the high cost of purchasing expensive sensors to monitor vegetation status, these methods presented in this article can be done at a much lower cost. This method can be of great help to the relevant institutions in determining the area of snag coatings.

Keywords: UAV, Dieback, Boxwood, Artificial neural network, Classification, Sisangan forest park