

قابلیت تصاویر پهپاد در تشخیص گونه‌های بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) و دارمازو (*Quercus infectoria* Oliv.) (مطالعه موردی: جنگل‌های کاکاشرف شهرستان خرم‌آباد)

سحر یرازمند^۱، جواد سوسنی^{۲*}، حامد نقوی^۳ و سعید صادقیان^۴

۱- دانشجوی دکتری، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
پست الکترونیک: soosani.j@lu.ac.ir

۳- استادیار، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۴- دانشیار، آموزشکده نقشه‌برداری سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۲۲

چکیده

امروزه تشخیص گونه‌های درختی با هدف تهیه نقشه تیپ درختان جنگلی، نقش مهمی در مدیریت پایدار جنگل‌ها دارد. تصاویر پهپاد با توجه به توان تفکیک مکانی بسیار زیاد، ابزار مناسبی برای تشخیص گونه‌های درختی هستند. هدف از پژوهش پیش‌رو، بررسی قابلیت طبقه‌بندی تصاویر پهپاد برای تشخیص گونه‌های درختی بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) و دارمازو (*Q. infectoria* Oliv.) در منطقه کاکاشرف شهرستان خرم‌آباد بود. در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۶ با استفاده از پهپاد فانتوم ۴، تصاویر سه توده ۳/۶، ۴/۹ و ۵/۴ هکتاری از جنگل‌های منطقه برداشت شد. موزاییک تصاویر این سه توده به ترتیب با استفاده از ۱۰، ۱۲ و ۱۵ نقطه کنترل زمینی تهیه شد. تفکیک گونه‌ای بر مبنای طبقه‌بندی تصاویر به روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و طیفی انجام شد. نقشه واقعیت زمینی برای تهیه نمونه‌های تعلیمی و ارزیابی نتایج طبقه‌بندی به روش میدانی تهیه شد. هفتاد درصد نمونه‌های جمع‌آوری شده به‌عنوان نمونه‌های آموزش و ۳۰ درصد باقیمانده به‌عنوان نمونه‌های آزمون استفاده شدند. نتایج نشان داد که نقشه به‌دست آمده از طبقه‌بندی به روش شبکه عصبی مصنوعی در هر سه توده با ضریب کاپای ۰/۷۷، ۰/۷۶ و ۰/۸۲ و صحت کلی ۰/۳، ۸۴/۴۲ و ۸۷/۳۷ درصد، عملکرد مناسب‌تری نسبت به روش طبقه‌بندی طیفی با ضریب کاپای ۰/۷، ۰/۶۴ و ۰/۶۳ و صحت کلی ۷۸/۸۱، ۷۳/۴ و ۷۲/۱۹ درصد داشت. با توجه به قابلیت تصاویر پهپاد در تفکیک بلوط ایرانی و دارمازو در منطقه مورد مطالعه، استفاده از این تصاویر برای تفکیک گونه‌های مختلف درختی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: جنگل‌های زاگرس، شبکه عصبی مصنوعی، طبقه‌بندی طیفی، کنترل زمینی.

مقدمه

مدیریت جنگل می‌تواند به سهولت اجرا و کاهش هزینه‌های جمع‌آوری داده اشاره کرد (Suomalainen et al., 2014). یکی از زمینه‌های کاربرد سنجش‌ازدور، تهیه نقشه تیپ منابع جنگلی با توجه به شرایط ساختاری جنگل‌ها است (Suomalainen et al., 2014; Tso & Mather, 2016).

علم سنجش‌ازدور از شروع پیدایش به‌عنوان ابزاری مهم در پژوهش و مدیریت جنگل مطرح شد. در طول زمان، استفاده از این علم در جنگل گسترش یافت. از مهم‌ترین دلایل روند افزایشی استفاده از علم سنجش‌ازدور در

همکاران (۲۰۱۵) از تصاویر پهپاد با بال ثابت و دوربین مرئی برای شناسایی گونه‌های مهاجم گیاهی در کشور چک استفاده کردند. آن‌ها نشان دادند که تصاویر پهپاد به دلیل هزینه کم و سهولت استفاده به منظور شناسایی گونه‌های مذکور مناسب هستند. Franklin (۲۰۱۸) به طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء پایه گونه‌های درختی جنگلی در کشور کانادا با استفاده از پهپاد بال ثابت با دوربین مرئی و مادون قرمز نزدیک Sony DSC-WX220 پرداخت. نتایج نشان داد که صحت کلی نقشه‌های به دست آمده از طبقه‌بندی پیکسل پایه حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد است، در حالی که صحت طبقه‌بندی شیء پایه، ۸۰ درصد گزارش شد. Pourahmad و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از تصاویر پهپاد فانتوم پرو ۳، گونه‌های درختی جنگل دارابکلای مازندران را در سه ارتفاع پروازی ۵۵، ۷۵ و ۱۰۰ متری شناسایی کردند. آن‌ها گزارش کردند که نقشه به دست آمده از طبقه‌بندی شیء پایه در ارتفاع پروازی ۵۵ متری، بهترین توانایی تشخیص گونه‌های درختی را داشت.

با توجه به ویژگی‌های مثبت استفاده از تصاویر پهپاد و نیز گسترش کاربردهای آن در زمینه‌های مختلف مدیریت جنگل، بررسی کارایی تصاویر پهپادها در تفکیک گونه‌های جنگلی، ضروری به نظر می‌رسد. همچنین، منطقه مورد مطالعه در پژوهش پیش‌رو، یکی از کمترین عرض‌های جغرافیایی در ایران است که دارمازو (*Quercus infectoria Oliv.*) انتشار دارد. پایه‌های دارمازو موجود در منطقه به علت قدیمی بودن، ارزش بوم‌شناختی زیادی دارند. هدف اصلی از این پژوهش، بررسی قابلیت تصاویر دوربین رنگی مرئی معمولی (RGB) نصب‌شده روی پهپاد در تشخیص گونه‌های درختی بلوط ایرانی (*Quercus brantii Lindl.*) و دارمازو در جنگل‌های زاگرس میانی بود.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

این پژوهش در جنگل‌های سامان عرفی روستای چشمه‌علی از توابع دهستان کاکاشرف واقع در ۲۵ کیلومتری

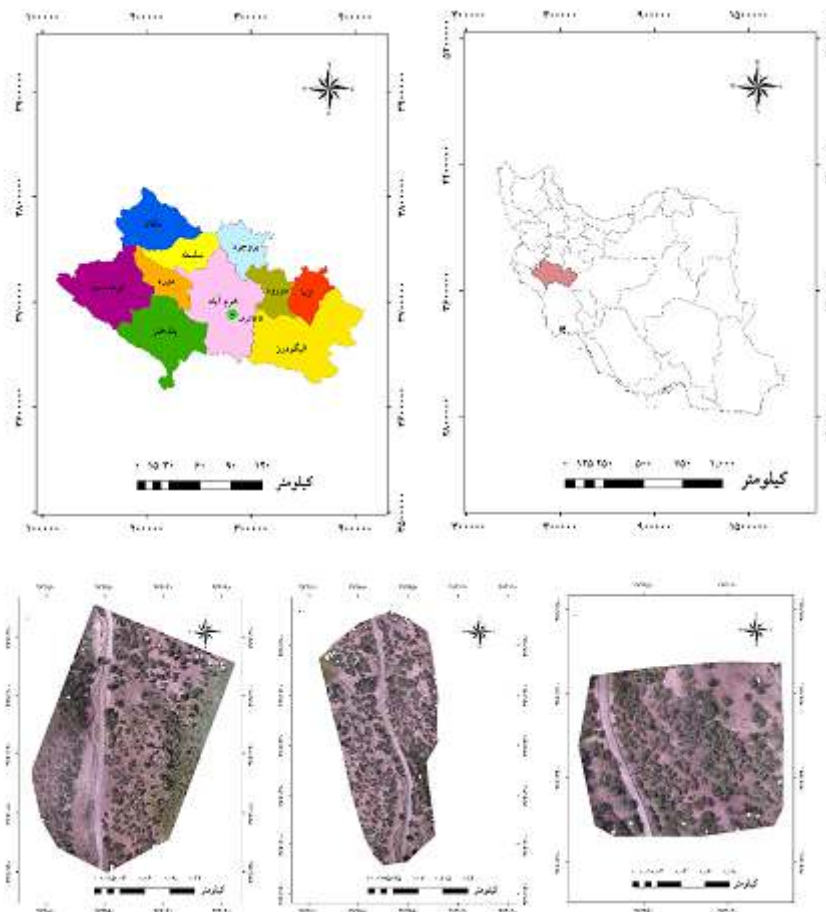
نقشه تیپ جنگل یک نقشه موضوعی است که توزیع مکانی، غالبیت و همچنین، ترکیب درختان و درختچه‌ها را در بوم‌سازگان جنگل نشان می‌دهد. پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که طبقه‌بندی تیپ‌های جنگل فقط براساس بازتاب طیفی گونه‌ها، نتایجی قابل قبولی ارائه نمی‌کند (Suomalainen *et al.*, 2014). پژوهش Lohrabi و همکاران (۲۰۱۸) که با هدف تعیین مناسب‌ترین روش برای تهیه نقشه تیپ در جنگل‌های زاگرس مرکزی انجام شد، نشان داد که تصاویر ماهواره لندست ۸ و روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال، با صحت کلی ۶۳ درصد و ضریب کاپای ۰/۵۷ قابلیت متوسطی برای تهیه نقشه تیپ جنگل داشتند.

از مهم‌ترین فناوری‌های دهه اخیر که بهره‌گیری از آن‌ها در نقشه‌برداری مورد توجه بوده است، پرنده‌های بدون سرنشین (Unmanned Aerial Vehicles) یا همان پهپادها هستند (Mlambo *et al.*, 2017). از ویژگی‌های مهم پهپادها می‌توان به تهیه تصاویر هوایی با تلفیقی از توان تفکیک مکانی بسیار زیاد و توان تفکیک زمانی مناسب اشاره کرد. علاوه بر این، دو ویژگی هزینه عملیاتی و پیچیدگی آن در مقایسه با عملیات زمینی بسیار کمتر است (Chianucci *et al.*, 2016). ارتفاع پایین پرواز پهپادها باعث تولید داده‌های با وضوح فوق‌العاده زیاد می‌شود (Gini *et al.*, 2014). این پرنده‌های سبک وزن را می‌توان به آسانی از روی زمین هدایت کرد. با در دسترس بودن طیف وسیعی از سنجنده‌ها، پهپادها به کاربران اجازه می‌دهند تا انواع متفاوتی از قدرت تفکیک مکانی‌های مورد نیاز را در اختیار داشته باشند. در نتیجه، فرصت‌های جدیدی برای مدیران جنگل‌ها ایجاد می‌شود (Wallace *et al.*, 2014).

در مورد کاربرد تصاویر پهپاد در علوم جنگل، پژوهش‌های متعددی انجام شده است. در ژاپن، Ise و Onishi (۲۰۱۸) به طبقه‌بندی گونه‌های درختی با استفاده از تصاویر پهپاد DJI Phantom 4 دارای دوربین مرئی پرداختند که براساس آن مشخص شد که تصاویر پهپاد با صحت کلی ۸۹ درصد، قابلیت تفکیک هفت گونه درختی موجود در منطقه مورد مطالعه را داشتند. Dvořák و

منطقه بین یک تا ۵۰ درصد در نوسان است. وضعیت رویشی جنگل اغلب شاخه‌زاد است و در برخی مناطق، تک‌پایه‌های دانه‌زاد حضور دارند. به‌طور کلی، فرم پرورشی جنگل‌های سامان کاکاشرف از نوع شاخه‌ودانه‌زاد است. توپوگرافی منطقه تپه‌ماهوری است و ارتفاع آن بین ۱۵۰۰ تا ۱۷۰۰ متر از سطح دریا متغیر است. جهت‌های عمومی منطقه بیشتر شرقی و شمالی هستند (Anonymous, 2006).

جنوب شرقی شهرستان خرم‌آباد در استان لرستان انجام شد. این منطقه در محدوده $48^{\circ} 33' 35''$ تا $48^{\circ} 33' 38''$ طول جغرافیایی شرقی و $33^{\circ} 20' 03''$ تا $33^{\circ} 20' 16''$ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). کاکاشرف، منطقه‌ای جنگلی است که گونه گیاهی غالب آن همانند بیشتر نقاط استان لرستان، بلوط ایرانی است. گونه‌های درختی دیگر شامل دارمازو، زالزالک زرد و گلابی وحشی هستند. تاج‌پوشش جنگل‌های



شکل ۱- موقعیت توده‌های مورد مطالعه

بر ساعت است. عدم برخورد با موانع در فاصله ۷۲ سانتی‌متری، انعطاف‌پذیر بودن و امکان چرخش زاویه دوربین از قابلیت‌های این پهپاد هستند. گیمبال سه‌محوره تعبیه‌شده در این پهپاد، لرزش و تکان‌های ناشی از پرواز را به‌دراصل رسانده و با پایدارسازی دوربین، خطای کشیدگی

داده‌های مورد استفاده

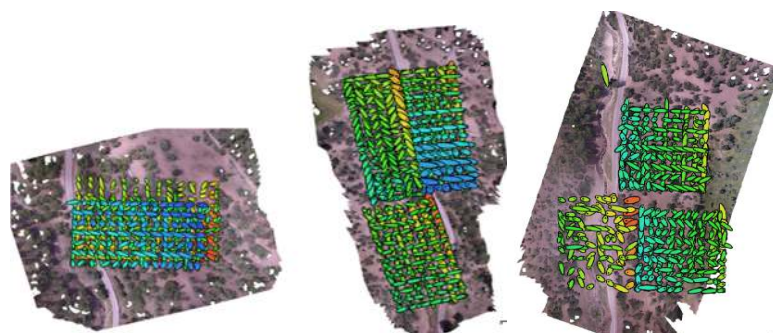
پهپاد مورد استفاده از نوع کوادروتور فانتوم ۴ (Phantom 4 Quadcopter) با وزن حدود ۱۳۸۰ گرم بود. ابزارهای تعبیه‌شده در این سیستم شامل GPS، قطب‌نما، ارتفاع‌سنج و شتاب‌سنج بودند. سرعت این پهپاد ۷۲ کیلومتر

رفت و برگشت و با توجه به معیارهای مورد نیاز کاربر، طراحی می‌کند. مسیر پروازی طراحی شده به خلبان خودکار (Autopilot) پرنده ارسال شد و عملیات برداشت به صورت اتوماتیک در شبکه متقاطع با هم‌پوشانی طولی و عرضی ۸۰ درصد و با زاویه دوربین ۶۰ درجه انجام شد (شکل ۲). جزئیات اطلاعات پرواز که توسط کاربر طراحی شد، در جدول ۱ ارائه شده است. در مجموع، در سه محدوده منطقه مورد مطالعه ۴۸۹، ۵۱۷ و ۹۹۹ تصویر با اندازه تفکیک مکانی یک سانتی‌متر برداشت شد (جدول ۱). تصاویر به ترتیب با ۱۰، ۱۲ و ۱۵ نقطه کنترل زمینی توسط دستگاه موقعیت‌یاب جهانی تک‌فرکانسه Trimble R3 به روش RTK و با دقت مسطحاتی ۱۰ میلی‌متر تصحیح هندسی و زمین مرجع شدند.

تصویر را کمینه می‌کند. بیشترین اندازه تصویر در این پهپاد ۳۰۰۰×۴۰۰۰ پیکسل است (Hemmati et al., 2017).

روش پژوهش

به علت وجود تعداد محدود پایه‌های دارمازو در بخش‌های کوچکی از منطقه، تصاویر هوایی با استفاده از پهپاد در سه توده به مساحت‌های ۳/۶، ۴/۹ و ۵/۴ هکتار که در آن‌ها بلوط ایرانی و دارمازو به صورت همراه وجود داشت، در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۶ برداشت شد. با استفاده از نرم‌افزار رابط کاربری پهپاد به نام Pix4d Mapper، مسیر پروازی پهپاد و مکان‌هایی که باید تصویربرداری می‌شدند، پیش از پرواز مشخص شدند. این نرم‌افزار، مسیرهای پروازی را به صورت خودکار و به شکل خطوط



شکل ۲- نمایش مسیر پرواز بر روی تصاویر برداشت‌شده از منطقه توسط پهپاد

جدول ۱- اطلاعات طراحی شده پرواز توسط کاربر

ویژگی	توده الف	توده ب	توده ج
نوع پهپاد	Phantom 4	Phantom 4	Phantom 4
زمان برداشت	۱۳۹۷/۰۲/۲۷	۱۳۹۷/۰۲/۲۹	۱۳۹۷/۰۲/۳۱
ارتفاع پرواز (متر)	۴۴/۳	۳۴/۱	۴۶/۶
تعداد تصاویر برداشت شده	۴۸۹	۵۱۷	۹۹۹
تعداد نقاط کنترل زمینی	۱۰	۱۲	۱۵
زمان پرواز	۱۰ دقیقه و ۲۷ ثانیه	۱۷ دقیقه و ۴۵ ثانیه	۱۶ دقیقه و ۳۵ ثانیه

پردازش تصاویر

به منظور ایجاد مدل رقومی سطح (Digital Surface Model) و ارتوفتوموزایی، تصاویر با استفاده از نرم افزار Agisoft PhotoScan پردازش شدند. پس از مرتب شدن تصاویر در کنار یکدیگر، با استفاده از الگوریتم SFM ابر نقاط مترکم منطقه مورد مطالعه ایجاد شد. خروجی نهایی این فرایند، یک ساختار سه بعدی است که اطلاعاتی در مورد موقعیت‌های نسبی دوربین و فاصله‌های نسبی بین دوربین و شیء نیز ارائه می‌دهد (Puliti et al., 2015). در نهایت، با استفاده از ابر نقاط مترکم، ارتوفتوموزاییک عکس‌ها تشکیل شد (شکل ۲).

نقشه واقعیت زمینی

نمونه‌های زمینی با استفاده از روش انتخابی برداشت شدند. از ۲۵۳ پایه بلوط ایرانی و ۱۲۸ پایه دارمازو، ۷۰ درصد به عنوان نمونه‌های تعلیمی و ۳۰ درصد باقیمانده به عنوان نمونه ارزیابی استفاده شدند. پس از تعیین نمونه‌های تعلیمی به منظور ارزیابی تفکیک پذیری طبقات از شاخص‌های واگرایی تفکیک شده (Transformed Divergence) و جفری-ماتوسیتا (Jeffries-Matusita) استفاده شد.

طبقه‌بندی

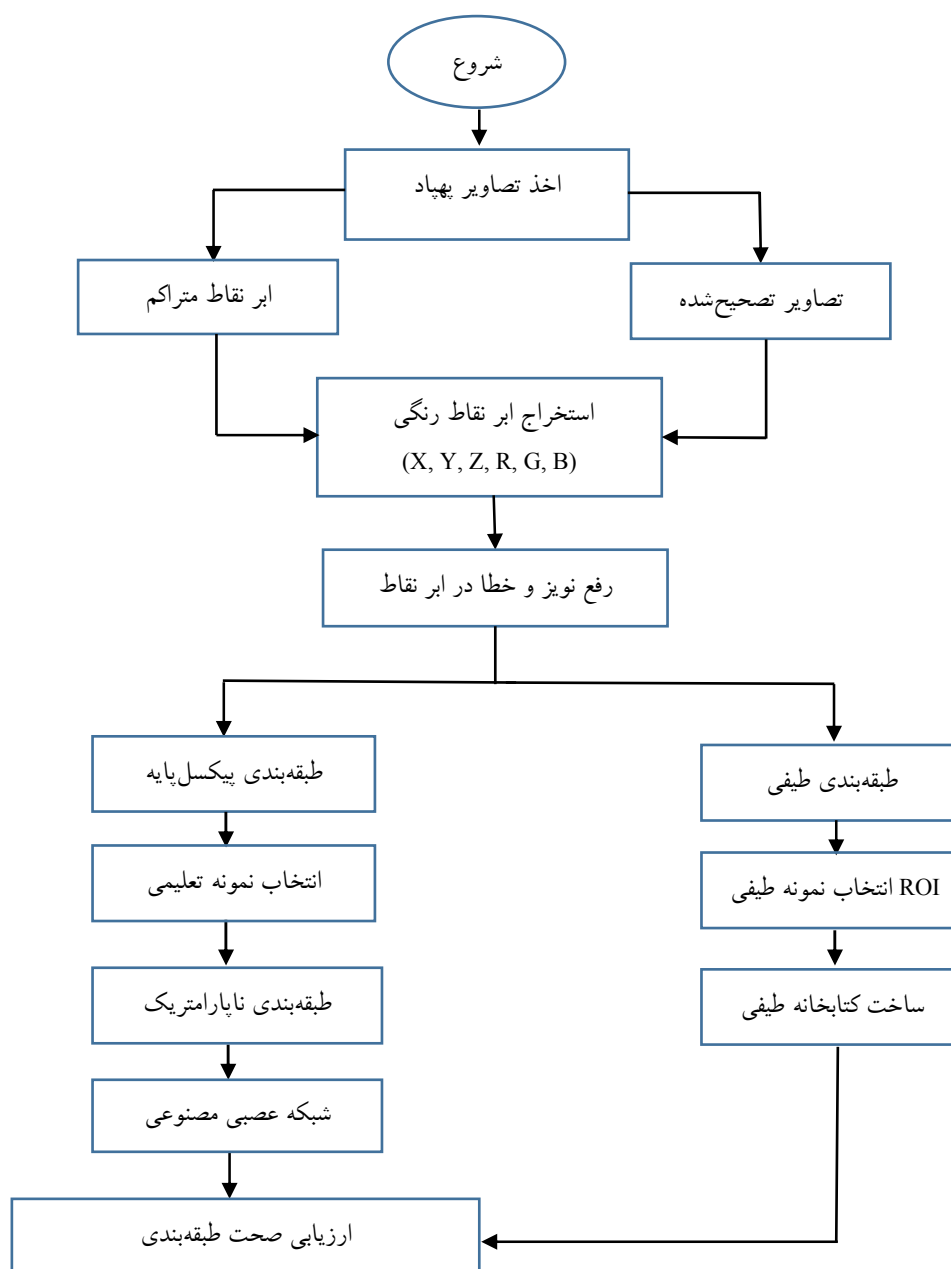
یکی از رایج‌ترین روش‌های طبقه‌بندی ناپارامتریک تصاویر ماهواره‌ای، روش شبکه عصبی مصنوعی است. در پژوهش پیش‌رو، بر مبنای روش پیکسل پایه، از طبقه‌بندی‌کننده شبکه عصبی پرسپترون سه لایه پیش‌خور

(Feed Forward) به عنوان یک روش ناپارامتریک پیشرفته به صورت نظارت شده برای طبقه‌بندی پیکسل‌های تصویر بر اساس رفتار طیفی مشابه استفاده شد. کتابخانه طیفی برای ایجاد و نگهداری طیف‌های پوشش گیاهی به منظور طبقه طیفی استفاده می‌شود. کتابخانه‌های طیفی برای طیف‌های پوشش گیاهی توسط Elvidge و همکاران (۲۰۱۰) بین ۰/۴ تا ۲/۵ میکرون تعریف شده است. طبق تابع فیلتری که تعریف شد، کتابخانه طیفی برای هر نمونه از تصویر که نشان‌دهنده یک مقدار طول موج است، ساخته شد. ارزش وزنی در طول موج باید بین صفر تا یک باشد. برای ایجاد یک کتابخانه طیفی می‌توان از منابع مختلف طیفی مانند فایل‌های تولید شده توسط طیف‌سنج‌ها، فایل‌های ASCII و نمونه‌های طیفی برداشت شده از تصاویر ماهواره‌ای (ROI) استفاده کرد. در پژوهش پیش‌رو، برای تهیه کتابخانه طیفی گونه‌ها از میانگین ارزش‌های طیفی استخراج شده نمونه‌های تعلیمی روی تصویر ارتوفتوموزاییک پهباد برای سه توده مورد مطالعه استفاده شد (جدول ۲).

الگوریتم طیفی استفاده شده در این پژوهش Spectral Angel Mapper بود که روی نمونه‌های طیفی برداشت شده از تصاویر پهباد (ROI) اعمال شد. گفتنی است که در این پژوهش برای طبقه‌بندی تصاویر از پنج طبقه شامل بلوط ایرانی، دارمازو، خاک، جاده و سایه استفاده شد. در نهایت، پس از فرایند طبقه‌بندی به منظور حذف تک‌پیکسل‌های مزاحم از فیلتر اکثریت به اندازه پنجره ۳×۳ استفاده شد. فرایند انجام روش پژوهش در هر سه توده در شکل ۳ نشان داده شده است.

جدول ۲- میانگین ارزش‌های طیفی باندهای تصویر برای سه توده مورد مطالعه

توده	الف	ب	ج
میانگین ارزش‌های طیفی	بلوط ایرانی	دارمازو	بلوط ایرانی
باند (آبی)	۱۰۶/۹۷	۹۲/۷	۹۴/۹۹
باند (سبز)	۱۰۱/۹۳	۹۷/۸	۹۰/۶۳
باند (قرمز)	۱۰۱/۷۸	۷۳/۴۷	۹۲/۳۲



شکل ۳- مراحل انجام پژوهش

ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی

برای اطمینان از طبقه‌بندی، صحت نقشه‌های به‌دست آمده از طبقه‌بندی باید ارزیابی شود. در این پژوهش از نمونه‌های ارزیابی یکسان به‌منظور برآورد صحت در هر دو روش طبقه‌بندی استفاده شد. معیارهای ارزیابی صحت شامل صحت کلی، ضریب کاپا، صحت تولیدکننده و صحت کاربر بودند.

نتایج

صحت‌سنجی نتایج مربوط به روش‌های طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی و طیفی نشان داد که روش شبکه عصبی مصنوعی در هر سه توده با صحت کلی ۰/۸۴، ۰/۸۳/۴۲ و ۰/۸۷/۳۷ درصد و ضریب کاپای ۰/۷۷، ۰/۷۶ و ۰/۸۲ عملکرد بهتری نسبت به روش طبقه‌بندی طیفی با

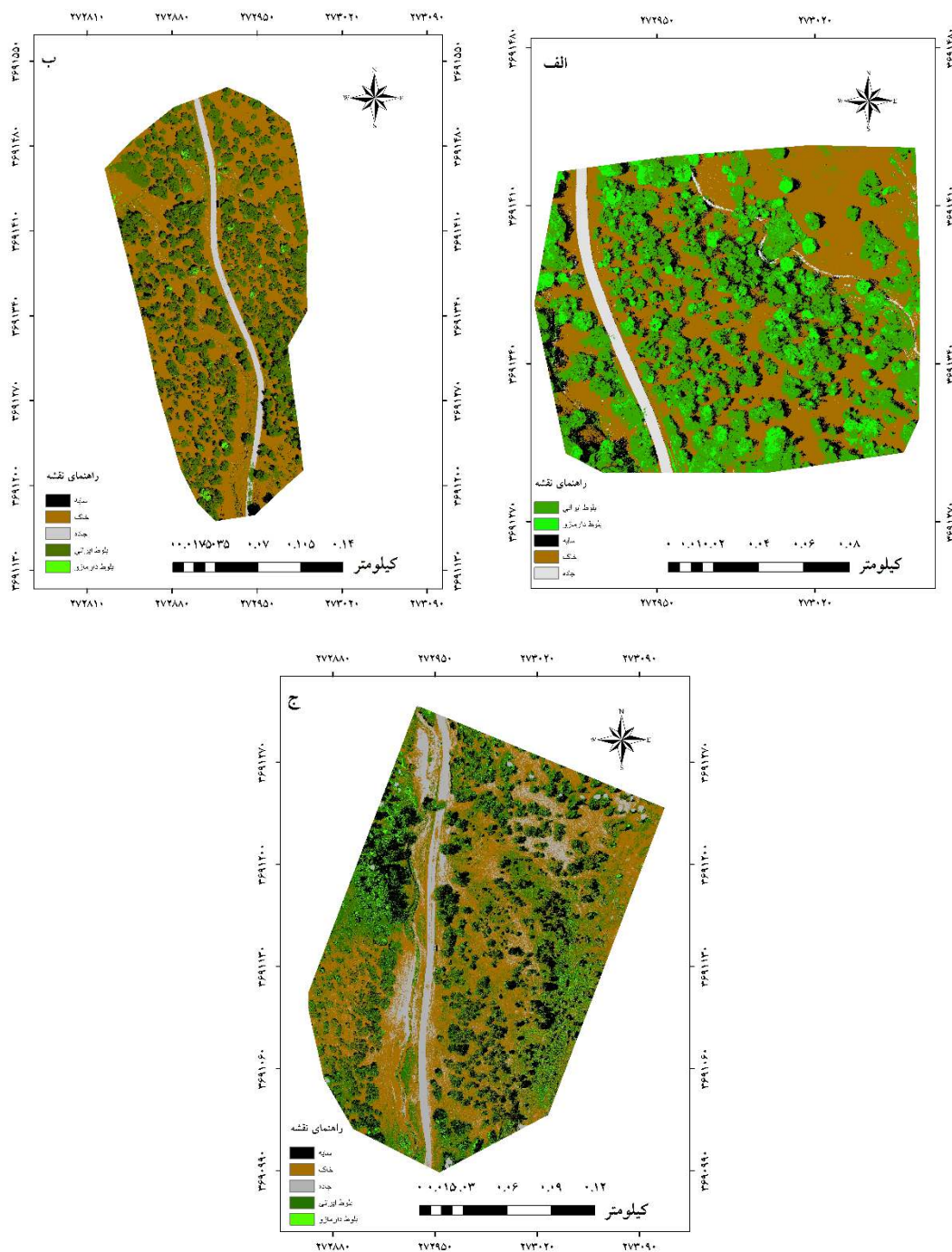
صحت کلی ۷۸/۸۱، ۷۳/۴ و ۷۲/۱۹ و ضریب کاپای ۰/۷، ۰/۶۴ و ۰/۶۳ داشت (جدول‌های ۳ و ۴). یافته‌های دیگر نشان داد که بهترین عملکرد روش‌های طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی و طیفی به ترتیب مربوط به توده‌های سوم و اول بودند. نقشه‌های طبقه‌بندی شده با الگوریتم‌های شبکه عصبی مصنوعی و طیفی برای هر سه توده مورد مطالعه به ترتیب در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است.

جدول ۳- صحت‌سنجی نتایج طبقه‌بندی به روش شبکه عصبی مصنوعی

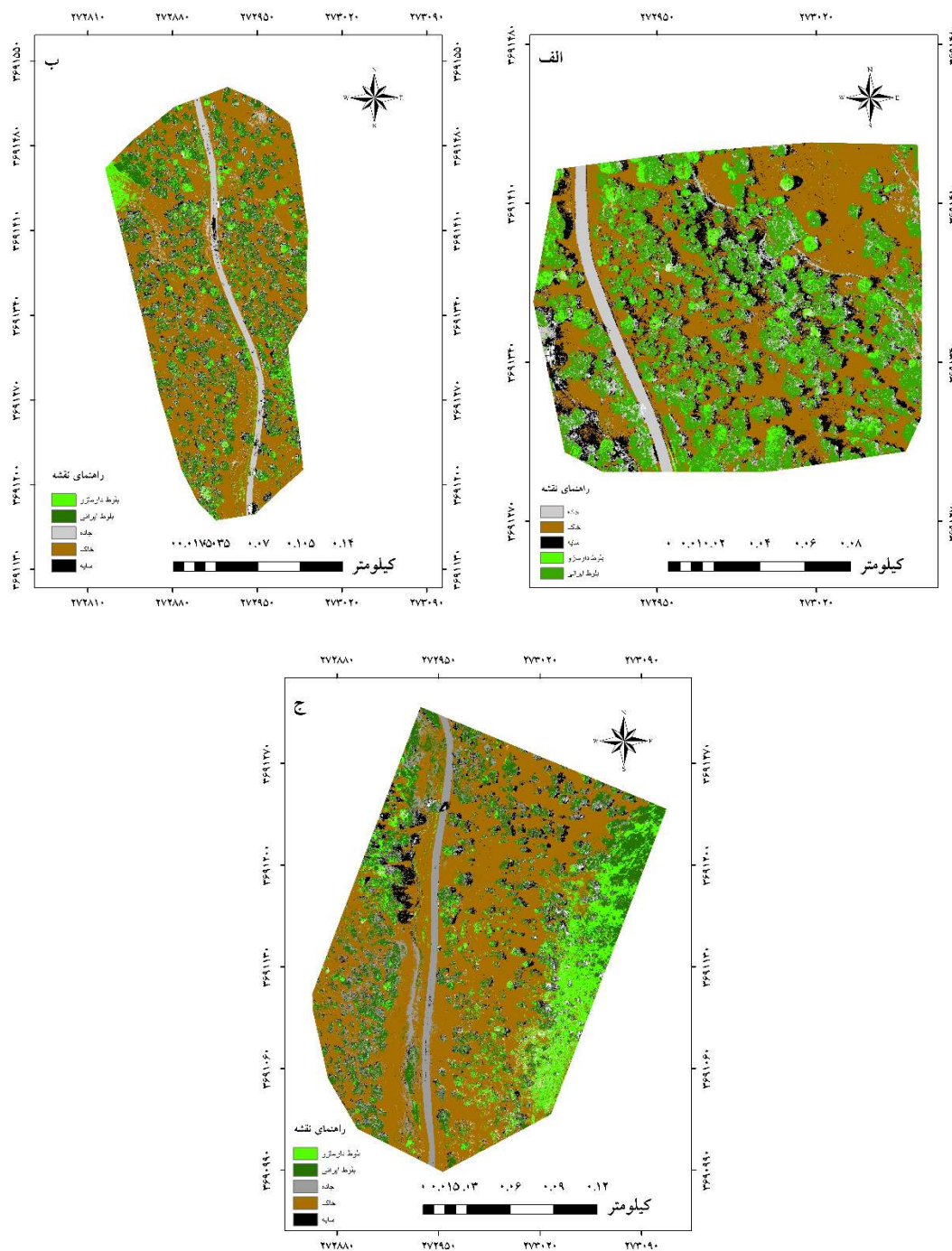
توده	الف	ب	ج
طبقه	صحت تولیدکننده (درصد)	صحت کاربر (درصد)	صحت کاربر (درصد)
دارمازو	۸۰/۸۳	۲۷/۶۳	۸۹/۱۸
بلوط ایرانی	۸۳/۲۸	۸۵/۴۳	۷۵/۳۳
سایه	۷۸/۴۲	۸۴/۲۸	۸۲/۵۲
خاک	۸۸/۷	۹۶/۸۳	۹۶/۹۹
جاده	۸۷/۸۱	۹۷/۸۵	۹۷/۳۶
صحت کلی (درصد)	۸۴/۰۳	۸۳/۴۲	۸۷/۳۷
ضریب کاپا	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۸۲

جدول ۴- صحت‌سنجی نتایج طبقه‌بندی به روش طیفی

توده	الف	ب	ج
طبقه	صحت تولیدکننده (درصد)	صحت کاربر (درصد)	صحت کاربر (درصد)
دارمازو	۶۳/۲۱	۶۸/۸۹	۶۸/۴۴
بلوط ایرانی	۷۵/۵۹	۶۳/۶۲	۷۶/۵۳
سایه	۷۰/۰۲	۴۹/۵	۸۹/۱۹
خاک	۸۷/۴۸	۹۰/۶۱	۸۶/۹۴
جاده	۸۹/۶	۹۱/۵۱	۹۷/۳۷
صحت کلی (درصد)	۷۸/۸۱	۷۳/۴	۷۲/۱۹
ضریب کاپا	۰/۷	۰/۶۴	۰/۶۳



شکل ۴- نقشه طبقه‌بندی شده با استفاده از روش طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی برای سه توده (الف، ب، ج)



شکل ۵- نقشه طبقه‌بندی شده با استفاده از روش طبقه‌بندی طیفی برای سه توده (الف، ب، ج)

بلوط ایرانی و دارمازو بود. این یافته‌ها بیانگر شباهت طیفی این دو گونه در تصاویر مورد استفاده است (جدول‌های ۵ و ۶)، اما با توجه به نتایج طبقه‌بندی تصاویر مشخص شد که

نتایج به دست آمده از ارزیابی کمی تفکیک‌پذیری طبقات با استفاده از دو معیار شاخص واگرایی و جفری - ماتوسیتا نشان داد که کمترین مقدار این شاخص‌ها مربوط به دو طبقه

روش طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی، عملکردی بهتر در تفکیک این دو طبقه داشت.

جدول ۵- مقادیر تفکیک‌پذیری طبقات با شاخص واگرایی در روش شبکه عصبی مصنوعی

طبقه	دارمازو	بلوط ایرانی	خاک	سایه	جاده
دارمازو	-	۱/۱۶	۱/۹۹	۱/۹۹	۲
بلوط ایرانی	۱/۱۶	-	۱/۹۸	۱/۳۶	۲
خاک	۱/۹۹	۱/۹۸	-	۱/۹۹	۲
سایه	۱/۹۹	۱/۳۶	۱/۹۹	-	۲
جاده	۲	۲	۲	۲	-

جدول ۶- مقادیر تفکیک‌پذیری طبقات با شاخص جفری- ماتوسیتا در روش شبکه عصبی مصنوعی

طبقه	دارمازو	بلوط ایرانی	خاک	سایه	جاده
دارمازو	-	۰/۸۴	۱/۸۸	۱/۵۹	۱/۹۹
بلوط ایرانی	۰/۸۴	-	۱/۹۴	۱/۲۶	۱/۹۹
خاک	۱/۸۸	۱/۹۴	-	۱/۸۷	۱/۹۷
سایه	۱/۵۹	۱/۲۶	۱/۸۷	-	۱/۹۹
جاده	۱/۹۹	۱/۹۹	۱/۹۷	۱/۹۹	-

بحث

هدف از پژوهش پیش‌رو، بررسی توانایی فتوگرامتری برد کوتاه هوایی بر مبنای استفاده از تصاویر پهپاد در شناسایی و تفکیک گونه‌های درختی جنگل‌های زاگرس میانی واقع در منطقه کاکاشرف شهرستان خرم‌آباد بود. باتوجه به اینکه منطقه مورد مطالعه یکی از کمترین عرض‌های جغرافیایی انتشار دارمازو در ایران است، بنابراین اطلاع از موقعیت مکانی و وضعیت استقرار تک‌تک درختان در مدیریت صحیح و پایدار این منطقه، ضروری به نظر می‌رسد. باتوجه به محدودیت زمان پرواز به دلیل کم بودن ذخیره باتری پهپاد و افزایش حجم داده‌ها که منجر به افزایش هزینه محاسباتی از نظر زمانی و پیچیدگی می‌شود و همچنین، به علت گستردگی زیاد منطقه و اینکه تعداد محدودی از پایه‌های دارمازو فقط در چند بخش کوچک این منطقه حضور

داشتند، بنابراین تصویربرداری به سه توده از منطقه مورد مطالعه که در آن‌ها دارمازو وجود داشت، محدود شد. در این پژوهش، دو الگوریتم طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی و طیفی استفاده و ارزیابی شدند. نتایج بیانگر قابلیت این دو روش در تفکیک گونه‌های درختی در منطقه مورد مطالعه بود. از بین دو روش، شبکه عصبی مصنوعی نسبت به روش طیفی دقت بیشتری داشت که می‌تواند به دلیل سیستم هوشمند و ماهیت غیرخطی شبکه عصبی مصنوعی باشد. یکی دیگر از دلایل برتری روش شبکه عصبی مصنوعی نسبت به الگوریتم طبقه‌بندی طیفی، این است که روش طیفی فقط بر مبنای اطلاعات طیفی، پدیده‌ها را شناسایی می‌کند. این روش قادر به شناسایی دقیق رابطه بین این ارزش‌ها با الگوهای مکانی پدیده‌ها نیست، در حالی که روش شبکه عصبی مصنوعی با کشف روابط بین ارزش‌های

- Management Organization, Tehran, 200p.
- Chianucci, F., Disperati, L., Guzzi, D., Bianchini, D., Nardino, V., Lastri, C., ... and Corona, P., 2016. Estimation of canopy attributes in beech forests using true colour digital images from a small fixed-wing UAV. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 47: 60-68.
 - Dvořák, P., Müllerová, J., Bartaloš, T. and Brůna, J., 2015. Unmanned aerial vehicles for alien plant species detection and monitoring. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-1/W4: 83-90.
 - Elvidge, C.D., Keith, D.M., Tuttle, B.T. and Baugh, K.E., 2010. Spectral identification of lighting type and character. *Sensors*, 10(4): 3961-3988.
 - Franklin, S.E., 2018. Pixel- and object-based multispectral classification of forest tree species from small unmanned aerial vehicles. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 6(4): 195-211.
 - Gini, R., Passoni, D., Pinto, L. and Sona, G., 2014. Use of unmanned aerial systems for multispectral survey and tree classification: A test in a park area of northern Italy. *European Journal of Remote Sensing*, 47(1): 251-269.
 - Hemmati, Z., Ebadi, H., Hosseini Naveh Ahmadabadian, A. and Esmaeili, F., 2017. Presented a new algorithm for network design and path planning it captures drone modeling purposes archaeological sites. *Journal of Geomatics Science and Technology*, 7(2): 167-180 (In Persian).
 - Lohrabi, Y., Abbasi, M., Soltani, A., Riyahi Bakhtyari, H.R., 2018. Determination of the most suitable method for forest type mapping in central Zagros using landsat-8 satellite Images. *Journal of Forest Research and Development*, 4(2): 191-205 (In Persian).
 - Mlambo, R., Woodhouse, I., Gerard, F. and Anderson, K., 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): 68-80.
 - Onishi, M. and Ise, T., 2018. Automatic classification of trees using a UAV onboard camera and deep learning. *arXiv preprint arXiv:1804.10390*.
 - Pourahmad, M., Oladi, J. and Falah, A., 2018. Detection of tree species in mixed broad-leaved stands of Caspian forests using UAV images (case study: Darabkola Forest). *Ecology of Iranian Forests*, 6(11): 61-75 (In Persian).
 - Puliti, S., Ørka, H.O., Gobakken, T. and Næsset, E., 2015. Inventory of small forest areas using an unmanned aerial system. *Remote Sensing*, 7(8): 9632-9654.

طیفی و الگوهای مکانی در سطح مؤلفه‌ها، عوارض مختلف را تشخیص می‌دهد. مقایسه نتایج طبقه‌بندی پژوهش پیش‌رو با یافته‌های Ise و Onishi (۲۰۰۹)، Dvořák و همکاران (۲۰۱۵) و Franklin (۲۰۱۸) نشان‌دهنده صحت کمتر این پژوهش است. به نظر می‌رسد که دلیل این امر به استفاده از روش طبقه‌بندی شیء‌پایه در پژوهش‌های مذکور برمی‌گردد.

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که استفاده از تصاویر پهپاد می‌تواند رویکرد مناسبی برای تعیین نوع گونه درختان جنگلی باشد، زیرا تصویربرداری با استفاده از هواپیماهای بدون سرنشین نسبت به تصاویر هوایی یا ماهواره‌ای، انعطاف‌پذیری بیشتر، هزینه کمتر و قدرت تفکیک مکانی بسیار زیادتری دارد. با این حال، ذکر این نکته ضروری است که تصاویر برخی از پهپادها همانند پهپاد استفاده‌شده در این پژوهش، قدرت تفکیک طیفی کمتری نسبت به تصاویر ماهواره‌ای دارند. کمبود باندهای طیفی در این نوع پهپادها می‌تواند با افزایش قدرت تفکیک و کیفیت تصاویر دریافتی از پهپاد تا حدود زیادی جبران شود. این مطلب در پژوهش‌های Takeshi و Masanori (۲۰۰۹)، Dvořák و همکاران (۲۰۱۵) و Franklin (۲۰۱۸) ذکر شده است.

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که تصاویر پهپادها، قابلیت مناسبی برای تشخیص و تهیه نقشه گونه‌های جنگلی دارند. همچنین، با استفاده از روش‌های نوین طبقه‌بندی و پردازش‌های مناسب‌تر می‌توان این قابلیت را بهبود بخشید. براین اساس، پیشنهاد می‌شود در تهیه نقشه‌های تیپ‌های جنگلی برای دستیابی به دقت بیشتر، تأثیر همه عوامل مانند ارتفاع پرواز، اطلاعات طیفی، شرایط نور و استفاده از پهپادهای جدید به‌منظور افزایش دقت پردازش هندسی و رادیومتری بررسی شود. همچنین، پیشنهاد می‌شود که قابلیت این تصاویر در مناطق مختلف جنگلی بررسی و نتایج آن‌ها مقایسه شود.

منابع مورد استفاده

- Anonymous, 2006. Multifunctional forestry plan of Ghale Gol region. *Forests, Range and Watershed*

- Methods for Remotely Sensed Data, 2nd Edition. CRC Press, Boca Raton, Florida, 376p.
- Wallace, L., Lucieer, A. and Watson, C.S., 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.
 - Suomalainen, J., Anders, N., Iqbal, S., Roerink, G., Franke, J., Wenting, P., ... and Kooistra, L., 2014. A lightweight hyperspectral mapping system and photogrammetric processing chain for unmanned aerial vehicles. Remote Sensing, 6(11): 11013-11030.
 - Tso, B. and Mather, P.M., 2016. Classification

Discriminating between Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) and gall oak (*Q. infectoria* Oliv.) species using the UAV images (Case study: Kakasharaf Forest, Khorramabad, Iran)

S. Barazmand¹, J. Sossani^{2*}, H. Naghavi³ and S. Sadeghyan⁴

1- Ph.D. Student of Forestry, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran

2*- Corresponding author, Associate Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran. E-mail: soosani.j@lu.ac.ir

3- Assistant Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran

4- Associate Prof., Geomatics College of the National Cartographic Center, Tehran, Iran

Received: 12.05.2019

Accepted: 22.07.2019

Abstract

Today, tree species classification and mapping play an important role in decision making for sustainable forest management. The high spatial resolution of the UAV images makes them an effective tool for identifying tree species. The aim of this study was to evaluate the capability of unmanned aerial vehicle (UAV) imagery to detect Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) and gall oak (*Q. infectoria* Oliv.) species in the Kakasharaf area in the Lorestan Province, Iran. For this purpose, three stands were selected with areas of 3.6, 4.9 and 5.4 ha. The images were taken in May 2017 by a Phantom 4 UAV. Mosaic images were prepared using 10, 12 and 15 ground control points, respectively. Specifically, differentiation between two species was based on the classification of images by artificial neural network and spectral information. The reference data was prepared to evaluate the classification results by field survey, and classification was conducted by using 70% of the samples as training samples and the remaining 30% as test samples. Results showed that better performance achieved by neural network classification in all three stands with kappa coefficients of 0.77, 0.76 and 0.82 and overall accuracy of 84.03, 83.42 and 87.37 percent compared with the spectral classification method, which returned kappa coefficients of 0.7, 0.64 and 0.63 and overall accuracies 78.81, 73.4 and 72.19 percent, respectively. Conclusively, UAV data revealed to have a good ability to distinguish between *Q. brantii* and *Q. infectoria* in the study area, which suggests that those data can be used for discriminating between different tree species in similar forest areas.

Keywords: Artificial neural network, ground control, spectral classification, UAV, Zagros Forests.