دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیستم، شماره‌ی ۷۰
تابستان ۱۳۹۹، صفحات ۱۴۰-۱۱۵

یوسف تقی ملایی[۱]

مقایسه روش‌های ناپارامتری طبقه‌بندی بردار پشتیبان و شی پایه در برآورد ویژگی‌های کمی تک درختان بلوط ایرانی با تصاویر ماهواره‌ایی WorldView-2

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰۸/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۱۲/۰۲

چکیده

سنجش از دور، انواع داده‌ها و منابع مفید برای نقشه‌برداری جنگل را فراهم می‌کند. امروزه یکی از کاربردهای رایج در زمینه جنگلداری، شناسایی درختان و گونه‌های درختی با استفاده از تجزیه‌وتحلیل مبتنی بر شیء و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای یا هوایی است. این مطالعه بر تشخیص تاج پوشش درختان در سطح انفرادی می‌پردازد. هدف از این تحقیق، بررسی پتانسیل تصاویر ماهواره‌ایی با قدرت تفکیک بالایی (WV2) WorldView-2 مربوط به سال ۲۰۱٤ جهت تهیه نقشه درختان با روش‌های طبقه‌بندی ناپارامتریک در جنگل‌های اطراف شیراز می‌باشد. در مطالعه کنونی به ارزیابی برآورد پارامترهای جنگل با تمرکز بر استخراج تک درختان به دو روش طبقه‌بندی شی پایه و بردار پشتیبان با ارزیابی صحت به روش ماتریس پیچیده و روش AUC (area under operating characteristic curve) با کمک تصاویر هوایی UAV (Unmanned Aerial Vehicle) فانتوم ٤ مربوط به سال ۲۰۱۸ در دو منطقه مجزا پرداخته شده است. پس از انجام تصحیحات لازم بر روی تصاویر ماهواره‌ایی، طبقات جنگل و غیرجنگل تعریف و نمونه‌های تعلیمی انتخاب شدند. نتایج طبقه‌بندی نشان می‌دهد طبقه‌بندی شی پایه دارای صحت بالاتری در برآورد پارامترهای تک درختان و پس از آن بردار پشتیبان می‌باشند. نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل رگرسیونی نشان داد که استفاده از تصاویر ماهواره‌ایی WV-2 (R^2=0.97) برای برآورد تاج پوشش درختان مناسب است. می‌توان نتیجه‌گیری نمود که با توجه به هزینه و زمان بسیار کم برای تفسیر تصاویر ماهواره‌ایی WV-2، این تصاویر می‌تواند جهت آماربرداری درختان شهری

۱- مدرس مرکز آموزش عالی اقلید.
E-mail: taghimollaei@yahoo.com

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

بجای آماربرداری زمینی استفاده شود. این مطالعه تائید می‌کند که با استفاده از داده‌های سنجنده WV-2، امکان استخراج پارامترهای درختان منفرد در جنگل، وجود دارد.

کلید واژه‌ها: جداسازی درختان منفرد، تاج پوشش، سنجش از دور، طبقه‌بندی‌کننده‌ها، هفت برم شیراز.

مقدمه

جداسازی درختان منفرد و استخراج اطلاعات ساختاری درخت مرتبط از داده‌های سنجش از دور، کاربرد بارزی در انواع فعالیت‌ها دارد. برای مثال اطلاعات با جزئیات زیاد در سطح درختان منفرد می‌تواند برای نظارت درختان (Karlson et al., 2014: 22643-69; Clark et al., 2004a and 2004b: 52-59 and 73) کاهش کار میدانی مورد نیاز برای آماربرداری (Gong et al., 1999) و ارزیابی خسارت به جنگل مورد استفاده قرار گیرد (Leckie et al., 1992: 125; Levesque and King, 1999: 112; Kelly et al., 2004: 1229).

آماربرداری جنگل به‌طور سنتی یک روش مفید و دقیق برای نظارت بر پوشش جنگل است، اما بسیار گران است و چرخه به روز رسانی آن به خاطر هزینه نسبتا گران است (White et al., 2018: 3704-3732; Zoèhrer, 1980: 200; Wulder et al., 2005: 421-431). دامنه وسیعی از جنگل‌ها می‌تواند تغییرات سریع باشد، آماربرداری جنگل به‌طور سنتی به توسعه تغییرات پاسخ نمی‌دهد (Wulder et al., 2005: 221). گرم شدن اقلیم و خشکسالی های شدید اخیر باعث مرگ‌ومیر گیاهان در بیوم‌های جنگلی مختلف در سراسر جهان شده است (Allen et al., 2010: 660; Phillips et al., 2009: 1344; van Mantgem et al., 2009: 521).

پیشینه پژوهش

داده‌های سنجش از دور امروزه اطلاعات دقیق و قابل اعتمادی از ویژگی‌های بیوفیزیکی تک درختان در اراضی جنگل برای ما ارائه می‌دهد. علاوه بر این طبقه‌بندی شی پایه، برتری ویژه‌ای نسبت به سایر روش‌های طبقه‌بندی برای استخراج تاج درختان و تشخیص گونه‌ها در انواع متعدد از اکوسیستم‌ها دارد. در زمینه بررسی کارایی طبقه‌بندی شی پایه که طبقه‌بندی بسیار مطلوب کاربران است مطالعه کمی صورت گرفته است.

Sedliak et al (2017:1-9) به شناسایی گروه‌های درختان (پهن برگ–سوزنی برگ) در ساختارهای منفرد از جنگل‌های متراکم مخلوط طبیعی توس، صنوبر و کاج در تصاویر WV-2 پرداختند. استفاده از داده‌های لیدار، امکان شناسایی تک درختان را فراهم نمود و صحت کلی بالایی، ۸۷/٤۲ درصد به‌دست آمد. صحت سوزنی برگان از ۸۲/۹۳ به ٪ ۸۵/۷۳ و پهن برگان از ۸٤/۷۹ به ٪۹۰/۱٦ رسید. روش طبقه‌بندی شی پایه روشی بسیار مفید در شناسایی گیاهان وحشی در زیستگاه‌های متعدد می‌باشد. Niphadkar et al (2017: 892-900) با استفاده از تصاویر WV-2 به شناسایی درختچه‌ها در جنگل استوایی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که روش شی پایه با کمک ویژگی‌های طیفی و مکانی، به‌خوبی

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

توانایی جداسازی عارضه‌ها را دارد؛ و به‌خوبی محیط هر شی را از بقیه پوشش، جدا می‌نماید. در نتیجه با الگوریتم طبقه‌بندی کننده ناپارامتری به‌خوبی می‌توان در محیط پیچیده جنگل‌های استوایی، درختچه‌ها را جدا نمود.

صحت نقشه گونه‌های درختی اجازه می‌دهد به ما تا آنالیزهای عمیق و با جزئیات بیش‌تری از متغیرهای بیوفیزیکی جنگل داشته باشیم. Raczko & Zagajewski (2017: 144-154) به مقایسه الگوریتم‌های بردار پشتیبان، جنگل تصادفی و شبکه عصبی برای طبقه گونه‌های درختی بر روی تصاویر هوایی چندطیفی پرداختند. بررسی نشان داد که طبقه‌بندی ANN دارای بالاترین صحت طبقه‌بندی است (۷۷٪) و SVM با ۶۸٪ و RF با ۶۲٪ به‌ترتیب در مراحل بعدی قرار گرفتند.

Juniati and Arrofiqoh (2017: 765-771) به مقایسه طبقه‌بندی پیکسل پایه و شی پایه با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری برای انطباق الگو در جنگل‌های اندونزی با تصاویر WV-2 پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند که طبقه‌بندی شی پایه بهترین نتیجه را در سگمنت سازی و طبقه‌بندی می‌دهد و دارای بهترین ضریب کاپا است پس از آن شبکه عصبی و بیش‌ترین شباهت در رتبه‌بندی میانگین صحت قرار گرفتند.

Wen et al (2017: 1-12) به این نتیجه رسیدند که روش طبقه‌بندی قطعه مبنا و شی مبنا بر روش‌های دیگر در استخراج درختان شهری در تصاویر WV-2 برتری دارند. آنان از سه سطح طبقه‌بندی (پیکسل، شی و قطعه) برای طبقه‌بندی درختان استفاده نمودند. نتایج نشان داد که صحت کلی همه روش‌ها به ۸۵٪ رسید. علاوه بر این صحت کاربر و تولید کننده به بالاتر از ۸۰٪ برای طبقه درختان می‌رسد.

Johansen et al (2018: 2-21) به استخراج تاج درختان منفرد و ارزیابی پارامتر ساختار درختان با استفاده از تصاویر نوری UAV پرداخت. آن‌ها از تصاویر UAV در تشخیص درختان استرالیا استفاده نمودند. نتایج تحقیق نشان داد که تصاویر نوری UAV دارای پتانسیل بالایی در استخراج تاج پوشش می‌باشند و همچنین می‌توان در جهت مدل‌سازی ارتفاع درختان از این تصاویر استفاده نمود.

Thanh Noi and Kappas (2018: 2-20) به مقایسه طبقه‌بندی کننده‌های جنگل تصادفی، نزدیک‌ترین همسایه و بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی کاربری اراضی با تصاویر چندطیفی Sentinel-2 در اطراف دلتای رودخانه سرخ ویتنام پرداختند. صحت همه طبقه‌بندی‌ها بین ۹۰ تا۹۵ درصد بود. در میان این طبقه‌بندی‌ها با استفاده از نمونه‌های تعلیمی مختلف از ۵۰ تا ۱۲۵۰پیکسل، SVM صحت کلی بالاتری ایجاد نمود. پس از آن جنگل تصادفی و نزدیک‌ترین همسایه قرار گرفتند.

از آنجایی که هر یک از الگوریتم‌های نقشه سازی دارای نقاط قوت و ضعف در تشخیص درختان می‌باشند. بنابراین هر گروه از محققان، یکی از روش‌ها یا ترکیبی از آن‌ها را در مطالعات خویش جهت استخراج تاج درختان استفاده کرده‌اند. در مطالعات پیشین ارزیابی صحت برآورد مساحت تاج با استفاده از داده‌های میدانی انجام شده است که در آن‌ها عمدتا شکل تاج درختان به‌صورت دایره‌ای در نظر گرفته شده و مساحت تاج از میانگین قطر به‌دست می‌آید در صورتی که درختان با توجه به شرایط رویشگاهی ممکن است از تاج‌های با شکل‌های غیرهندسی برخوردار باشند.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

بنابراین ضروری به‌نظر می‌رسد که ارزیابی صحت مساحت‌های تاج برآورد شده در داده‌های ماهواره‌ایی با استفاده از داده‌های قابل اطمینان‌تر مانند تصاویر هوایی UAV انجام شود. همچنین در اکثر تحقیقات گذشته از تصاویر WV-2 با ٤ باند طیفی استفاده شده است در مطالعه کنونی از تصاویر WV-2 با ٤ باند اضافی مجموعا ۸ باند استفاده شده است که پتانسیل این تصاویر در برآورد پوشش گیاهی در جنگل‌های شیراز بررسی گردیده است؛ و مناسب‌ترین الگوریتم معرفی گردد.

مبانی نظری

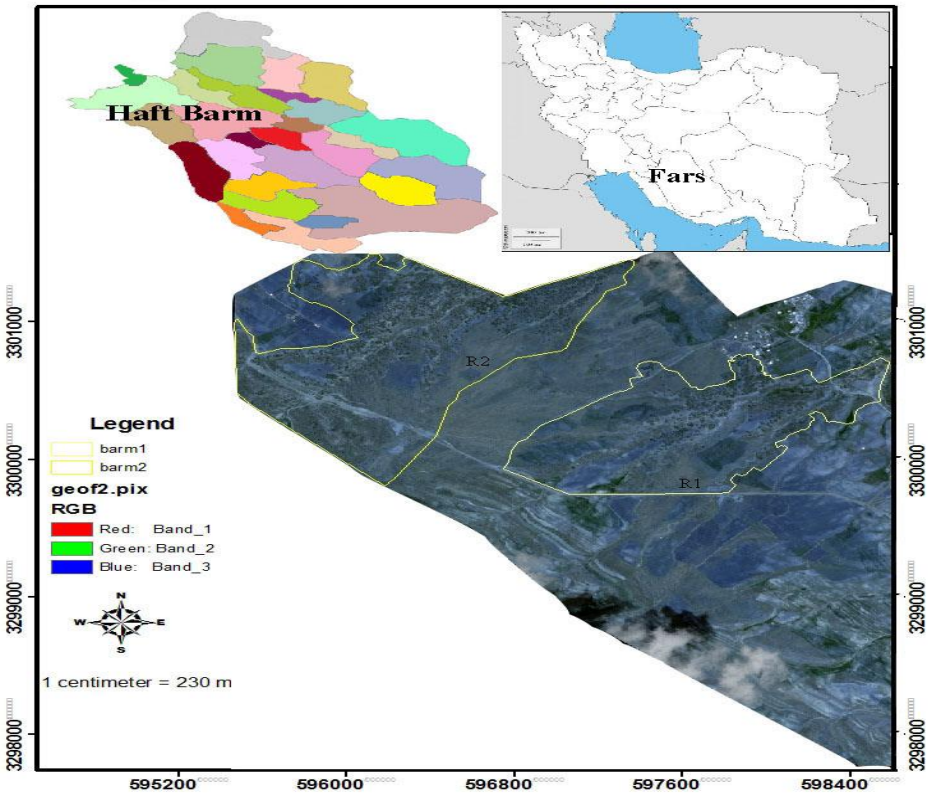
با توجه به شباهت طیفی بین گونه‌های مختلف درخت، داده‌های طیفی می‌توانند گونه‌های درختی شهری را به‌طور مناسب به دلیل ویژگی‌هایی از قبیل باند باریک، چند کاناله و ورود اطلاعات طیفی مستمر، تشخیص دهند. مطالعات متعددی برای تشخیص درختان شهر با استفاده از داده‌های فراطیفی[۲] انجام شده است (Adeline et al., 2013: 21; Cho et al., 2012: 214; Forzieri et al., 2013: 313; Hao et al., 2011: 1). با این حال، این داده‌ها دارای نقایص مختلفی از جمله پوشش محدود، حجم بالا و هزینه‌های بالا است (Shafri et al., 2012: 1557). مطالعات انجام شده با تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بالا مانند IKONOS و QuickBird همچنین به‌طور موثر گونه‌های درخت را استخراج می‌کنند (Ke & Quackenbush, 2007: 3; Mora et al., 2010: 2474; Puissant et al., 2014: 235; Voss &). با این وجود تشخیص درخت و استخراج اطلاعات از مناطق جنگلی مشکل است وقتی از روش‌های سنتی طبقه‌بندی تصویر استفاده می‌گردید. این طبقه‌بندی به دلیل تنوع طیفی بالا در طبقات پوشش زمین که تحت تاثیر زاویه خورشید، گپ[۳]در تاج پوشش درختی و سایه‌ها، به‌دقت طبقه‌بندی پایین منجر می‌شود (Johnson & Xie 2013: 40; Yu et al., 2006: 799). علاوه بر این، تصاویر WV2 به دلیل پتانسیل باندهای جدید با وضوح بالای مکانی برای تشخیص پوشش گیاهی استفاده می‌شود (Immitzer et al., 2012: 2661; Marshall et al., 2012; Nouri et al., 2014: 580; Pu & Landry, 2012: 516; Rapinel et al., 2014: 236).

محدوده مورد مطالعه

مجموعه دریاچه‌های هفت برم در موقعیت جغرافیایی، طول ۵۲/۰۲ تا ۵۲/۰٤ درجه شرقی و عرض ۲۹/۸۱ تا ۲۹/۸۳ درجه شمالی در استان فارس واقع است. این دریاچه‌ها در ۵۵ کیلومتری غرب شیراز و شمال‌شرقی منطقه حفاظت شده ارژن و پریشان واقع شده‌اند و ۲۱۵۰ متر از سطح دریا ارتفاع و ۱۰۱۰ میلی‌متر بارندگی سالانه دارند. این مطالعه در دو سایت مختلف در منطقه هفت برم شیراز اجرا شد. که مساحت سایت اول روستای بله‌زار ۱۰٦هکتار و سایت دوم روستای آب انار ۱۵۰هکتار می‌باشد (شکل ۱).

2- Hyperspectral
3- Gaps

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه.

Figure 1: Study area location

مواد و روش‌ها

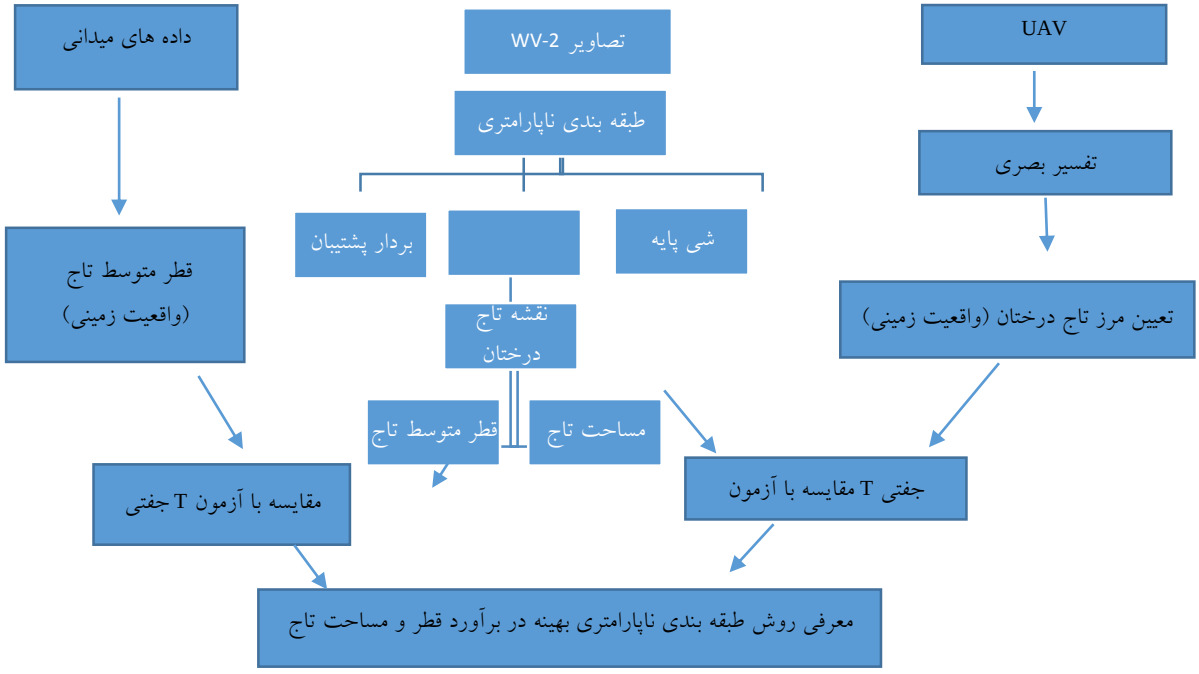
داده‌هایی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند شامل تصویر ماهواره وردویو ۲ مربوط به تاریخ ۲۱خرداد ۱۳۹٤ با قدرت تفکیک ۱/۸ متر و باند پانکروماتیک آن (قدرت تفکیک مکانی ۰/۵ متر) و تصاویر هوایی UAV با قدرت تفکیک ۳ سانتی متر می‌باشد. تصاویر WV2 با استفاده از نه نقاط برداشتی با GPS سه فرکانسه مدل GS15 به روش آرتیکی و استاتیک[٤] زمین مرجع شد و سیستم تصویر UTM در نظر گرفته شد. که در تعیین نقاط از نقاط بنچ مارک سازمان نقشه‌برداری استفاده شد. سپس تصاویر Pansharpenning با قدرت تفکیک ۰/۵ متر با ترکیب چهار باند چندطیفی و پانکروماتیک ایجاد گردید. جهت برداشت پیرامون درختان با توجه به انبوه بودن جنگل منطقه، اقدام به تهیه تصاویر پهپادی از فانتوم ٤ پرو گرفتیم. فانتوم ٤ پرو به یک دوربین یک اینچی CMOS مجهز شده است که

٤- روش استاتیک (Static): در این روش تنها مختصات نقاطی که گیرنده بر روی آن‌ها مستقراست اندازه گیری می شود و برای نقاط با فواصل بلند (بیش از ۲۰ کیلومتر) کاربرد دارد. این روش برای تعیین مختصات با دقت های بالا (در حد میلی متر) است.

روش کینماتیک (Real Time Kinematic RTK): در این روش پس از استقرار یک گیرنده روی نقطه معلوم، گیرنده دیگر بر روی وسیله متحرکی مانند اتومبیل و غیره قرار می‌گیرد. این روش برای تعیین مختصات نقاط مبنایی با دقت در حد سانتی‌متر است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

می‌تواند با کیفیت ۲۰ مگاپیکسل تصویربرداری کند. داینامیک رنج این دوربین ۱۱/٦ است؛ هرچه داینامیک رنج بیش‌تر باشد، سنسورهای دوربین می‌تواند توازن بهتری بین نواحی تیره و روشن برقرار کند که این موضوع به‌خصوص در ثبت فیلم‌های هوایی یک مشکل رایج است (Dji, 2016: 419). محل پلات‌ها با Global Positioning System (GPS) سه فرکانسه برداشت و با مارک روی زمین مشخص شد. همه دو سایت با سه پرواز در تاریخ ۲۲ و ۲۳ آبان ۱۳۹٦ برداشت گردید. ما برای اجرای دقیق ژئورفرنس نمودن، ۱۵۰نقطه کنترل زمینی (Ground Control Points GCPs) در محدوده جنگل پیاده نموده. نقاط کنترل زمینی با نوارهای آبی رنگ ۵۰*۵۰سانتی‌متر علامت‌گذاری شدند. مختصات نقاط کنترل زمینی با Leica GPS مدلGS15 در روش استاتیک و آرتیکی (۱سانتی متر مسطحاتی و ۱/۵سانتی متر ارتفاعی) در سیستم مختصات UTM برداشت گردید (شکل ۲).



شکل ۲: مراحل کاری

Figure 2: Flowchart of work levels

طبقه‌بندی بردار پشتیبان (Support vector machines - SVM)

SVM یکی از الگوریتم‌های ناپارامتری است که اولین بار به‌وسیله Vapnik و Chervonenkis در سال ۱۹۷۱میلادی معرفی شد (Vapnik, 1971: 264-280). ماشین بردار یک سیستم یادگیری است که بر اساس تئوری بهینه‌سازی با استفاده از اصل کمینه‌سازی خطای ساختاری به یک جواب بهینه می‌رسد. مدل رگرسیون بردار پشتیبان، تابعی است که با متغیر وابسته Y، متغیر مستقل X که خود چند متغیر است را برآورد می‌کند (Qian et al., 2015: 154-168). در عمده مطالعات از توابع کرنل پایه شعاعی (RBF) آن استفاده می‌شود. ماشین بردار،یک طبقه‌بندی‌کننده دودویی است (Hao et al., 2015: 2).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

طبقه‌بندی شی پایه (Object Based)

آنالیز پیکسل پایه معمولا ساده و را روش‌های جامع و کلی بر روی سنجنده‌ها فعالیت می‌نماید. هر چند پیکسل‌ها اغلب واحد مورد علاقه نیستند اما بدون آن‌ها نیز اندازه‌گیری ممکن نیست. برای مثال، تاج پوشش درختان مجزا و گپ بین تاج‌ها چندین پیکسل را در بر می‌گیرد و یک خودتنظیمی مکانی درون اشیا ایجاد می‌کند که می‌توانیم در تصاویر قدرت تفکیک بالا به‌راحتی شی را جدا نماییم (Woodcock and Strahler,1987: 311-332). OBIA به نظر می‌رسد که یک "معنی" را برای اشیا جستجو می‌کند؛ به‌وسیله سگمنت‌سازی در تصویر در گروه‌های از پیکسل‌ها با مشخصات مشابه براساس ویژگی‌های طیفی و مکانی به جستجوی شی می‌پردازد (Benz et al., 2004: 239-258). هدف از قطعه‌بندی تصویر، استخراج شی‌های تصویر با بهترین حالت با توجه به ویژگی‌های مقیاس، وزن ناهمگنی نرمی و وزن فشردگی می‌باشد که در نرم‌افزار انجام شد. این پارامترها با ESP و آزمون و خطا حاصل شد. سپس شی‌های به‌دست آمده از این مرحله وارد روش‌های طبقه‌بندی می‌شوند. با روش قطعه‌بندی چندمقیاس فرآیند قطعه‌بندی انجام شد. با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه و مشخص‌نمودن نمونه‌های تعلیمی مناسب، تصویر به دو کلاس کلی جنگل و غیر جنگل طبقه‌بندی شد (جدول ۱).

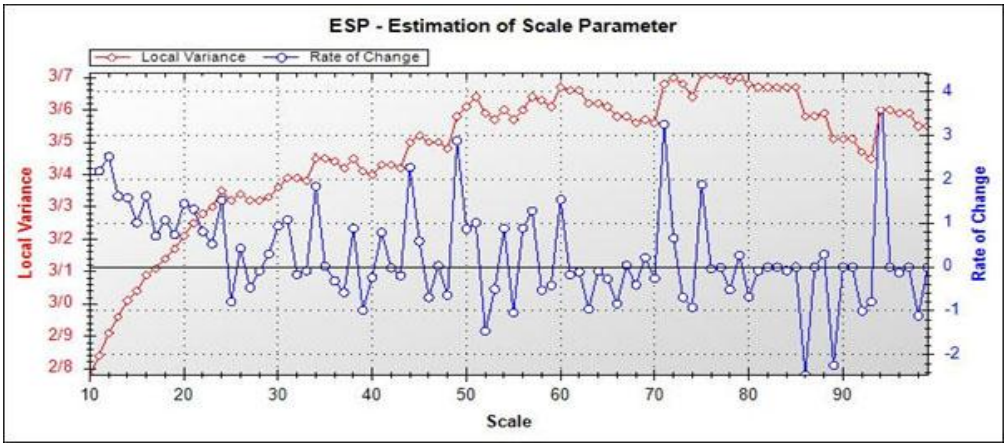
جدول ۱- وزن‌های اعمال‌شده برای قطعه‌بندی

Table 1- Weighting for segmentation

سلسله مراتب	پارامتر مقیاس	فاکتور رنگ	فاکتور شکل	درجه فشردگی	درجه صافی
سطح ۱	۱۰	۰/۸	۰/۲	۰/۷	۰/۳
سطح ۲	۲۰	۰/۸	۰/۲	۰/۷	۰/۳

از اساسی‌ترین الگوریتم‌های قطعه‌بندی چندمقیاس (Multi-resolution segmentation)، پارامتر مقیاس می‌باشد. برای اولین بار Drăguț et al (2010: 859-871) بر مبنای تغییرات واریانس محلی (Local Variance) در الگوریتم قطعه‌بندی چند مقیاس در زمان ادغام قطعه‌ها و پیکسل‌ها با استفاده از ESP (Estimation of Scale Parameter)، مناسب‌ترین مقیاس را برای قطعه‌بندی تعیین نمودند. اگر دو پیکسل یا شی هم‌جنس با هم ادغام شوند، نرخ تغییرات واریانس محلی (Rate of Change- Local Variance) کاهش خواهد یافت؛ اما اگر دو پیکسل یا شی غیرهم‌جنس، با هم ادغام شوند، روند تغییرات واریانس محلی افزایش خواهد یافت. نمودار نشان‌دهنده نقاطی است که ROC-LV به‌طور ناگهانی در موقع ادغام قطعه‌ها و ایجاد قطعات بزرگ‌تر جدید، افزایش یافته است؛ که به‌عنوان مقیاس مناسب برای قطعه‌بندی تصویر می‌باشد. بهترین مقیاس برای تصویر ما ۲٤، ۲٦، ۳۰، ۳٤، ۳۷، ۳۱، ٤۱، ٤٥، ٤۷، ٤۹، ٥۱، ٥٤، ٥۷، ٦۰، ۷۱، ۷٥، ۷۹، ۸۸، ۹٤ بود (شکل ۳).

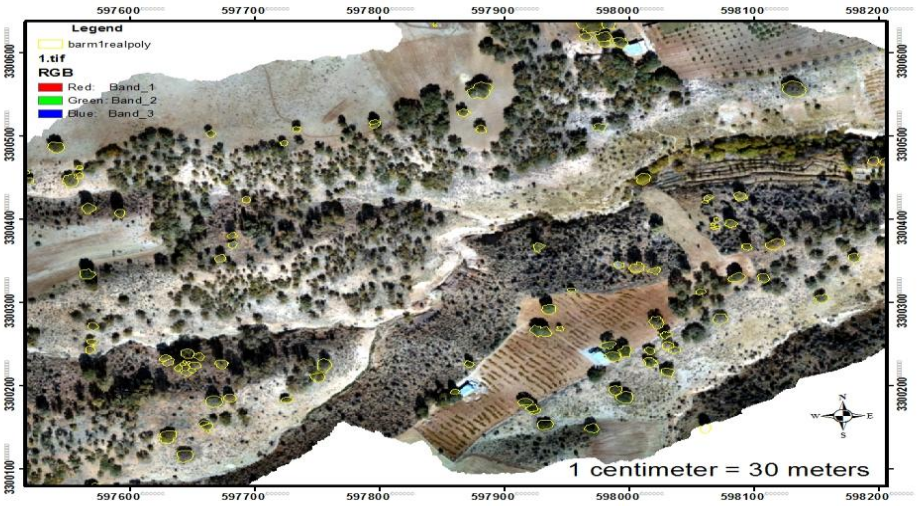
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ۳: شمای نسبت تغییرات پارامتر مقیاس در محیط نرم‌افزار ESP

Figure 3: ROC-LV schematic.

پس از انتخاب داده‌های آموزشی، آن‌ها به‌صورت یک لایه موضوعی، در نرم‌افزار ذخیره شدند تا در طی فرآیند از آن‌ها استفاده شود. و برای روش‌های مختلف طبقه‌بندی از داده‌های آموزشی یکسان استفاده شد. طبقه‌بندی به سه روش انجام شد. پس از استخراج عارضه جنگل به سه روش مورد نظر، نتایج حاصل، دقت‌سنجی شدند. برای این کار ۱۰۰ نقطه به‌صورت تصادفی بر روی تصاویر ایجاد شد و مرز تاج پوشش درختان این نقاط از روی تصاویر UAV، مشخص شدند (شکل ٤).



شکل٤: تاج پوشش ۱۰۰درخت مشخص شده روی تصاویر UAV جهت واقعیت زمینی

Figure 4: Canopy of 100 determined trees on UAV image for Ground truth

ارزیابی صحت

ارزیابی صحت به دو روش: روش معمول که از ضریب کاپا استفاده شد و روش دوم با استفاده از روش AUC صورت گرفت.

روش AUC (area under operating characteristic curve)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

در این شاخص ارزیابی سلول‌هایی که به درستی به طبقه مورد نظر اختصاص یافته‌اند (TP)، سلول‌هایی که به درستی به طبقه مورد نظر اختصاص نیافته‌اند (TN) و سلول‌هایی که به نادرستی به طبقه موردنظر اختصاص یافته‌اند (FP) و سلول‌هایی که به نادرستی به طبقه موردنظر اختصاص نیافته‌اند (FN) مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای رسم این منحنی، باید محور X که نمایانگر « ویژگی-۱ » (رابطه ۱) و محور Y که حاوی «حساسیت» (رابطه ۲) است به ازای هر مقدار از آستانه طبقه مورد نظر محاسبه گردد.

رابطه (۱) $$\text{ویژگی} = \frac{TN}{TN+FP}$$

رابطه (۲) $$\text{حساسیت} = \frac{TP}{TP+FN}$$

برای بررسی میزان تطابق مکانی طبقه شناسایی‌شده روی تصویر هوایی و واقعیت زمینی از «دقت» (رابطه ۳) و برای ارزیابی درستی تخصیص یک سلول به طبقه مورد نظر از معیار «صحت» (رابطه ٤) استفاده می‌شود. در رابطه ٤، n، تعداد کل سلول‌های طبقه‌بندی‌شده است (Erfani Fard, 2014: ٦٥٤-٦٥٦).

رابطه (۳) $$\text{دقت} = \frac{TP}{TP+FP}$$

رابطه (٤) $$\text{صحت} = \frac{TP+TN}{n}$$

روش نمونه‌برداری ویژگی‌های کمی و کیفی جنگل

روش نمونه‌برداری، روش منظم سیستماتیک می‌باشد. که شبکه‌ایی مستطیل شکل به ابعاد ۲۰۰ × ۲۰۰متر در تصویر منطقه پیاده شد و قطعات نمونه‌ایی مستطیل‌شکل به ابعاد ٤۰× ٤۰متر در منطقه پیاده شد. که جمعا ٦۳ قطعه نمونه (۳٦ قطعه روستای آب انار و ۲۷قطعه روستای بله زار) در هر دو سایت برداشت شد و در هر قطعه نمونه ویژگی‌های پوشش گیاهی مدنظر شامل: قطر بزرگ و کوچک همه درختان، قطر برابر سینه diameter at breast height (DBH) وضعیت تاج پوشش درخت، سلامتی درخت ثبت گردید.

برآورد مساحت تاج پوشش درختان جنگل‌های بله‌زار روی تصاویر WV-2 و UAV

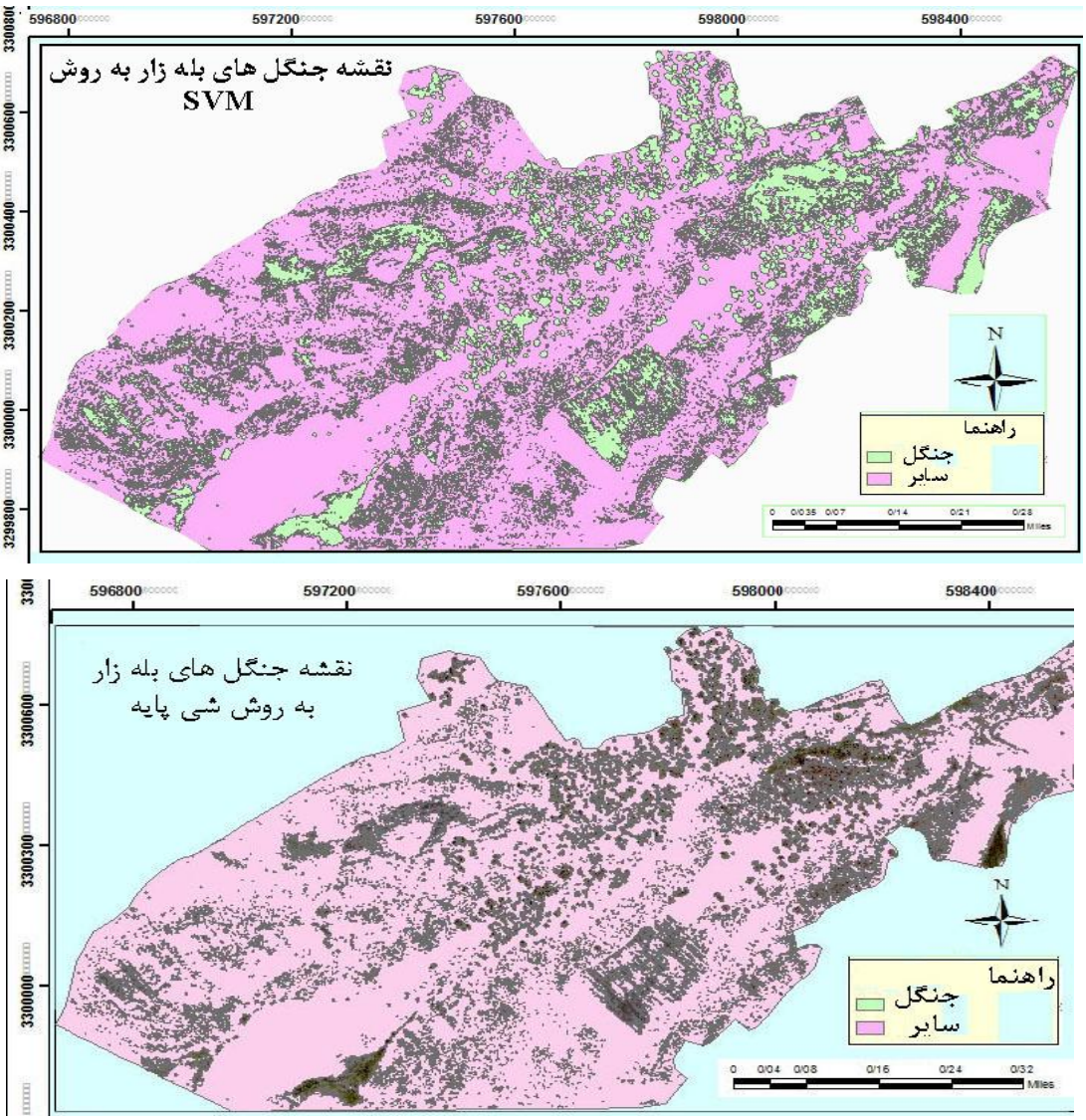
نمونه‌برداری با شبکه آماری ۲۰۰ × ۲۰۰مترمربعی روی سطح زمین و تصاویر ماهواره‌ایی WV-2 انجام گرفت که ۲۷پلات ۱٦۰۰ مترمربعی (٤۰×٤۰متر) در سایت یک، روستای بله زار و ۳۳ پلات در سایت دو، روستای انار برداشت گردید. در هر قطعه نمونه، قطر بزرگ و کوچک، قطر برابر سینه و سپس مساحت تاج پوشش (رابطه ۱) برداشت گردید. آماره‌های کمی برداشت شده در جنگل‌های روستای بله‌زار شامل تعداد نمونه‌ها، میانگین، انحراف معیار و خطای معیار در دو روش آماربرداری درصد تاج پوشش زمینی و تصویر ماهواره‌ایی WV-2 در جدول (۲) ارائه شده است. در هر قطعه نمونه براساس رابطه ۵، مساحت تاج پوشش محاسبه گردید. سپس با انتقال مساحت‌های تاج پوشش به‌دست آمده به محیط SPSS25 تجزیه‌وتحلیل انجام شد (جدول ۲).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

رابطه (۵) سطح تاج پوشش= $\pi/4\times$(قطر متوسط تاج)^2

یافته‌ها و بحث

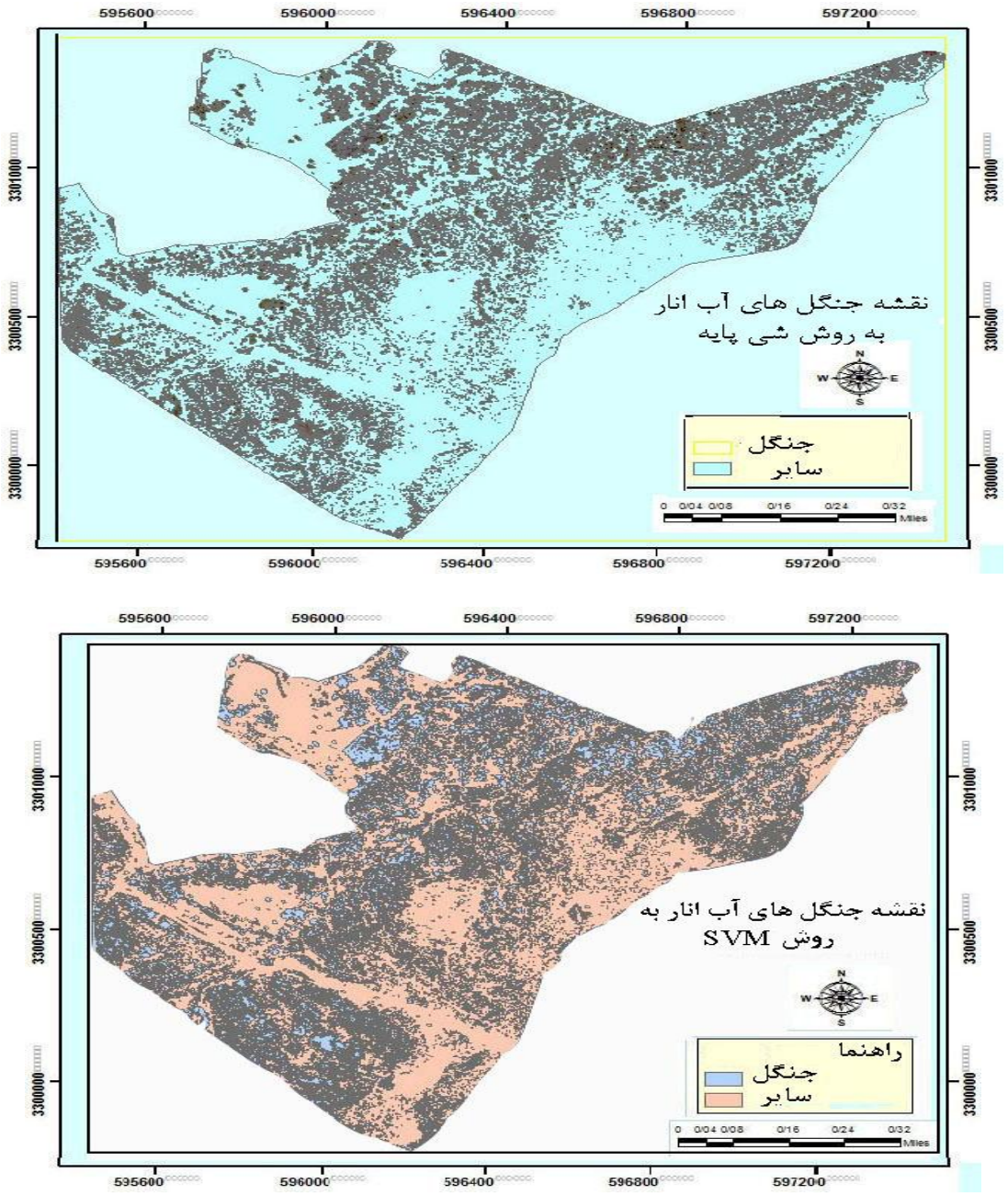
در شکل (۵)، نتایج حاصل از ۲ نوع طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان و شی پایه نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌نمایید کیفیت طبقه‌بندی‌ها تقریبا مشابه هم هستند. اما دارای تفاوت‌های در دقت می‌باشند. ارزیابی صحت به دو روش انجام شد: روش معمول ضریب کاپا و روش AUC. در جداول ارزیابی صحت، ماتریس خطا، دقت کلی، ضرایب کاپا، دقت تولیدکننده و دقت استفاده‌کننده به تفکیک هر روش آورده شده است.



شکل ۵: نقشه عارضه جنگل با طبقه‌بندی بردار پشتیبان و شی پایه جنگل‌های روستای بله‌زار (سایت۱)، جنگل‌های روستای آب انار (سایت ۲)

Figure 5: The results of the classification of forest feature with SVM and object-based algorithm in BalehZare (site1) and Abe Anar sites (site2)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]



ادامه شکل ۵: نقشه عارضه جنگل با طبقه‌بندی بردار پشتیبان و شی پایه جنگل‌های روستای بله‌زار (سایت۱)، جنگل‌های روستای آب انار (سایت۲).

Continue Figure 5: The results of the classification of forest feature with SVM and object-based algorithm in BalehZare (site1) and Abe Anar sites (site2)

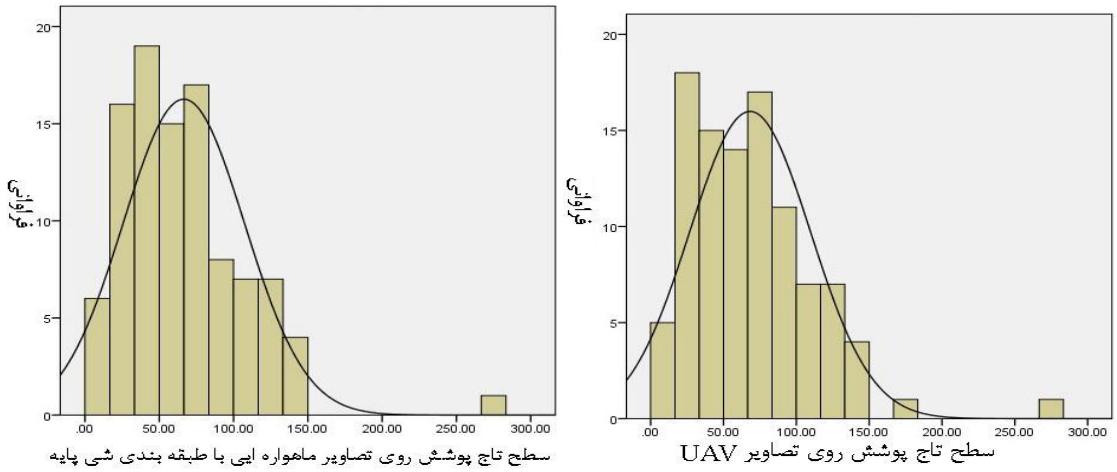
ارزیابی صحت مساحت تاج پوشش WV-2 با مساحت تاج پوشش UAV

رگرسیون مساحت تاج پوشش در آماربرداری جنگل‌های بله زار

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

تحلیل داده‌ها

ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی شد. نتیجه آزمون نشان داد که همه داده‌ها پراکنش نرمال دارند و در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار هستند (Sig_{svm}= ۰/۰۷۳ Sig_{obia}=۰/۰۶۱) (شکل ٦).



شکل ٦: نمودار منحنی نرمال داده‌های برداشتی و طبقه‌بندی تصاویر در جنگل‌های آب انار

Figure 6: Normal curve diagram of field data and image classification in Abe Anar forests

برای مقایسه مساحت تاج پوشش به‌دست‌آمده از آماربرداری تصویر ماهواره ایی WV-2 و تصادفی زمینی از آزمون T جفتی در سطح اطمینان ۹۵درصد استفاده شد. نتیجه آزمون T جفتی بین داده‌های به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری در عرصه جنگل و تصویر نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین اندازه‌گیری مساحت تاج پوشش در دو روش در سطح معنی داری ۹۵درصد وجود ندارد (sig_{svm}-۰/۰۵۱, $Sig_{svm-balehzar}$ =۱/۹۸٤; df=99, T=۰/۰۵۸ $sig_{obia-balehzar}$= ۰/۰٦۸ , $sig_{obia-abeanar}$=۰/۰۷۱$_{abeanar}$=).

نمودار شکل (۷) ترسیم شده نشان‌دهنده صحت مطلب است.

نتایج آنالیز رگرسیون نشان داد که تصاویر ماهواره‌ایی با ضریب تبیین تقریبا بالایی ۰/۹۵ (۹۵ درصد=R^2) نشان‌دهنده اینست که می‌توان مساحت تاج پوشش درختان را با دقت بالا از تصاویر ماهواره ایی WV-2 به‌دست آورد (جدول ۲ و ۳ مدل آماری). در جدول (۳) مدل آماری، مساحت تاج پوشش در روی زمین به‌عنوان متغیر وابسته و مساحت تاج پوشش در روی تصاویر ماهواره‌ایی به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس و آزمون ضرایب نشان می‌دهد که از تصاویر ماهواره‌ایی WV-2 می‌توان برای برآورد سطح تاج پوشش استفاده نمود. ابر نقاط در نمودار شکل (۵) رسم شده است. در محور X، سطح تاج روی تصویر ماهواره‌ایی و محور Y، سطح تاج روی زمین است. در نتیجه می‌توان از تصاویر WV-2 به جای آماربرداری زمینی برای محاسبه مساحت تاج پوشش جنگل‌ها استفاده کرد که با نتایج Ma et al (2017: 1-13)، سازگار است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

جدول ۲ الف - مشخصات آماری سطح تاج پوشش درختان جنگل‌های بله‌زار

Table 2a- The statistical data of the canopy cover of trees in the forests of BalehZar

متغیر درصد تاج پوشش در آماربرداری جنگل‌های بله زار	روش آماربرداری UAV	بردار پشتیبان تصاویر ماهواره‌ایی WV-2	شی پایه تصاویر ماهواره‌ایی WV-2
تعداد نمونه	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
میانگین (m^2)	٦٨/٤٨	٦٦/٦١	٦٦/٧٠
انحراف معیار (m^2)	٤١/٦٣	٤٠/٣٦	٤٠/٨٤
خطای معیار (m^2)	٤/١٦	٤/٠٣	٤/٠٨

جدول ۲ ب - مشخصات آماری سطح تاج پوشش درختان جنگل‌های انار

Table 2b- The statistical data of the canopy cover of trees in the forests of AbeAnar

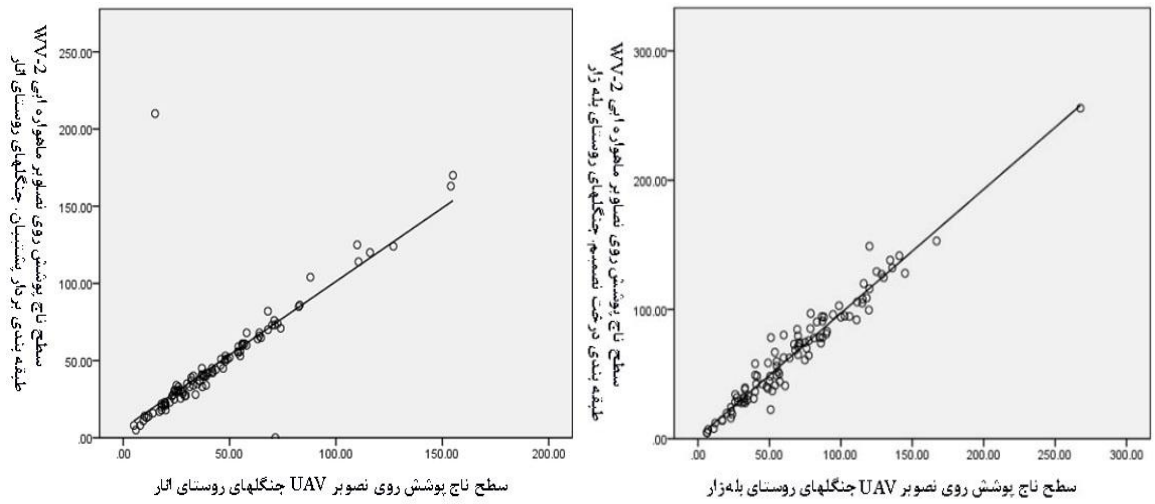
متغیر درصد تاج پوشش در آماربرداری جنگل‌های انار	روش آماربرداری UAV	بردار پشتیبان. تصاویر ماهواره‌ایی WV-2	شی پایه. تصاویر ماهواره‌ایی WV-2
تعداد نمونه	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
میانگین (m^2)	٤٤/٦٢	٤٨/٦	٤٤/٨٩
انحراف معیار (m^2)	٢٨/٩	٣٤/٥٩	٢٨/٦٨
خطای معیار (m^2)	٢/٨٩	٣/٤٦	٢/٨٧

جدول ۳- مدل آماری سطح تاج پوشش تصاویر ماهواره‌ایی WV-2 و UAV جنگل‌های روستای بله‌زار و انار

Table 3- The statistical model of the canopy surface covering the satellite imagery of WV-2 and UAV of forests of the village of Balehazar and AbeAnar

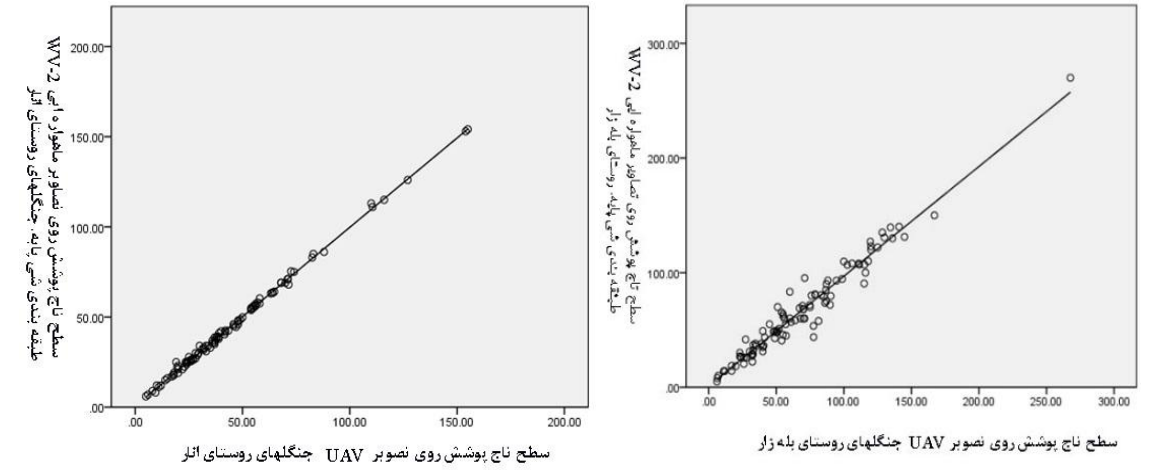
نام	مدل	R^2 ضریب	r ضریب	مدل آماری
بردار پشتیبان بله زار	خطی	۰/۹٤۹	۰/۹۷٤	Y= ۲/۱۹٥+ ۰/۹۹X
بردار پشتیبان انار	خطی	۰/۹۸۲	۰/۹۹۱	Y=۲/٥۳٤ + ۰/۹٥۲
شی پایه بله زار	خطی	۰/۹٥۳	۰/۹۷٦	Y=۲/۱۱ + ۰/۹۹٥ X
شی پایه انار	خطی	۰/۹۹۸	۰/۹۹۹	Y=- ۰/٥۷۹ + ۱/۰۰۷ X

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ۷ الف: ارزیابی صحت سطح تاج پوشش در طبقه‌بندی بردار پشتیبان تصاویر ماهواره‌ایی WV-2 و تصاویر UAV جنگل‌های روستای بله‌زار و انار به‌ترتیب از راست. به مترمربع

Fig 7a: Evaluation of the accuracy of the canopy in SVM classification in satellite imagery wv-2 and UAV image in the forests of the village of Balehazar and AbeAnar. Respectively of right. To $m^{2.}$



شکل ۷ ب: ارزیابی صحت سطح تاج پوشش در طبقه‌بندی شی پایه در تصاویر ماهواره‌ایی WV-2 و تصاویر UAV جنگل‌های روستای بله‌زار و انار به‌ترتیب از راست به مترمربع

Figure 7b: Evaluation of the accuracy of the canopy in Object-Based classification in satellite imagery wv-2 and UAV image in the forests of the village of Balehazar and Anar. m^2

ارزیابی صحت قطر متوسط تاج پوشش در تصاویر ماهواره‌ایی wv-2 با روی زمین در جنگل‌های روستای بله زار و انار

ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی شد. نتیجه آزمون نشان داد که همه داده‌ها پراکنش نرمال دارند و در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار هستند. برای مقایسه قطر متوسط تاج پوشش به‌دست آمده از آماربرداری تصویر ماهواره‌ایی WV-2 و تصادفی زمینی از آزمون T جفتی در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

نتیجه آزمون T جفتی بین داده‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری در عرصه جنگل و تصویر نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین اندازه‌گیری مساحت تاج پوشش در دو روش در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد وجود ندارد (df= ۹۹ T= ۱/۹۸٤). نمودار شکل (۸) ترسیم شده نشان‌دهنده صحت مطلب است. نتایج آنالیز رگرسیون نشان داد که تصاویر ماهواره‌ایی با ضریب تبیین تقریبا بالایی ۰/۹۵ (۹۵ درصد=R^2) نشان‌دهنده این است که می‌توان قطر متوسط تاج پوشش درختان را با دقت بالا از تصاویر ماهواره‌ایی WV-2 به‌دست آورد (جدول ٤ و ۵ مدل آماری).

جدول ٤ الف- مشخصات آماری قطر متوسط تاج پوشش درختان جنگل‌های بله زار

Table 4a-Statistical data of Medium diameter of canopy of trees in BalehZar forest

	میانگین (m)	تعداد نمونه‌ها	انحراف معیار (m)	خطای معیار (m)
قطر متوسط تاج پوشش روی زمین	۹/۱۲۷۹	۱۰۰	۲/۹۵۹۰۸	۰/۲۹۵۹۱
قطر متوسط تاج پوشش در بردار پشتیبان	۹/۲۵۰٤	۱۰۰	۲/۸۷۷۸۷	۰/۲۸۷۷۹
قطر متوسط تاج پوشش در شی پایه	۸/۹۷۸٦	۱۰۰	۲/۷۳۳۷٦	۰/۲۷۳۳۸

جدول ٤ ب - مشخصات آماری قطر متوسط تاج پوشش درختان جنگل‌های انار

Table 4b- Statistical data of medium diameter of canopy of trees in AbeAnar forest

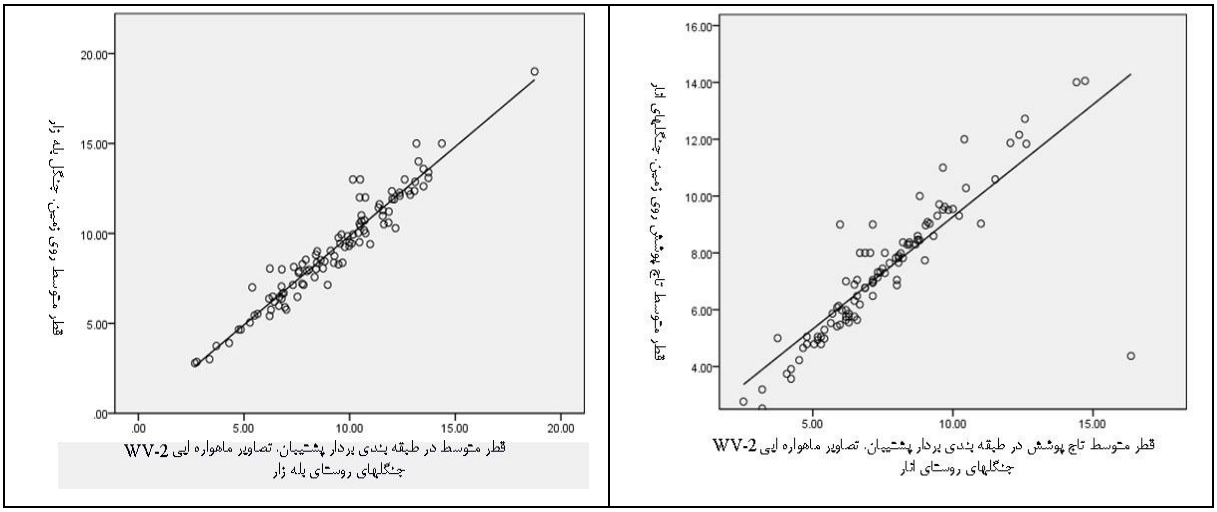
	میانگین(m)	تعداد نمونه‌ها	انحراف معیار(m)	خطای معیار(m)
قطر متوسط تاج پوشش روی زمین	۷/۳۷۰۷	۱۰۰	۲/۳۲٤۳۲	۰/۲۳۲٤۳
قطر متوسط تاج پوشش در بردار پشتیبان	۷/۵۹۲۷	۱۰۰	۲/٤۷۵۷٦	۰/۲٤۷۵۸
قطر متوسط تاج پوشش در شی پایه	۷/۲۸۰۰	۱۰۰	۲/۲۸۱۹۲	۰/۲۲۸۱۹

جدول ۵- مدل آماری قطر متوسط تاج پوشش در تصاویر ماهواره‌ایی WV-2 و روی زمین جنگل‌های روستای بله‌زار و انار

Table 5- The statistical model of the medium diameter of canopy surface covering in the satellite imagery of WV-2 and ground of forests of the villages of Balehazar and

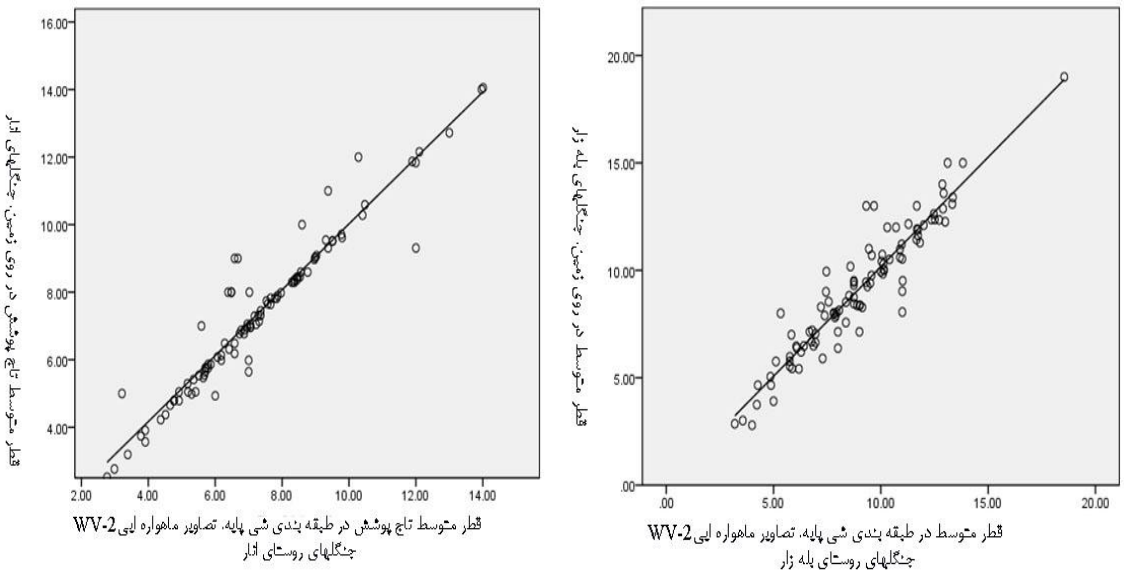
نام	مدل	ضریب R^2	ضریب r	مدل آماری
بردار پشتیبان بله زار	خطی	۰/۸۸۳	۰/۹۳۹	Y=۰/۱٦۹+۰/۹۹۹X
بردار پشتیبان انار	خطی	۰/۹۱۵	۰/۹۱۲	Y=۷۵٦+۰/۹۱۲X
شی پایه بله زار	خطی	۰/۸۸۸	۰/۹٤۲	Y=-۰/۰۲۸+۱/۰۲۰X
شی پایه انار	خطی	۰/۹۱۸	۰/۹۵۸	Y=۰/۲۵٦+۰/۹۷٦X

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ۸ الف: ارزیابی صحت قطر متوسط تاج پوشش در طبقه‌بندی بردار پشتیبان تصاویر ماهواره‌ایی wv-2 و روی زمین جنگل‌های روستای بله‌زار و انار به ترتیب از راست. به متر

Fig 8a: Assessing the accuracy of the mean diameter of canopy in SVM classification in WV-2 images and the ground of the trees in the forests of the village of Balehazar and AbeAnar. Respectively of right. To $m^{2.}$



شکل ۸ ب: ارزیابی صحت قطر متوسط تاج پوشش در طبقه‌بندی شی پایه در تصاویر ماهواره ایی wv-2 و روی زمین جنگل‌های روستای بله زار و انار به‌ترتیب از راست. به متر

Figure 8 b: Assessing the accuracy of mean diameter of canopy in Object-Based classification in WV-2 images and on the ground of the trees in the forests of the villages of Balehzar and Anar. To m

ارزیابی صحت سطح تاج پوشش در تصاویر W با ارتفاع درختان در جنگل‌های روستای بله‌زار و انار

ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی شد. نتیجه آزمون نشان داد که همه داده‌ها پراکنش نرمال دارند و در سطح ۹۹درصد معنی‌دار هستند. نتایج آنالیز رگرسیون نشان داد که تصاویر ماهواره‌ایی با

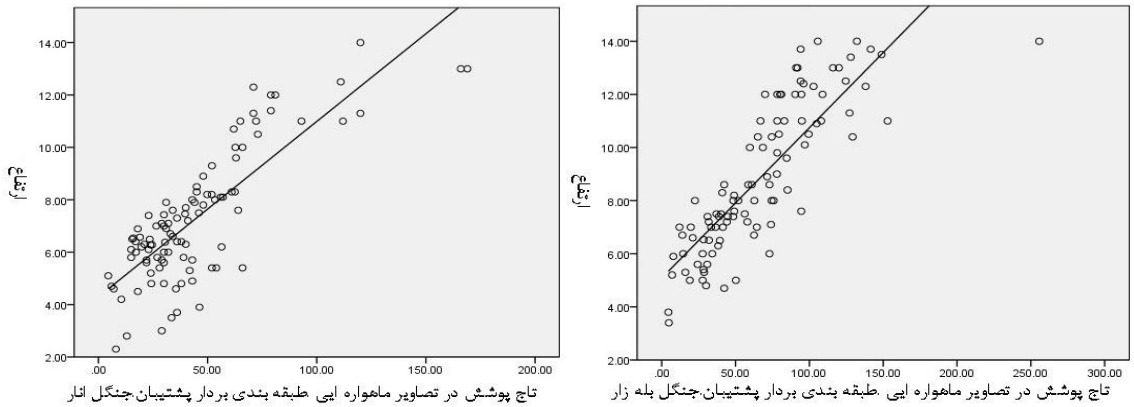
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

ضریب تبیین ۰/٦۸ (٦۸درصد=R^2) نشان‌دهنده این است که می‌توان ارتفاع را با دقت مناسبی از تصاویر ماهواره‌ایی WV-2 به‌دست آورد (جدول ٦ مدل آماری و شکل ۹).

جدول ٦- مدل آماری سطح تاج پوشش در تصاویر WV-2 و ارتفاع درختان در جنگل‌های روستای بله‌زار و انار

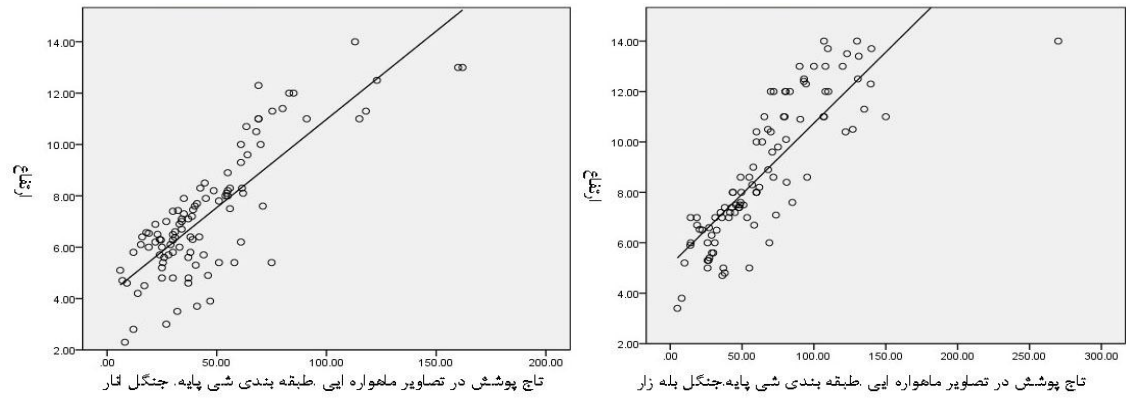
Table 6- Statistical model of canopy surface in WV-2 images and tree height in the forests of the villages of Balehzar and AbeAnar

نام	مدل	R^2 ضریب	r ضریب	مدل آماری
بردار پشتیبان بله زار	خطی	۰/٦۹۵	۰/۸۲٤	Y = ۵/۰۸٤+ ۰/۰۵۷X
بردار پشتیبان انار	خطی	۰/٦۵۷	۰/۸۱۱	Y = ٤/۲۹۹+ ۰/۰٦۷X
شی پایه بله زار	خطی	۰/٦۹٦	۰/۸۲۸	Y = ۵/۱۱۷+ ۰/۰۵٦X
شی پایه انار	خطی	۰/٦۸٦	۰/۸۲٦	Y = ٤/۱۱۲+ ۰/۰٦۹X



شکل ۹ الف: ارزیابی صحت سطح تاج پوشش به مترمربع در طبقه‌بندی بردار پشتیبان در تصاویر ماهواره‌ایی wv-2 و ارتفاع درختان به متر. جنگل‌های روستای بله‌زار و انار به ترتیب از راست.

Figure 9a: Assessing the accuracy of the crown cover in SVM classification in WV-2 images and the height of the trees in the forests of the villages of Balehazar and AbeAnar. Respectively of right. To m^2



شکل ۹ ب: ارزیابی صحت سطح تاج پوشش به مترمربع در طبقه‌بندی شی پایه در تصاویر ماهواره‌ایی wv-2 و ارتفاع درختان به متر. جنگل-های روستای بله زار و انار به ترتیب از راست

Figure 9 b: Assessing the accuracy of the crown cover in Object-Based classification in WV-2 images with the height of the trees in the forests of the village of Balehzar and Anar

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

ارزیابی صحت

در جدول (۷ و ۸) نتایج منحنی ROC در هر دو سایت ارائه شده است. جدول (۷) الف، خلاصه نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌های منحنی ROC و مولفه‌های آن در طبقه‌بندی کاربری جنگل و سایر با طبقه‌بندی کننده‌های شی پایه و SVM در جنگل‌های روستای بله‌زار و انار، هفت برم شیراز، سایت یک و دو را نشان می‌دهد.

جدول ۷- نتایج ROC در روستای بله زار و انار

Table 7- Result of ROC in BalehZar and anar villages

	بله زار				انار			
شاخص‌ها	شی پایه، نزدیک‌ترین همسایه		SVM		شی پایه، نزدیک‌ترین همسایه		SVM	
	جنگل	سایر	جنگل	سایر	جنگل	سایر	جنگل	سایر
TP	٤٦٣٦	٧٦٥٤	٥٩٥٤	٦٢٥٢	٢٤٥٧	٥٥٤٣	٤٤٦٩	٣٢٩٨
FP	٨٣	٩٥	٢	٢٦٠	٦٠	١١	٢١	٢٨٣
FN	٩٥	٨٣	٢٦٠	٢	١١	٦٠	٢٨٣	٢١
TN	٧٦٥٤	٤٦٣٦	٦٢٥٢	٥٩٥٤	٥٥٤٣	٢٤٥٧	٣٢٩٨	٤٤٦٩
ویژگی	٠/٩٨٩	٠/٩٨٢	٠/٩٩٦	٠/٩٥٨	٠/٩٨٩	٠/٩٩٥	٠/٩٩٣	٠/٩٤٠
حساسیت	٠/٩٨٠	٠/٩٨٩	٠/٩٥٨	٠/٩٩٦	٠/٩٩٥	٠/٩٨٩	٠/٩٣٤	٠/٩٩٣
دقت	٠/٩٨٢	٠/٩٨٨	٠/٩٩٠	٠/٩٦٠	٠/٩٧٦	٠/٩٩٨	٠/٩٩٥	٠/٩٢١
صحت	٠/٩٨٦	٠/٩٨٦	٠/٩٧٩	٠/٩٧٩	٠/٩٩١	٠/٩٩١	٠/٩٦٢	٠/٩٦٢
سطح زیر منحنی	٠/٩٣١	٠/٨٤٦	٠/٨٩٣	٠/٨٣٨	٠/٩٨٧	٠/٩٣٩	٠/٩٣١	٠/٩١٢

جدول (۸)، خلاصه نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌های رایج در طبقه بندی‌کننده‌های شی پایه و SVM در جنگل‌های روستای بله‌زار و انار هفت برم شیراز، سایت یک و دو را نشان می‌دهد.

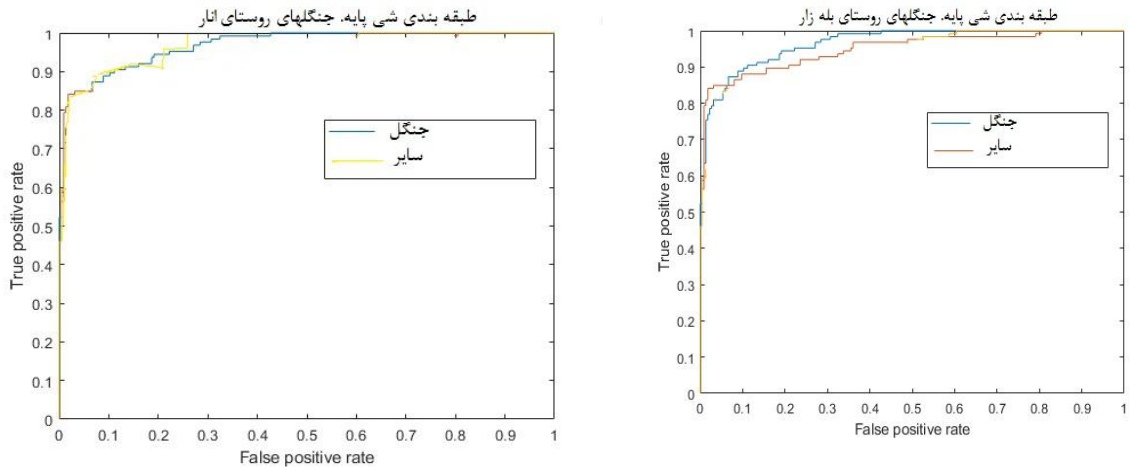
جدول ۸- صحت طبقه‌بندی در بله‌زار و انار

Table 8- Accuracy classification in BalehZar and Anar

	بله زار			انار		
شاخص	طبقات	شی پایه	SVM	طبقات	شی پایه	SVM
صحت تولیدکننده	جنگل	٠/٩٨٨	٠/٩٧٠	جنگل	٠/٩٨٩	٠/٩٩٤
	سایر	٠/٩٧٨	٠/٩٢٣	سایر	٠/٩٩٦	٠/٩٤٠
صحت کاربر	جنگل	٠/٩٨٧	٠/٩٢٦	جنگل	٠/٩٩٨	٠/٩٢١
	سایر	٠/٩٨١	٠/٩٦٩	سایر	٠/٩٧٦	٠/٩٩٥
ضریب کاپا		٠/٩٦٧	٠/٨٩٤		٠/٩٨١	٠/٩٢٣
صحت کلی (درصد)		٩٨/٥١٠	٩٦/٦٩٤		٩٩/١٤٦	٩٦/٢٣٣

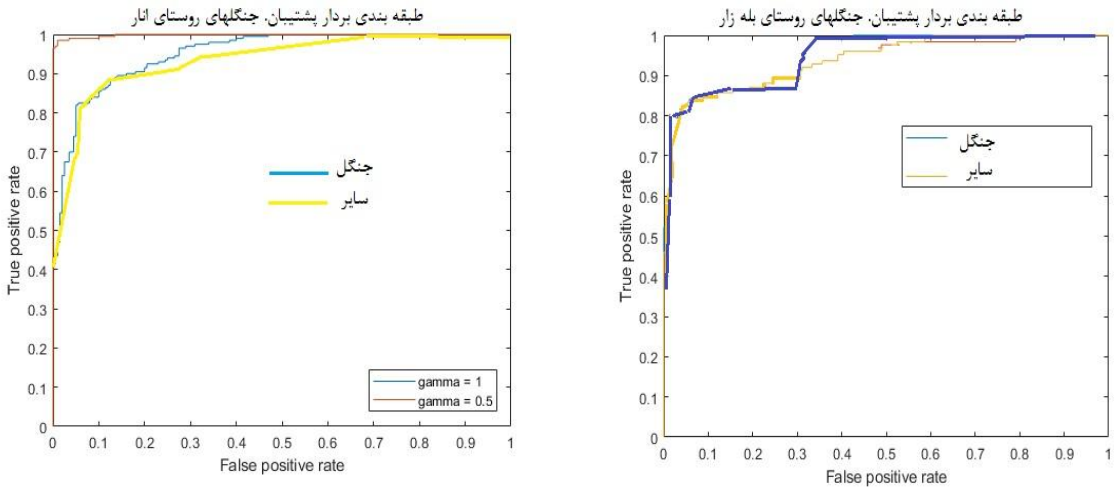
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

سپس منحنی ROC (Receiver Operating Characteristic) طبقه‌بندی‌ها رسم شد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ الف: منحنی ROC طبقه‌بندی شی پایه. جنگل‌های روستای بله‌زار و انار به‌ترتیب از راست

Fig 10 a: ROC curve of Object-based classification. BalehZar and Anar villages forest. Respectively of right



شکل ۱۰ب: منحنی ROC طبقه‌بندی بردار پشتیبان. جنگل‌های روستای بله زار و انار به ترتیب از راست.

Figure 10 b: ROC curve of SVM classification. BalehZar and Anar villages forest. Respectively of right.

این مطالعه یکی از اولین مطالعات در برآورد و استخراج پارامترهای تک درختان از تصاویر ماهواره‌ایی با قدرت تفکیک بالا می‌باشد. سطح بالایی از صحت در برآورد سطح تاج پوشش، قطر تاج پوشش و ارتفاع درختان با تصاویر ماهواره‌ایی به‌دست آمد. در روش شی پایه به منظور ارزیابی صحت طبقه‌بندی با استفاده از داده‌های طیفی، نمونه‌های تعلیمی به‌صورت TTA mask (Training & Test Area MASK) روی تصویر انجام شد و ضریب کاپای ۰/۹۷٤ (۰/۹٦۷ در روستای انار و ۰/۹۸۱ در روستای بله زار) و صحت کلی ۹۸/۸۲ درصد (۹۹/۱٤ درصد در روستای انار و ۹۸/۵۱ درصد در روستای بله زار) در ماتریس خطای طبقه‌بندی به‌دست آمد. در روش بردار پشتیبان ضریب

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

کاپای ۰/۹۰۸ (۰/۹۲۳ در روستای انار و ۰/۸۹٤ در روستای بله‌زار) و صحت کلی ۹٦/٤٦ درصد (۹٦/۲۳ درصد روستای انار و ۹٦/٦۹ درصد روستای بله زار) به‌دست آمد. همچنین ضریب کاپا برای روش شی پایه مقدار بالاتری را نسبت به روش SVM نشان می‌دهد. این موضوع نشان‌دهنده بالاتر بودن صحت طبقه‌بندی این دو روش است.پس روش شی پایه دارای صحت طبقه‌بندی بهتری نسبت به روش بردار پشتیبان در منطقه مطالعاتی می‌باشد. جدول (۹)، مقایسه صحت به‌دست آمده در استخراج تک درختان با روش‌های طبقه‌بندی شی پایه و بردار پشتیبان، میانگین در هر دو سایت با روش ماتریس پیچیدگی را نشان می‌دهد.

جدول ۹- مقایسه شی پایه و SVM در سایت‌ها با ماتریس پیچیدگی

Table 9- Compare of Object-Based and SVM classification in sites with matrix

روش طبقه‌بندی / میزان صحت	شی پایه Object-Based	بردار پشتیبان SVM
ضریب کاپا	۰/۹۷٤	۰/۹۰۸
صحت کلی (٪)	۹۸/۸۲	۹٦/٤٦

در مقایسه با روشAUC نیز روش شی پایه و روش بردار پشتیبان به‌ترتیب دارای بالاترین صحت طبقه‌بندی در هر دو منطقه مطالعاتی بودند (جدول ۱۰).

جدول۱۰- مقایسه شی پایه و SVM در سایت‌ها با AUC

Table 10- Compare of Object-Based and SVM classification in sites with AUC

روش طبقه‌بندی / میزان صحت	شی پایه Object-Based	بردار پشتیبانSVM
صحت کلی (٪)	۰/۹۸۸	۰/۹۷۰

در ارزیابی صحت تاج پوشش نیز روش شی پایه در هر دو سایت دارای بالاترین همبستگی ضریب تبین بود. پس از آن بردار پشتیبان قرار گرفتند (جدول ۱۱).

جدول ۱۱- ضریب همبستگی سطح تاج پوشش wv-2 با زمینی

Table 11- Correlation coefficient of canopy in wv-2 with the ground

نام	ضریب R^2	ضریب r	میانگین R^2
بردار پشتیبان بله زار	۰/۹٤۹	۰/۹۷٤	۰/۹٦۵
بردار پشتیبان انار	۰/۹۸۲	۰/۹۹۱	
شی پایه بله زار	۰/۹۵۳	۰/۹۷٦	۰/۹۷۵
شی پایه انار	۰/۹۹۸	۰/۹۹۹	

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

در ارزیابی صحت قطر متوسط تاج پوشش شی پایه دارای بالاترین ضریب همبستگی بود پس از آن بردار پشتیبان قرار گرفتند (جدول ۱۲).

جدول ۱۲- ضریب همبستگی قطر متوسط تاج پوشش wv-2 با زمینی

Table 12- Correlation coefficient of mean diameter of canopy in wv-2 with the ground

نام	R^2 ضریب	r ضریب	سطح معنی‌داری	میانگین R^2
بردار پشتیبان بله زار	۰/۸۸۳	۰/۹۳۹	۰/۰۰	۰/۹۰۰
بردار پشتیبان انار	۰/۹۱۵	۰/۹۱۲	۰/۰۰	
شی پایه بله زار	۰/۸۸۸	۰/۹٤۲	۰/۰۰	۰/۹۰۳
شی پایه انار	۰/۹۱۸	۰/۹۵۸	۰/۰۰	

ارزیابی صحت سطح تاج پوشش در تصاویر wv-2 با ارتفاع درختان در نیز شی پایه دارای بالاترین همبستگی به‌طور میانگین بود (جدول ۱۳).

جدول ۱۳- ضریب همبستگی سطح تاج پوشش در تصاویر wv-2 با ارتفاع درختان

Table 13- correlation coefficient of canopy in wv-2 with the trees height

نام	R^2 ضریب	r ضریب	میانگین R^2
بردار پشتیبان بله زار	۰/٦۹۵	۰/۸۲٤	۰/٦۷٦
بردار پشتیبان انار	۰/٦۵۷	۰/۸۱۱	
شی پایه بله زار	۰/٦۹٦	۰/۸۲۸	۰/٦۹۱
شی پایه انار	۰/٦۸٦	۰/۸۲٦	

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که از داده‌های WV-2 می‌توان برای پیش‌بینی پارامترهای درخت مانند سطح تاج پوشش، قطر برابر سینه، ارتفاع درخت، تعداد درخت و بیوماس در سطح جنگل‌های زاگرس ایران استفاده نمود. ارتفاع درختان می‌تواند به‌طور مستقیم از مدل سطح دیجیتال با تصاویر پرنده به‌دست آید. سطح تاج پوشش و قطر تاج پوشش دارای همبستگی R^2 بسیار بالایی با داده‌های زمینی هستند. ترکیب داده‌های پرنده با داده‌های ماهواره‌ایی WV-2 می‌تواند بسیار مفید برای تشریح تنوع زیستی و نظارت بر تغییرات در تنوع زیستی جنگل باشد.

OBIA به‌طور گسترده‌ای برای مطالعات سنجش از دور جنگل استفاده می‌شود(Chubey et al., 2006: 383-394; Desclee et al., 2008:1-11; Hay et al., 2005: 339-359; Wuder et al., 2008: 221-230). و در مطالعات درختان جنگلی بسیار موفق بوده است Zhang et al., 2016: 1-16; Myint et al., 2008: 188-208; Wang et al., 2004: 5655-5668). روش شئ پایه در استخراج تک درختان جنگل با استفاده از داده‌های طیفی از پتانسیل بیش‌تری در مقایسه با روش‌های پیکسل پایه برخوردار است. مزیت روش بردار پشتیبان به روش‌های حد آستان‌هایی در این است

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

که نیازی به دانستن خصوصیات فیزیکی ندارد و با داشتن داده‌های آموزشی زیاد و با کیفیت، نتیجه مطلوبی را به‌کاربر می‌دهد. در حالت طبقه‌بندی دوکلاسه، روش SVM، قابلیت خوبی برای شناسایی درختان دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از به‌کارگیری داده‌های طیفی تصویر ماهواره‌ایی WV-2 در برآورد سطح تاج پوشش مشخص شد که این داده‌ها قابلیت برآورد مشخصه‌های کمی سطح تاج پوشش جنگل‌های بلوط و استخراج تک درختان در منطقه مورد مطالعه را با دقت مناسب دارند. ارتباط خوبی بین قطر تاج درختان با اندازه‌گیری زمینی و اندازه‌گیری شده با وردویو ۲ وجود دارد که اشاره می‌کند که استخراج از داده‌های وروویو ۲ دارای صحت عالی هستند. به‌طوری که ضریب R برای قطر تاج درختان جنگل را به‌طور میانگین ۰/۸۵ به‌دست آمد؛ که با نتایج Shrestha and Wynne (2012: 484-508) منطبق است آنان نیز ضریب همبستگی ۰/۹ برای قطر تاج به‌دست آوردند. همان‌طور که Pande-Chhetri et al (2017: 564–576) در برآورد پوشش گیاهی تالاب با تصاویر WV-2 دریافتند که روش شی پایه بر روش پیکسل پایه برتری داشته در تحقیق کنونی نیز طبقه‌بندی شی پایه به‌صورت مشخصی از سایر طبقه‌بندی‌ها عملکرد بهتری دارد. همچنان که نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که طبقه‌بندی شی پایه، برتری عملکرد بارزی نسبت به SVM دارد. نتایج به‌دست آمده با نتایج Johansen et al (2018: Raczko & Zagajewski(2017: 144-154), ,Thanh Noi (2018:2-20) Shafri (2011: 64- Juniati and Arrofiqoh (2017: 765-771) 2-21), Pande-Chhetri et al (2017: 564-576), ,Qian et al (2015: Tooke et al (2009: 398–407) 70), Shao et al (2012:78-87), Amami et al (2012: 7-8), Niphadkar et al (2017: 892- Xu et al (2005: 322–336) ,Heumann et al (2011: 2440-2460) 153-168), ,(900 مطابق می‌باشد. همبستگی بسیار بالای بین برآورد تاج پوشش از تصاویر ماهواره‌ایی و زمینی نشان می‌دهد که می‌توانیم پارامتر تاج پوشش را از تصاویر برآورد نماییم. مقایسه بین میزان تاج پوشش برآوردی با تاج پوشش سطح زمین در دو روش نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری بین این دو مشخصه در دو روش استفاده شده در سطح اطمینان ۹۵ وجود ندارد.این نشان‌دهنده این موضوع است که مدل‌های ناپارامتریک استفاده شده در مطالعه تفاوت معنی‌داری با واقعیت زمینی ندارند.پژوهشگرانی مانند Sedliak et al (2017:1-9), Wen et al (2017: 1-12); Thanh Noi and Kappas (2018:2-20) صحت طبقه‌بندی با تصاویر WV-2 در استخراج تاج پوشش را بین ٦٠ تا ۹۵ درصد به‌دست آورده‌اند. با در نظرگرفتن مطالعات پژوهشگران دیگر در زمینه استخراج عارضه با استفاده از الگوریتم‌ها مشاهده می‌شود که پژوهش حاضر نسبت به مطالعات دیگر از دقت مطلوبی برخوردار است. مدل‌های پیش‌بینی از این مطالعه، اگرچه برای درختان در جنگل‌های زاگرس بررسی شده‌اند، اما می‌توانند برای سایر سطوح جنگلی نیز با اقلیم مشابه و ترکیب گون‌هایی مشابه به‌کار روند. این نوع پیش‌بینی با تصاویر پرنده به ارزیابی صحیح کیفیت ذخیره کربن درختان در سطح درختان منفرد کمک خواهد کرد. مطالعات بیش‌تر بایستی توسعه داده شوند که بتوانیم پارامترهای بیوفیزیکی مانند شاخص سطح برگ، حجم ساقه، غیره را پیش‌بینی کنیم. جداول مدیریتی برای برنامه‌ریزان جنگل‌ها مانند سطح فعالیت-های پرورشی جنگل، پتانسیل آسیب‌پذیری در بلایا و سن کلاس از درختان جنگل مفید است. قابلیت کاربردی بودن این مدل‌ها می‌تواند داده‌های نامناسب از سطوح جنگلی دیگر را بهبود دهد و اگر منطقه قابل دسترس نباشند با استفاده از این معادلات می‌توانیم درختان از سطوح جنگلی را بجای حضور در عرصه برآورد کنیم.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

References

- Adeline, K. R. M., Briottet, X., Paparoditis, N., Gastellu-Etchegorry, J. P., (2013), "Material reflectance retrieval in urban tree shadows with physics-based empirical atmospheric correction", ***IEEE Urban Remote Sensing Event***, 2013:21-23.
- Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., et al., (2010), "A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests", ***Forest Ecology and Management***, 259: 660-684.
- Amami, R., Ayed, D. Ben., Ellouze, N., (2012), "An Empirical compares on of SVM and some supervised learning algorithms for vowel recognition", ***International Journal of Intelligent Information Processing (IJIIP)***, 3:1-8.
- Benz, U. C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I., Heynen, M., (2004), "Multiresolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information", ***Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing***, 58: 239-258.
- Chabot, D., Dillon, C., Shemrock, A., Weissflog, N., Sager, P. S., (2018), "An object-based image analysisworkflow for monitoring shallow-water aquatic vegetation in multispectral drone imagery", ***Geo-Information***, 294: 1-15.
- Cho, M. A., Mathieu, R., Asner, G.P., Naidoo, L., Aardt, J. V., Ramoelo, A., Debba, P., Wessels, K., Main, R., Smit, I. P. J., Erasmus, B., (2012), "Mapping tree species composition in South African savannas using an integrated airborne spectral and LiDAR system", ***Remote Sens. Environ***, 125: 214-226.
- Chubey, M. S., Franklin, S. E., Wulder, M. A., (2006), "Object-based analysis of Ikonos-2 imagery for extraction of forest inventory parameters", ***Photogrammetric Engineering and Remote Sensing***, 72: 383-394.
- Clark, D. B., Castro, C. S., Alvarado, L. D. A., Read, J. M., (2004a), "Quantifying mortality of tropical rain forest trees using high spatial- resolution satellite data", ***Ecological Letters***, 7: 52-59.
- Clark, D. B., Read, J. M., Clark, M. L., Cruz A. M., Dotti, M. F., Clark, D. A., (2004b), "Application of 1-m and 4-m resolution satellite data to ecological studies of tropical rain forests", ***Ecological Applications***, 14: 61-74.
- Desclee, B., Bogaert, P., Defourny, P., (2006), "Forest change detection by statistical object-based method", ***Remote Sensing of Environment***, 102: 1-11.
- Dji., (2016), "***PHANTOM 4 User Manual***", Global drone publisher. Shenzhen, China.
- Drăguț, D., Tiede., L., Shaun, R., (2010), "ESP: A tool to estimate scale parameter for multiresolution image segmentation of remotely sensed data", ***International Journal of Geographical Information Science***, 6: 859-871.
- Erfanifard. S. Y., (2014), "Application of ROC curve to assess pixel-based classification methods on UltraCam-D aerial imagery to discriminate tree crowns in pure stands of Brant`s oak in Zagros forests", ***Iranian Journal of Forest and Poplar Research***, 22 (4): 649-663. [In Persian].
- Forzieri, G., Tanteri, L., Moser, G., Catani, F., (2013), "Mapping natural and urban environments using airborne multi-sensor ADS40–MIVIS–LiDAR synergies", ***Int. J. Appl. Earth ObsGeoinf***, 23: 313-323.
- Gong, P., Biging, G. S., Lee, S. M., Mei, X., Sheng, Y., Pu, R., Xu, B., Schwarz, K., Mostafa, M., (1999), Photo ecometrics for forest inventory, ***Geographic Information Science***, 5:9-14.
- Hao, P., Wang, L., Niu, Z., (2015), "Comparison of hybrid Classifiers for crop classification using normalized difference vegetation index time series: a case study for major crops in north

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

xinjiang, china", ***PLoS ONE***, 10 (9): 2-24.
Hao, Z., Heng-Jia, S., Bo-Chun, Y., (2011), "Application of hyper spectral remote sensing for urban forestry monitoring in natural disaster zones", ***IEEE International Conference on Computer and Management (CAMAN)***, 22: 1-4.
- Hay, G. J., Castilla, G., Wulder, M. A., Ruiz, J. R., (2005), "An automated object-based approach for the multiscale image segmentation of forest scenes", ***International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation***, 7: 339-359.
- Heumann, B. W., (2011), "Object-based classification of mangroves using a hybrid decision tree-support vector machine approach", ***Remote Sens***, 3: 2440-2460.
Immitzer, M., Atzberger, C., Koukal, T., (2012), "Tree species classification with random forest using very high spatial resolution 8-band WorldView-2 satellite data", ***Remote Sens***, 4: 2661-2693.
Johnson, B., & Xie, Z., (2013), "classifying a high resolution image of an urban area using super-object information", ***ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing***, 83: 40-49.
- Johansen, K., Raharjo, T., Matthew, F. M., (2018), "using multi-spectral UAV imagery to extract tree crop structural properties and assess pruning effects", ***Remote Sens***, 10: 2-21.
- Juniati, E., Arrofiqoh, E. N., (2017), "Comparison of pixel-based and object-based classification using parameters and non-parameters approach for the pattern consistency of multi scale land cover", ***ISPRS Remote Sens***, ISPRS Geospatial Week, Wuhan, China,12: 765-771.
- Karlson, M., Reese, H., Ostwald, M., "Tree crown mapping in managed woodlands (parklands) of semi-arid West Africa using WorldView-2 imagery and geographic object based image analysis, Sensors (Basel)", ***Sensors***, 14 (12): 22643-22669.
- Ke, Y., Quackenbush, L. J., (2007), "***Forest species classification and tree crown delineation using QuickBird imagery***", In Proceedings of the AS- PRS Annual Conference, May 7-11; Tampa (FL), American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, (edited) Bethesda, M.pp.7-11.
- Kelly, M., Shaari, D., Guo, Q. H., Liu, D. S., (2004), "A comparison of standard and hybrid classifier methods for mapping hardwood mortality in areas affected by sudden oak death", ***Photogrammetric Engineering & Remote Sensing***, 70: 1229-1239.
- Leckie, D. G., Yuan, X., Ostaff, D. P., Piene, H., Maclean, D. A., (1992), "Analysis of high spatial resolution multispectral MEIS imagery for spruce budworm damage assessment on a single tree basis", ***Remote Sensing of Environment***, 40: 125-136.
- Levesque, J., King, D. J., (1999), "Airborne digital camera image semivariance for evaluation of forest structural damage at an acid mine site", ***Remote Sensing of Environment***, 68: 112-124.
- Ma, q., Su, Y., Guo, Q., (2017), "comparison of canopy cover estimations from airborne LiDAR, aerial imagery, and satellite imagery", ***IEEE***, 10 (9): 4225-4236.
- Marshall, V., Lewis, M., Ostendorf, B., (2012), "Do additional bands (coastal, NIR-2, red-edge and yellow) in WorldView-2 multispectral imagery improve discrimination of an Invasive Tussock, Buffel Grass (Cenchrus Ciliaris), "***International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences***, 39: 277-281.
- Mora, B., Wulder, M. A., White, J. C., (2010), "Segment-constrained regression tree estimation of forest stand height from very high spatial resolution panchromatic imagery over a boreal environment", ***Remote Sensing of Environment***, 114 (11): 2474-2484.
- Myint, S. W., Giri, C. P., Le, W., Zhu, Z. L., Gillette, S. C., (2008), "Identifying mangrove

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

species and their surrounding land use and land cover classes using an object-oriented approach with a lacunarity spatial measure", ***Giscience & Remote Sensing***, 45: 188-208.
- Niphadkar, M., Nagendra, H., Tarantino, C., Adamo, M., Blonda, P., (2017), "comparing pixel and object-based approaches to map an understory invasive shrub in tropical mixed forests", ***Frontiers in Plant Science***, 8:1-18.
- Nouri, H., Beecham, S., Anderson, S., Nagler, P., (2014), "High spatial resolution WorldView-2 imagery for mapping NDVI and its relationship to temporal urban landscape evapotranspiration factors", ***Journal of Remote Sensing***, 6: 580-602.
- Pal, M., Mather P. M., (2003), "An assessment of the effectiveness of decision tree methods for land cover classification", ***Remote Sens***, 86: 554-565.
- Pande-Chhetri, R., Abd-Elrahman, A., Liu, T., Morton, J., Wilhelm V. L., (2017), "Object-based classification of wetland vegetation using very high-resolution unmanned air system imagery", ***European Journal of Remote Sensing***, 50 (1): 564-576.
- Phillips, O. L., Aragão, L. E. O. C., Lewis, S. L., Fisher, J. B., Lloyd, J., López-González, G., (2009), "Drought sensitivity of the Amazon rainforest", ***Science***, 323: 1344-1347.
Puissant, A., Rougier, S., Stumpf, A., (2014), "Object-oriented mapping of urban trees using Random Forest classifiers", ***International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation***, 26: 235-245.
- Pu, R., Landry, S., (2012), "A comparative analysis of high spatial resolution IKONOS and WorldView-2 imagery for mapping urban tree species", ***Remote Sensing of Environment***, 124: 516-533.
- Qian, Y., Zhou, W., Yan, J., Li, W., Han L., (2015), "Comparing machine learning classifiers for Object-Based land cover classification using very high resolution imagery", ***Remote Sens***, 7: 153-168.
- Raczko, E., Zagajewski, B., (2017), "Comparison of support vector machine, random forest and neural network classifiers for tree species classification on airborne hyperspectral APEX images", ***European Journal of Remote Sensing***, 50 (1): 144-154.
- Rapinal, S., Clement, B., Magnanon, S., Sellin, V., Hubert-Moy, L., (2014), "Identification and mapping of natural vegetation on a coastal site using a Worldview-2 satellite image", ***Journal of Environmental Management***, 144: 236-246.
- Sedliak, M., Sačkov, I., Kulla, L., (2017),"Classification of tree species composition using a combination of multispectral imagery and airborne laser scanning data", ***Central European Forestry Journal***, 63: 1-9.
- Shafri, H. Z. M., Ramle, F. S. H., (2009), "A comparison of support vector machine and decision tree classifications using satellite data of Langkawi Island", ***Information Technology Journal***, 8 (1): 64-70.
- Shao, Y., Lunetta, R. S., (2012), "Comparison of support vector machine, neural network, and CART algorithms for the land cover classification using MODIS time-series data", ***ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing***, 70: 78-87.
- Shafri, H. Z. M., Taherzadeh, E., Mansor, S., Ashurov, R., (2012), "Hyperspectral remote sensing of urban areas: an overview of techniques and applications", ***Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*** 4: 1557-1565.
- Shrestha, R., Wynne, R. H., (2012), "Estimating biophysical parameters of individual trees in an urban environment using small footprint discrete-return imaging Lidar", ***Remote Sens***, 4: 484-508.
- Thanh Noi, P., Kappas, M., (2018), "Comparison of random forest, k-nearest neighbor, and support vector Mmachine classifiers for land cover classification using Sentinel-2 imagery",

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

Sensors, 18: 1-20.
- Tooke, T. R., Coops, N. C., Goodwin, N. R., Voogt, J. A., (2009), "Extracting urban vegetation characteristics using spectral mixture analysis and decision tree classifications", ***Remote Sens***, 113: 398-407.
- van Mantgem, P. J., Stephenson, N. L., Byrne, J. C., Daniels, L. D., Franklin, J. F., Fulé, P. Z., et al., (2009), "Widespread increase of tree mortality rates in the western United States". ***Science***, 323: 521-524.
- Vapnik, V., Chervonenkis, A., (1971), "On the uniform convergence of relative frequencies of events to their probabilities", ***Theory Probab. Appl***, 16: 264-280.
- Wang, L., Sousa, W. P., Gong, P., (2004a), "Integration of object-based and pixel-based classification for mapping mangroves with IKONOS imagery", ***International Journal of Remote Sensing***, 25: 5655-5668.
- Wen, D., Huang, X., Liu, H., Liao, W., Zhang, L., (2017), "Semantic Classification of Urban Trees Using Very High Resolution Satellite Imagery", ***IEEE***, 10 (4): 1413-1424.
- Woodcock, C. E., Strahler, A. H., (1987), "The factor of scale in remote sensing", ***Remote Sensing of Environment***, 21: 311-332.
- White, J. C., Stepper, C., Tompalski, P, Coops N. C, Wulder M. A., (2018), "Comparing ALS and Image-Based Point Cloud Metrics and Modelled Forest Inventory Attributes in a Complex Coastal Forest Environment", ***Forests***; 6 (10): 3704-3732.
- Wulder, M. A, Robert, S. S., Caren, C. D., Kurz, A., Joanne, C. W, "Characterization of the diminishing accuracy in detecting forest insect damage over time", ***Remote Sensing***, 31 (6): 421-431.
- Wulder, M. A., White, J. C., Hay, G. J., Castilla, G., (2008), "Towards automated segmentation of forest inventory polygons on high spatial resolution satellite imagery", ***Forestry Chronicle***, 84: 221-230.
- Xu, M., Watanachaturaporn, P., Varshney, P. K., Arora, M. K., (2005), "Decision tree regression for soft classification of remote sensing data", ***Remote Sens***, 97: 322-336.
Yu, Q., Gong, P., Clinton, N., Biging, G., Kelly, M., Schirokauer, D., (2006), "Object-based detailed vegetation classification with airborne high spatial resolution remote sensing imagery", ***Photogrammetric Engineering and Remote Sensing***, 72: 799-811.
- Zhang, Z., Kazakova, A., Moskal, L., Monika, S., Diane. M., (2016), "object-based tree species cassification in urban ecosystems using LiDAR and hyperspectral data", ***Forests***, 7 (6): 2-16.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]