مقایسه روشهای ناپارامتری طبقهبندی بردار پشتیبان و درخت تصمیم در برآورد ویژگیهای کمی تک درختان بلوط ایرانی، تالاب هفت برم، روی تصاویر ماهوارهایی 2-WorldView

چکیدہ

یکی از متداول ترین کاربردهای جنگلداری، شناسایی درختان منفرد و ترکیب گونههای درختان با استفاده از تجزیهوتحلیل تصویر و طبقهبندی تصاویر ماهوارهای یا هوایی است. هدف از این مطالعه، ارزیابی روشهای طبقهبندی بردار پشتیبان (SVM) و درخت تصمیم (DT) در برآورد ویژگیهای کمی درختان بلوط در تصاویر WorldView-2 و تصاویر پهپادی (UAV) است. در این مطالعه، جنگل هفت برم شیراز، بهعنوان منطقه موردمطالعه بهمنظور بررسی یتانسیل تصاویر ماهوارهای WV-2 در سال ۱۳۹۴ موردبررسی قرار گرفت. برآورد پارامترهای جنگلی با تمرکز روی استخراج تکدرخت با استفاده از روشهای طبقهبندی SVM و DT با ارزیابی ماتریس پیچیده و سطح زیر منحنی (AUC) با کمک تصویر هوایی فانتوم ۴ لر دو منطقه مجزا مورد ارزیابی قرار گرفت. دادهها با استفاده از آزمونهای T مستقل، تحلیل (UAV) در دو منطقه مجزا مورد ارزیابی قرار \mathbb{T} رگرسیون چند متغیره، با استفاده از نرمافزار SPSS 2، Excel 2016، SPSS. eCognation,8.7 PCI Geomatica 16 ،ENVI,5 و BOOgle Earth 7.3 تحليل شد. طبقه بندى بردار پشتيبان، بالاترین و بهترین دقت را در برآورد پارامترهای تکدرخت داشت. روش طبقهبندی SVM، یک روش بسیار مفید برای شناسایی درختان بلوط در جنگلهای کوهستانی زاگرس میباشد. با استفاده از دادههای WV-2، پارامترهای درختان منفرد در جنگل میتوانند استخراج شوند. روش بردار پشتیبان بر روی تصاویر WV-2 با صحت كلىSVM ، ٩۶ درصد و ضريب كاپاي آن ٠/٩٧ نتايج قابل قبولي را به دست أورد. نتایج حاصل از تجزیهوتحلیل رگرسیونی نشان داد که استفاده از تصاویر ماهوارهای WV-2 (R²=0.98) برای برآورد تاج پوشش درختان مناسب است. درحالی که پهیاد، پتانسیل ارائه رامحل های قابل انعطاف و عملی برای نقشهبرداری جنگلها را دارد، برخی از مسائل مربوط به کیفیت تصویر هنوز هم برای بهبود عملکرد طبقهبندی باید موردتوجه قرار گیرند.

واژگان کلیدی: تالاب هفت برم، WorldView-2، جداسازی درختان منفرد، تاج پوشش، طبقهبندی کنندهها، بردار پشتیبان.

یوسف تقی ملایی^۱ عبدالعلی کرمشاهی^{۴۰} مهدی حیدری^۳ سیدیوسف عرفانی فرد[¢]

 ۲. دکتری جنگلداری، مدرس مرکز آموزش عالی اقلید، اقلید، ایران
۳ و ۳. دانشیار گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی
و منابع طبیعی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۴. دانشیار، بخش منابع طبیعی و محیط زیست،
دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

«مسئول مكاتبات: a.karamshahi@ilam.ac.ir

کد مقاله: ۱۳۹۹۰۳۰۶۵۱ تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۲۳ این مقاله پژوهشی و برگرفته از طرح پژوهشی است.

مقدمه

دادههای سنجش ازدور و دادههای مشتق شده، منابع دادههای مفیدی را برای تهیه نقشه از گونههای درختی فراهم میکنند (Fassnacht دادههای سنجش ازدور و دادههای مشتق شده، منابع دادههای مفیدی را برای تهیه نقشه از گونههای درختی فراهم میکنند (et al. 2016 et al. 2016). بسطور خاص، دادههای باقدرت تفکیک مکانی بالا با جزئیات ریز مکانی، بسیار مناسب برای شناسایی در سطح گونهها هستند (Ardila et al., 2011) و هوایی (Ardila et al., 2011) (Ardila et al., 2013; Xiao et al., 2004). بسیاری از مطالعات موجود از دادههای مختلف تصویر، مانند تصاویر چند طیفی ماهوارهای و هوایی (Ardila et al., 2011) (Lindry, 2012; Li et al., 2015) د سیاری از مطالعات موجود از دادههای مختلف تصویر، مانند تصاویر چند طیفی ماهوارهای و هوایی (Lindry, 2012; Li et al., 2014; Zhang et) (یسیار بالا (VHR)) و دادههای سهبعدی هوای (LiDAR د مختلف نور و متغیر) (VHR) و ماه (VHR) و دادههای سهبعدی هوای (VHR) (منابر و متغیر) و متغیر) و متغیر (VHR) و دادهای دادهای در تفکیک مکانی

al., 2012, 2016) و تصاویر ابر طیفی، WordView و 2-9 QuickBird ، IKONOS و 2-WordView و تصاویر ابر طیفی، در تمایز گونههای مختلف درخت استفادهشده است (Li et al., 2015:Immitzer et al., 2012). بااین حال، به دلیل شباهت طیفی گونههای درخت، اغلب از ویژگیهای اضافی، مانند ویژگیهای بافت و شکل که از تصاویر چند طیفی حاصل می شود (Li et al., 2015) و نوارهای لبه قرمز و شاخصهای پوشش گیاهی از تصاویر ابر طیفی استفادهشده است (Alonzo et al., 2013).

جداسازی درختان منفرد و استخراج اطلاعات ساختاری درخت مرتبط از دادههای سنجش ازدور، کاربرد بارزی در انواع فعالیتها دارد. برای مثال اطلاعات با جزئیات زیاد در سطح درختان منفرد میتواند برای نظارت زادآوری جنگل (Liu et al., 2019) کاهش کار میدانی موردنیاز Fassnacht et al., feng and Li, 2019) نقشه سازی گونهها (Feng and Li, 2019)، نقشه سازی گونهها (Stych et al., 2019)، فرداستفاده قرار گیرد (2019).

دادههای جنگل که از روشهای سنجش ازدور به دست می آید عمدتاً در سطح توده تمرکز می کنند (مانند بخشهای از جنگل که ازلحاظ اکولوژیکی همگن و بهویژه ازنظر مکانی بههم پیوسته می باشند) و دادههای در سطح پلات می باشند. هرچند متغیرهای سطح توده جنگل هم عمدتاً میانگین یا مجموعی از سری ترکیب درختان در توده می باشد. در محاسبه متغیرهای آماربرداری جنگل مانند حجم و بیوماس از توده در حال رشد، مدلهای در سطح درخت منفرد عمدتاً امروزه استفاده می شود (Qiu et al., 2020; Aubry-Kientz et al., 2019).

دادههای سنجش ازدور به ما اجازه میدهد که از سطح توده به سطح درختان منفرد کوچ کنیم که عمدتاً منافع مشخصی برای ما در جنگلداری دقیق، برنامهریزی مدیریت جنگل، ارزیابی بیوماس و مدلسازی رشد جنگل دارد (Weinstein *et al.*, 2019).

دلایل استخراج در سطح تکدرخت از تصاویر ماهوارهای باقدرت تفکیک بالا: ۱-اهمیت تکدرختان و نگهداری آنها؛ ۲-دشواری در دادهبرداری تکدرختان که در مناطق صعبالعبور قرار دارند؛ ۳-ضرورت دسترسی به روش سریع در برآورد ویژگیهای کمی؛ ۴-اهمیت سنجش ازدور در آمار برای تکدرختان میباشد (افزایش توان تفکیک مکانی قابلیت دادههای ماهوارهای را بهطور روزافزون، افزایش داده است). درزمینه ٔ برآورد ویژگی تکدرختان بر روی تصاویر (WorldView-2(WV-2 تاکنون تحقیقی انجامنشده است.

درزمینه ارزیابی الگوریتمهای طبقهبندی در استخراج درختان منفرد با تصاویر 2-WW، تاکنون تحقیقی در داخل صورت نگرفته است، ولیکن در سایر کشورها، تحقیقات گستردهای با تصاویر باقدرت تفکیک بالا صورت گرفته است. Stych و همکاران (۲۰۱۹) به مقایسه الگوریتم بردار پشتیبان و شبکه عصبی با تصاویر 2-WW و لندست ۸ پرداختند و نتیجه گیری نمودند که بردار پشتیبان، صحت بالاتری در شناسایی درختان جنگلی آسیبدیده از آفات دارد. Berhane و همکاران (۲۰۱۸) در ارزیابی روش پیکسل پایه و شی پایه در استخراج پوشش گیاهی تالاب در دارد. Berhane و همکاران (۲۰۱۸) با تهیه نقشه و آماربرداری درختان اطراف تالاب در سیبری روسیه با سه روش طبقهبندی درخت تصمیم، دارد. Berhane و همکاران (۲۰۱۸) با تهیه نقشه و آماربرداری درختان اطراف تالاب در سیبری روسیه با سه روش طبقهبندی درخت تصمیم، دارد. Berhane و همکاران (۲۰۱۸) با تهیه نقشه و آماربرداری درختان اطراف تالاب در سیبری روسیه با سه روش طبقهبندی درخت تصمیم، دارد. Berhane و همکاران (۲۰۱۸) با تهیه نقشه و آماربرداری درختان اطراف تالاب در سیبری روسیه با سه روش طبقهبندی درخت تصمیم، داشت. Berhane و همکاران (۲۰۱۸) با تهیه نقشه و آماربرداری درختان اطراف تالاب در سیبری روسیه با سه روش طبقهبندی درخت تصمیم، پشتیبان در جنگل تصادفی بر روی تصاویر 2-WW پرداختند. طبقهبندی کننده جنگل تصادفی، موفقیت بالاتری در استخراج درختان منفرد تالاب پشتیبان در جنگل های پارک میسوری آمریکا پرداختند. نتایج نشان داد که شبکه عصبی با صحت ۲/۸ درصد، بردار پشتیبان با صحت ۲/۲۸ پشتیبان در جنگلهای پارک میسوری آمریکا پرداختند. روش پیکسل پایه بر روی تصاویر باقدرت تفکیک بالای 2-WW برای آماربرداری درصد و جنگل تصادفی با صحت ۲/۸۴ درصد به ترتیب صحت بالاتری در استخراج درختان منفرد نشان دادند. Braga و همکاران (۲۰۰۰) از تصاویر 2-WW برای استخراج تاج پوشش درختان پرداختند. روش پیکسل پایه بر روی تصاویر باقدرت تفکیک بالای 2-WW برداری جنگلهای تروپیکال با تنوع بالا، مناسب است. Bord و همکاران (۲۰۰۰) در ارزیابی دقت استخراج اطلاعات درختان منفرد با تصاویر باقدر تفکیک بالای لای نمودند که صحت کشف درختان بالا است (تقریباً ۹۹ درصد نرخ کشف) که در شناسایی درختان خبگلی استفاده مساحت و قطر بر روی تصاویر هوایی، با صحت کشف درخان بالا است (تقریباً ۹۹ درصد نرخ کشف) که در شناسایی درختان جنگلی استفاد استفاده شده است. طبقه بندی بردار پشتیبان (Support vector machines - SVM): مفهوم بردار پشتیبان (SVM) اولین بار توسط محققی روسی به نام Vapnik در سال ۱۹۹۵ میلادی مطرح شد (Vapnik, 2013). ویژگی طبقه بندی آن طراحی دسته بندی کننده ها با حداکثر تعمیم است (Burges, 1998). ماشین بردار یک سیستم یادگیری است که بر اساس تئوری بهینه سازی با استفاده از اصل کمینه سازی خطای ساختاری به یک جواب بهینه می رسد. مدل رگرسیون بردار پشتیبان، تابعی است که با متغیر وابسته Y، متغیر مستق X که خود چند متغیر است را برآورد می کند (Gunn, 1998). در عمده مطالعات از توابع کرنل پایه شعاعی (RBF) آن استفاده می شود. ماشین بردار، یک طبقه بندی کننده دودویی است (Steinwart and Christmann, 2008).

طبقهبندی درخت تصمیم (Decision Tree-DT)؛ اولین بار مدل درختی برای ایجاد رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته ارائه شد (Quinlan, 1992). (Quinlan, 1992). روش درخت تصمیم در مطالعات قبلی برای استخراج جنگل به کاررفته است (Quinlan, 2008)؛ (Heumann, 2011؛ Liu *et al.*, 2008). درخت تصمیم یک فرآیند طبقهبندی است که به طور تکراری یک سری داده آموزشی را به زیر بخش های کوچک تر بر مبنای آزمایش ها به یک یا بیشتر از ارزش های عارضه تقسیم می کند (Zong *et al.*, 2007؛ Tooke *et al.*, 2008). درخت تصمیم به بیشتر طبقهبندی ها مانند حداکثر شباهت (MLC) هیچ شباهتی ندارد، زیرا وابسته به فرض خاصی بر روی توزیع متغیرها نیست یا متغیرها از یکدیگر مستقل هستند (Quinlan, 1993 Quinlan, 1993; Friedl and Brodley, 1997; Pal را با حروی توزیع متغیرها نیست یا متغیرها از یکدیگر مستقل هستند (ENVI/IDL) شکلهای مختلفی نیز دارند، ولیکن همبستگی بالایی با یکدیگر دارند (GIS را با طبقهبندی ادغام کنیم که اغلب پراکنش دادهها گسترده است و Liu *et al.*, 2008; Quinlan, 1993). درخت تصمیم داست که می توانیم دادههای CIS را با طبقهبندی ادغام کنیم که اغلب پراکنش دادهها گسترده است و (Xu *et al.*, 2008; Quinlan, 1986). درخت تصمیم داست خاص می دهد (زاده های سنجش). درخت تصمیم در کنت تصمیم در دان داده داده دادهای کار با داده می مختلفی نیز دارند، ولیکن همبستگی بالایی با یکدیگر دارند (Liu *et al.*, 2008; Quinlan, 1986). درخت تصمیم در داده داده داده داده داده داست و شکل های مختلفی نیز دارند، ولیکن همبستگی بالایی با یکدیگر دارند (Jensen, 2005; Liu *et al.*, 2008). درخت تصمیم در Liu *et al.*, 2008; Quinlan, 1986). درخت تصمیم در داده داده داده می مختلفی نیز دارند، ولیکن همبستگی بالایی با یکدیگر دارند (Liu *et al.*, 2008; Quinlan, 1986). درخت تصمیم در Liu *et al.*, 2008; Quinlan, 1986). درخت تصمیم در داده داده داده داده می درد (زاده ولی می می دود (زاده ولیکن همبستگی بالایی با یکدیگر دارند (زاده ولی می می دود (زاده (زاده ولی می داده ولی). درخت میمیم در Liu *et al.*, 2008; Quinlan, 1986).

با راهاندازی ماهواره 2-WV از راه دور باقدرت تفکیک بالا، دادههای حساس با هشت باند طیفی از آبی تا قسمتهای مادون قرمز نزدیک طیف الکترومغناطیسی در دسترس کاربران قرار گرفت. این ماهواره شامل باندهای اضافی، آبی ساحلی (۴۰۰–۴۵۰ نانومتر)، زرد (۵۸۵–۶۲۵ نانومتر)، قرمز لبه (۲۰۵–۷۴۵ نانومتر) و مادون قرمز نزدیک ۲ (۸۶۰–۱۰۴۰ نانومتر) میباشد که میتواند بیش از ۳۰ درصد صحت طبقهبندی را افزایش دهد. تصاویر ۸ باندی سنسور جدید 2-WV که اخیراً راهاندازی شده است، یک تصویر مقرون به صرفه میباشد. ترکیب طیفی ۸ باند و یک قدرت تفکیک بسیار بالا با وضوح ۱۵/۰ متر را برای اولین بار ایجاد نموده است که فرصتهای جدیدی را برای برنامههای کاربردی طبقهبندی پوشش اراضی جنگلی ارائه داده است.

در مطالعات پیشین ارزیابی صحت برآورد مساحت تاج با استفاده از دادههای میدانی انجام میشود که در آنها عمدتاً شکل تاج درختان بهصورت دایرهایی در نظر گرفتهشده و مساحت تاج از میانگین قطر به دست میآید. درصورتیکه درختان با توجه به شرایط رویشگاهی ممکن است از تاجهای با شکلهای غیر هندسی برخوردار باشند؛ بنابراین ضروری به نظر میرسد که ارزیابی صحت مساحتهای تاج برآورد شده در دادههای ماهوارهای با استفاده از دادههای قابل اطمینان تر مانند تصاویر هوایی UAV انجام شود. درزمینه ٔ بررسی کارایی طبقهبندی شی پایه که طبقهبندی بسیار مطلوب کاربران است مطالعه کمی صورت گرفته است.

هدف از این مطالعه، بررسی پتانسیل تصاویر ماهوارهای WV-2 برای طبقهبندی پوشش گیاهی به دو روش بردار پشتیبان و درخت تصمیم در جنگلهای تالاب هفت برم شیراز است.

مواد و روشها

مجموعه دریاچههای هفت برم در موقعیت عرض جغرافیایی ۲۱ ^{۹۹°}۴۹^۷ شمالی و طول جغرافیایی ۲۷'۵۲[°]۰۲^۵ شرقی در استان فارس واقع است. این دریاچهها در ۵۵ کیلومتری غرب شیراز و شمال شرقی منطقه حفاظتشده ارژن و پریشان واقع شدهاند و ۲۱۵۰ متر از سطح دریا ارتفاع و ۱۰۱۰ میلی متر بارندگی دارند. این مطالعه در دو سایت مختلف در منطقه هفت برم شیراز اجرا شد؛ که مساحت سایت اول روستای بله زار ۱۰۶ هکتار و سایت دوم روستای آب انار ۱۵۰ هکتار می باشد (شکل ۱).



شکل ۱: منطقه موردمطالعه. تالاب هفت برم (سال بررسی ۱۳۹٤).

دادههایی که در این تحقیق مورداستفاده قرار گرفتند شامل تصویر ماهواره 2-WW مربوط به تاریخ ۲۱ خرداد ۱۳۹۴ باقدرت تفکیک ۱/۸ متر و باندهای پانکروماتیک (قدرت تفکیک مکانی ۵/۰ متر) و تصاویر هوایی UAV باقدرت تفکیک ۳ سانتیمتر، نقشههای توپوگرافی سازمان نقشه برداری با مقیاس ۲۰۵۰۰ و نقاطی که توسط GPS سه فرکانسه از منطقه برداشت شده است. تصاویر Worldview 2 با استفاده از نه تقاط برداشتی با GPS سه فرکانسه مدل GS15 به روش آرتیکی و استاتیک زمین مرجع شد و سیستم تصویر MTV در نظر گرفته شد. سپس تصاویر ادغام شده باقدرت تفکیک ۵/۰ متر با ترکیب چهار باند چند طیفی و پانکروماتیک (Pansharpenning) ایجاد گردید. جهت برداشت تصاویر ادغام شده باقدرت تفکیک ۵/۰ متر با ترکیب چهار باند چند طیفی و پانکروماتیک (Pansharpenning) ایجاد گردید. جهت برداشت پیرامون درختان با توجه به انبوه بودن جنگل منطقه، اقدام به تهیه تصاویر پهپادی از فانتوم ۴ پرو گرفته شد. فانتوم ۴ پرو به یک دوربین یک اینچی CMOS مجهز شده است که میتواند باکیفیت ۲۰ مگاپیکسل تصویربرداری کند. داینامیک رنج این دوربین ۱۰/۴ میباشد (Phantom, اینچی CMOS). محهز شده است که میتواند باکیفیت ۲۰ مگاپیکسل تصویربرداری کند. داینامیک رنج این دوربین ۲۰ میباشد (Control Points). محل پلاتها با (GCPS) برداشت گردید. برای اجرای دقیق ژئورفرنس نمودن، ۵۰۰ نقطه کنترل زمینی ((GCPs) سه پرواز در تاریخ ۲۲ و ۲۳ آبان ۱۳۹۶ برداشت گردید. برای اجرای دقیق ژئورفرنس نمودن، ۵۰ نقطه کنترل زمینی ((GCPs) کسه پرواز در تاریخ ۲۱ و ۲۳ آبان Leica GPS برداشت گردید. برای اجرای دقیق ژئورفرنس نمودن، ۵۰ نقطه کنترل زمینی ((Cortrol Points مینور این مینی با Control Points برداشت گردید. نقاط کنترل زمینی با نوارهای آبیرنگ ۵۰×۵۰ سانتیمتر ارتفاعی) در سیستم مختصات نقاط کنترل زمینی با Control GPS یاده دروش استاتیک و آرتیکی (۱ سانتیمتر مسطحاتی و ۱۵ سانتیمتر ارتفاعی) در سیستم مختصات کنترل زمینی با CTM برداشت گردید (شاستاتیک و آرتیکی (۱ سانتیمتر مسطحاتی و ۱۵ سانتیمتر ارتفاعی) در سیستم مختصات نقاط



شکل ۲: نمایی شماتیک از مراحل بررسی الگوریتمها در استخراج قطر و تاج درختان (سال بررسی ۱۳۹٤).

با توجه به طبیعت منحصربهفرد درختان بلوط در جنگلهای زاگرس، بخشبندی آنها بر مبنای کاربرد ارزشهای آستانهایی از انعکاسهای طیفی، دانش بصری از دادهها و کاربر از منطقه مطالعاتی صورت گرفت. با استفاده از میانگین طیفی عارضه و تعیین آستانه مناسب در باند ۳ و ۴ و مادونقرمز نزدیک و شاخص نسبت باندی، کلاسه هدف پوشش گیاهی (رابطه ۱)، جداسازی عارضه جنگل صورت گرفت. رابطه ۱: رابطه ۱:

پس از انتخاب دادههای آموزشی، آنها به صورت یک لایه موضوعی، لایه TTA ماسک (Thematic training mask) در نرمافزار ذخیره شد تا در طی فرآیند از آنها استفاده شود و برای روشهای مختلف طبقه بندی از دادههای آموزشی یکسان استفاده شد. طبقه بندی به سه روش انجام شد. پس از استخراج عارضه جنگل به سه روش موردنظر، نتایج حاصل، دقت سنجی 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. 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 (موش AUC (مویژگی-۱۰) (ماطه ۲۵) است به ازای هر مقدار از آستانه طبقه موردنظر محاسبه گردد. (رابطه ۲) و محور Y که حاوی «حساسیت» (رابطه ۳) است به ازای هر مقدار از آستانه طبقه موردنظر محاسبه گردد.

برای بررسی میزان تطابق مکانی طبقه شناسایی شده روی تصویر هوایی و واقعیت زمینی از «دقت» (رابطه ۴) و برای ارزیابی درستی تخصیص یک سلول به طبقه موردنظر از معیار «صحت» (رابطه ۵) استفاده شد. در رابطه ۵، n، تعداد کل سلول های طبقه بندی شده است (Erfanifard,) 2014).

روش نمونهبرداری ویژگیهای کمی و کیفی جنگل، روش منظم سیستماتیک استفاده شد که شبکهایی مستطیل شکل به ابعاد ۲۰۰×۲۰۰ متر در تصویر منطقه پیاده شد و قطعات نمونهای مستطیل شکل به ابعاد ۴۰× ۴۰ متر در منطقه پیاده شد که جمعاً ۶۳ قطعهنمونه (۳۶ قطعه روستای آبانار و ۲۷ قطعه روستای بلهزار) در هر دو سایت برداشت شد و در هر قطعهنمونه ویژگیهای پوشش گیاهی مدنظر شامل قطر بزرگ و کوچک همه درختان، قطر برابرسینه (diameter at breast height(DBH) وضعیت تاج پوشش درخت، سلامتی درخت ثبت گردید.

برآورد مساحت تاج پوشش درختان جنگلهای بلهزار روی تصاویر 2-WW و UAV: نمونهبرداری با شبکه آماری ۲۰۰ ×۲۰۰ مترمربعی روی سطح زمین و تصاویر ماهوارهای 2-WW انجام گرفت که ۲۷ پلات ۱۶۰۰ مترمربعی (۴۰×۴۰ متر) در سایت یک، روستای بلهزار و ۳۳ پلات در سایت دو، روستای انار برداشت گردید. در هر قطعهنمونه، قطر بزرگ و کوچک، قطر برابرسینه و سپس مساحت تاج پوشش (رابطه ۵) 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 ماهوارهای 2-WV در جدول ۱ ارائهشده است. در هر قطعهنمونه بر اساس رابطه ۶۰ مساحت تاج پوشش محاسبه گردید. سپس با انتقال مساحتهای تاج پوشش بهدستآمده به محیط SPSS نسخه بیست و پنجم، تجزیهوتحلیل انجام شد (جدول ۱). رابطه ۶۰

نتايج

در شکل ۳ نتایج حاصل از دو نوع طبقهبندی ماشین بردار پشتیبان و درخت تصمیم نشان دادهشده است. همان طور که مشاهده میگردد کیفیت طبقهبندیها تقریباً 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 ۳: نقشه عارضه جنگل با طبقهبندی بردار پشتیبان و درخت تصمیم به ترتیب از سمت راست جنگلهای روستای بلهزار (سایت ۱)، جنگلهای روستای انار (سایت ۲) (سال بررسی ۱۳۹٤).

ابتدا نرمال بودن توزیع دادمها با آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی شد. نتیجه آزمون نشان داد که همه دادمها پراکنش نرمال دارند و در سطح ۹۹ درصد معنیدار هستند. برای مقایسه مساحت تاج پوشش بهدست آمده از آماربرداری تصویر ماهوارهای 2-WW و تصادفی زمینی از آزمون T غیرمستقل در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. نتیجه آمون T جفتی بین دادمهای به دست آمده از اندازه گیری در عرصه جنگل و تصویر نشان داد که اختلاف معنیداری بین اندازه گیری مساحت تاج پوشش در دو روش در سطح معنیداری ۹۵ درصد و جود ندارد (, 99=91 Tacویر نشان داد که اختلاف معنیداری بین اندازه گیری مساحت تاج پوشش در دو روش در سطح معنیداری ۹۵ درصد و جود ندارد (, 1999 Tacویر نشان داد که اختلاف معنیداری بین اندازه گیری مساحت تاج پوشش در دو روش در سطح معنیداری ۹۵ درصد و جود ندارد (T=1.984 Tacویر نشان داد که اختلاف معنیداری بین اندازه گیری مساحت تاج پوشش در دو روش در سطح معنیداری ۹۵ درصد و جود ندارد (T=1.984 Taceیاً بالایی ۹۵/۰ (۵۹ درصد = 22) نشاندهنده این است که می توان مساحت تاج پوشش درختان را با دقت بالا از تصاویر ماهوارهای VV-2 به دست آورد (جدول ۱ و ۲ مدل آماری). در جدول ۲ مدل آماری، مساحت تاج پوشش درروی زمین به عنوان متغیر وابسته و مساحت تاج پوشش درروی تصاویر ماهوارهای به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس و آزمون ضرایب نشان می دهد که از تصاویر ماهوارهای 2-WW می توان مرای برآورد سطح تاج پوشش استفاده نمود. ابر نقاط در نمودار شکل ۴ رسم شده است. در محور X، سطح تصاویر ماهواره ای 2.

درخت تصمیم تصاویر ماهوارهای 2-WV	بردار پشتیبان تصاویر ماهواردای 2-WV	روش أماربرداری UAV	متغیر تاج پوشش در آماربرداری جنگلهای بلهزار
)	١	١	تعداد نمونه
<i>۶۶</i> ,۹۲	88,51	۶۸,۴۸	میانگین (مترمربع)
4.,98	۴۰,۳۶	41,57	انحراف معيار (مترمربع)
4,09	4,07	4,18	خطای معیار (مترمربع)

جدول ۱ (الف): مشخصات آماری سطح تاج پوشش درختان جنگلهای بلهزار (سال بررسی ۱۳۹٤).

جدول ۱ (ب): مشخصات آماری سطح تاج پوشش درختان جنگلهای انار (سال بررسی ۱۳۹٤).

درخت تصمیم. تصاویر ماهوارهای 2-WV	بردار پشتیبان. درخت تصمیم. تصاویر ماهواردای 2-WV تصاویر ماهواردای 2-		متغیر تاج پوشش در آماربرداری جنگلهای انار
))		تعداد نمونه
44,77	۴۸,۶	44,57	میانگین (مترمربع)
۳۰,۱۱	۳۴,۵۹	۲۸,۹	انحراف معيار (مترمربع)
۳,۰۱	7,49	۲٫۸۹	خطای معیار (مترمربع)

جدول ۲: مدل آماری سطح تاج پوشش تصاویر ماهوارهای 2-WV و UAV جنگلهای روستای بلهزار و انار

(سال بررسی ۱۳۹٤).

مدل آماری	ضريبR	ضريبR ²	مدل	نام
Y= -0.893 + 0.943X	•/٩٨٢	•/954	خطی	درخت تصميم بله زار
Y = 12.314 + 0.665X	٠/٧٩۵	•/۶۳۲	خطی	درخت تصميم انار
Y = 2.195 + 0.99X	٠/٩٧۴	٠/٩۴٩	خطی	بردار پشتیبان بله زار
Y = 2.534 + 0.952	٠/٩٩١	•/٩٨٢	خطى	بردار پشتیبان انار



شکل ٤ (الف): ارزیابی صحت سطح تاج پوشش در طبقهبندی بردار پشتیبان تصاویر ماهوارهای 2-WV و تصاویر UAV جنگلهای روستای بلهزار و انار (مترمربع) (سال بررسی ۱۳۹٤).

ارزیابی صحت قطر متوسط تاج پوشش در تصاویر ماهوارهای2-ww با روی زمین 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 ۹۹ درصد معنی دار هستند. برای مقایسه قطر متوسط تاج پوشش بهدست آمده از آماربرداری تصویر ماهوارهای 2-ww و تصادفی زمینی از آزمون T جفتی در سطح اطمینان ۵۹ درصد استفاده شد. نتیجه آزمون T جفتی بین دادههای بهدست آمده از اندازه گیری در عرصه جنگل و تصویر نشان داد که همه دادهها پراکنش نرمال دارند و در سطح ۹۹ درصد معنی دار هستند. برای مقایسه قطر متوسط تاج پوشش بهدست آمده از آماربرداری تصویر ماهوارهای 2-ww و تصادفی زمینی از آزمون T جفتی در سطح اطمینان ۵۹ درصد استفاده شد. نتیجه آزمون T جفتی بین دادههای بهدست آمده از اندازه گیری در عرصه جنگل و تصویر نشان داد که اختلاف معنی داری بین اندازه گیری مساحت تاج پوشش در دو روش در سطح معنی داری ۵۹ درصد وجود ندارد (, 99.Theta) داده که اختلاف معنی داری بین اندازه گیری مساحت تاج پوشش در دو روش در سطح معنی داری ۵۹ درصد وجود ندارد (, 199.Theta) داد که اختلاف معنی داری بین اندازه گیری مساحت تاج پوشش در دو روش در سطح معنی داری ۵۹ درصد وجود ندارد (, 198.Theta) داد که اختلاف معنی داری بین اندازه گیری مساحت تاج پوشش در دو روش در سطح معنی داری ۵۹ درصد وجود ندارد (, 198.Theta) در تایز رگرسیون نشان داد که تصاویر ماهوارهای با ضریب تریین تقریباً بالایی ۵۹/۰ (۵۹ درصد R2) نشان دهنده صحت مطلب است. نتایج آنالیز رگرسیون نشان داد که تصاویر ماهواره کی ۱۹/۰ (۵۹ درصد R2) نشان دهنده این است که می توان قطر متوسط تاج پوشش درختان را با دقت بالا از تصاویر ماهواره ای 2-۷W به دست آورد (جداول ۳ و ۴ مدل آماری).

جدول ۳ الف: مشخصات أماري قطر متوسط تاج پوشش درختان جنگلهاي بلهزار (سال بررسي ١٣٩٤).

خطای معیار (متر)	انحراف معيار	تعداد نمونهها	میانگین (متر)	
۰,۲۹۵۹۱	۲,۹۵۹۰۸	١	٩,١٢٧٩	قطر متوسط تاج پوشش روی زمین
• ,7776	7,77777	١	٩,٢۵٠۴	قطر متوسط تاج پوشش در بردار پشتیبان
•,7787•	7,78197	١	٨,٩۶۵۶	قطر متوسط تاج پوشش در درخت تصمیم

جدول ۳ ب: مشخصات آماری قطر متوسط تاج پوشش درختان جنگلهای انار (سال بررسی ۱۳۹٤).

خطای معیار	انحراف معيار	تعداد نمونهها	میانگین (متر)	
•,77747	7,77477	١	٧,٣٧٠٧	قطر متوسط تاج پوشش روی زمین
•,74701	7,44048	١	٧,۵٩٢٧	قطر متوسط تاج پوشش در بردار پشتیبان
•,74747	7,47474	١	٧,٢۵۵۵	قطر متوسط تاج پوشش در درخت تصمیم

جدول ٤: مدل آماری قطر متوسط تاج پوشش در تصاویر ماهوارهای 2-WV و روی زمین جنگلهای روستای بلهزار و انار (سال بررسی ١٣٩٤).

مدل أمارى	ضریبr	ضريبR ²	مدل	نام
Y = -0.035 + 0.991X	•/٩۶٣	•/٨٢٨	خطی	درخت تصميم بله زار
Y = 1.372 + 0.790X	•/እ۴۲	•/Y•A	خطی	درخت تصميم انار
Y = 0.169 + 0.999X	•/૧٣٩	•/٨٨٣	خطی	بردار پشتیبان بله زار
Y = 0.756 + 0.912X	•/٩١٢	٠/٩١۵	خطى	بردار پشتیبان انار



شکل ۵ (الف): ارزیابی صحت قطر متوسط تاج پوشش در طبقهبندی بردار پشتیبان تصاویر ماهوارهای 2-wv و روی زمین جنگلهای روستای بلهزار و انار (متر) (سال بررسی ۱۳۹٤).



زمین جنگلهای روستای بلهزار و انار (متر) (سال بررسی ۱۳۹٤).

ارزیابی صحت سطح تاج پوشش در تصاویر 2-WV با ارتفاع درختان در جنگلهای روستای بلهزار و انار: ابتدا نرمال بودن توزیع دادمها با آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی شد. نتیجه آزمون نشان داد که همه دادمها پراکنش نرمال دارند و در سطح ۹۹ درصد معنیدار هستند. نتایج آنالیز رگرسیون نشان داد که تصاویر ماهوارهای با ضریب تبیین خوبی ۰/۶۸ (۶۸ درصد =R2) نشاندهنده این است که میتوان ارتفاع را با دقت مناسبی از تصاویر ماهوارهای 2-WV به دست آورد (جدول ۵ مدل آماری و شکل ۶).

جدول ۵: مدل آماری سطح تاج پوشش در تصاویر 2-WV و ارتفاع درختان در جنگلهای روستای بلهزار و انار (سال دیدید 2004)

(1) برزشی ۲۷ (۱).									
 مدل آماری	ضریبr	ضريبR ²	مدل	نام					
 Y = 4.974 + 0.053X	•/ATV	•/٦٨٣	خطی	درخت تصميم بله زار					

Y = 4.347 + 0.063X	•/VV0	•/٦••	خطی	درخت تصميم انار
Y = 5.084 + 0.057X	•///٢٤	٠/٦٩٥	خطی	بردار پشتیبان بله زار
Y = 4.299 + 0.067X	•///1	•/٦٥٧	خطی	بردار پشتیبان انار



شکل ۲ (الف): ارزیابی صحت سطح تاج پوشش به مترمربع در طبقهبندی بردار پشتیبان در تصاویر ماهوارهای 2-wv و ارتفاع درختان جنگلهای روستای بلهزار و انار (متر) (سال بررسی ۱۳۹٤).



شکل ۲ (ب): ارزیابی صحت سطح تاج پوشش به مترمربع در طبقهبندی درخت تصمیم در تصاویر ماهوارهای -wv 2 و ارتفاع درختان جنگلهای روستای بلهزار و انار (متر) (سال بررسی ۱۳۹٤).

ارزیابی صحت: در جدول ۵ و ۶ نتایج منحنی ROC در هر دو سایت ارائه شده است. جدول ۶، خلاصه نتایج حاصل از محاسبه شاخصهای منحنیROC و مؤلفه های آن در طبقه بندی کاربری جنگل و سایر با طبقه بندی کننده های درخت تصمیم و SVM در جنگل های روستای بلهزار و انار، هفت برم شیراز، سایت یک و دو را نشان می دهد.

		بله	زار			اذ	ار	
شاخصها	Т	D	M	SV	Т	D	M	SV
	جنگل	ساير	جنگل	ساير	جنگل	ساير	جنگل	ساير
TP	۲۳۱۵	۴۳۵۸	۵۹۵۴	۶۲۵۲	۴۴۸۰	۳۲۸۹	4459	۳۲۹۸
FP	۴	۲۹۱	٢	78.	۳۰	777	71	۲۸۳
FN	۲۹۱	۴	78.	٢	777	٣٠	۲۸۳	71
TN	۴۳۵۸	۲۳۱۵	8222	۵۹۵۴	۳۲۸۹	447.	۳۲۹۸	4459
ویژگی	• ,٣٧٣	۰,۹۰۲	۰,۹۹۶	۸۵۸, ۰	٠,٩٩١	٩۴٣, ٠	•,٩٩٣	•,9۴•
حساسيت	۶۲۷,	۰,۹۹۲	۰,۹۵۸	۰,۹۹۶	•,947	٠,٩٩١	•,974	۰,۹۹۳
دقت	٠,٩٩١	۰,۸۴۶	٠,٩٩٠	٠,٩۶٠	۰,۹۹۳	•,974	۰,۹۹۵	•,971
صحت	•,9775	۰,۹۳۶	٠,٩٧٩	۰,۹۷۹	٠,٩۶١	٠,٩۶٠	•,987	•,987
طح زیر منحنی AUC	۰,۷۸۸	۰,۷۵۰	۰,۸۹۳	۸۳۸, ۰	۰٫۸۹۱	۰,۸۴۴	•,981	۰,۹۱۲

جدول **٦: نتایج ROC در روستای بله زار و انار (سال بررسی ۱۳۹٤).**

جدول ۷ خلاصه نتایج حاصل از محاسبه شاخصهای رایج در طبقهبندی کنندههای درخت تصمیم و SVM در جنگلهای روستای بلهزار و انار، هفت برم شیراز، سایت یک و دو را نشان میدهد.

ر	انا	زار	بله	ثا ذم	
SVM	DT	SVM	DT	طبقات	سحص
۰,۹۹۴	۴۹۷,۰	۰,۹۷۰	۰,۵۰۰	جنگل	مدين ترابع
٠,٩۴٠	۰,۸۹۲	۹۲۳,۰	۲۲۸, ۰	ساير	صحف توليد عشده
٠,٩٢١	•,974	۰,۹۲۶	۰,۸۴۶	جنگل	من کار
٠,٩٩۵	٩٩٣,٠	• ,٩۶٩	٠,٩٩٩	ساير	فللف فاربر
•,٩٢٣	۰,۴۹۵	۰,۸۹۴	•,۴٧٧		ضريب كاپا
95,777	<i>۶۶</i> ,۷۸۹	95,594	FF,7F+		صحت کلی (درصد)

جدول ۷: صحت طبقهبندی در بلهزار و انار (سال بررسی ۱۳۹٤).

سپس منحنی Receiver Operating Characteristic) ROC) طبقه بندی ها رسم شد (شکل ۷).





بحث و نتیجه گیری

این مطالعه یکی از اولین مطالعات در برآورد و استخراج پارامترهای تک درختان از تصاویر ماهوارهای باقدرت تفکیک بالا میباشد. سطح بالایی از صحت در برآورد سطح تاج پوشش، قطر تاج پوشش و ارتفاع درختان با تصاویر ماهوارهای به دست آمد. درروش درخت تصمیم، ضریب کاپای ۱۹۸۶ (۱۹۹۵ در مد رو ستای انار و ۱۹۷۶ در رو ستای انار و ۱۹۶۶ در صد (۲۹۵۹ در صد (۲۹۹۵ در مد رو ستای انار و ۱۹۶۶ در صد رو ستای انار و ۱۹۶۶ در صد رو ستای انار و ۱۹۶۶ در صد رو ستای انار و ۱۹۶۷ در رو ستای بلهزار) و صحت کلی ۱۹۵۲ در رو ستای انار و ۱۹۶۶ در صد رو ستای انار و ۱۹۶۷ در رو ستای بلهزار) و صحت کلی ۱۹۵۲ در صد (۲۹۳۵ در رو ستای انار و ۱۹۶۶ در صد رو ستای انار و ۱۹۶۷ در رو ستای بلهزار) و صحت کلی ۱۹۶۲ در رو ستای انار و ۱۹۶۴ در صد رو ستای بلهزار) و صحت کلی ۱۹۶۲ در مد (۲۹۳۵ در رو ستای بلهزار) و صحت کلی ۱۹۶۹ در صد (۲۳۳ میر ۱۹۶۹ در مد رو ستای بلهزار) و صحت کلی ۱۹۶۹ در صد (۲۳۳ می ۱۹۶۹ در مد رو ستای بلهزار) و صحت کلی ۹۹۶/۹۶ در صد (۲۳۳ می ۱۹۶۹ در صد رو ستای بلهزار) و صحت کلی ۱۹۶۹ در خت تصمیم گیری، دقت کلی و دقت تولید کننده درخت پایین تری در مقایسه با روش فوق نشان داد که نشان دهنده این است که پیکسلهای درختان بهخوبی شناسایی نشدهاند. همچنین ضریب درخت پایین تری در مقایسه با روش فوق نشان داد که نشان دهنده این است که پیکسلهای درختان بهخوبی شناسایی نشدهاند. همچنین ضریب درخت پایین تری در مقایسه با روش فوق نشان داد که نشان دهنده این است که پیکسلهای درختان بهخوبی شناسایی نشدهاند. همچنین ضریب درخت پایین تری در مقایسه با روش و ورش درخت تصمیم نشان می دهد. این موضوع نشان دهنده بالاتر بودن صحت طبقهبندی این دو روش است. پس روش بردار پشتیبان و روش درخت تصمیم به ترتیب دارای بالاترین صحت طبقهبندی در منطقه مطالعاتی بودند. جدول ۷ دو روش است. پس روش بردار پشتیبان و روش درخت تصمیم به ترتیب دارای بالاترین صحت طبقهبندی در منطقه مطالعاتی بودند. جدول ۷ دو روش است. پس روش بردار پشتیبان و روش درخت تصمیم به درخت تصمیم و بردار پشتیبان، میانگین در هر دو سایت با روش

ماتریس پیچیدگی را نشان میدهد. در مقایسه با روش AUC نیز روش بردار پشتیبان و روش درخت تصمیم به ترتیب دارای بالاترین صحت طبقهبندی در هر دو منطقه مطالعاتی بودند (جدول ۸).

AU	UC	بس		
بردار پشتيبان	درخت تصميم	بردار پشتيبان	درخت تصميم	روش طبقةبندي ميران صحف
•/٩٧•	•/٩۴٨	95/45	88/02	صحت کلی (درصد)
		٠/٩٠٨	•/۴٨۶	ضريب كاپا

جدول ۸: مقایسه DT و SVM در سایتها با ماتریس و AUC در بلهزار و انار (سال بررسی ۱۳۹٤).

در ارزیابی صحت تاج پوشش نیز روش بردار پشتیبان در هر دو سایت دارای بالاترین همبستگی ضریب تبین بود. پس از آن درخت تصمیم قرار گرفتند (جدول ۹). در ارزیابی صحت قطر متوسط تاج پوشش SVM دارای بالاترین ضریب همبستگی بود پس از آن درخت تصمیم قرار گرفتند (جدول ۹). ارزیابی صحت سطح تاج پوشش در تصاویر 2-wv با ارتفاع درختان در بردار دارای بالاترین همبستگی بهطور میانگین بود (جدول ۹).

جدول ۹: ضریب همبستگی سطح تاج پوشش 2-ww قطر متوسط تاج پوشش2-ww با زمینی و ضریب همبستگی سطح تاج پوشش در تصاویر 2-ww با ارتفاع درختان در بلهزار و انار (سال بررسی ۱۳۹٤).

بردار						درخت تصميم						
پوشش در w با ارتفاع تان	سطح تاج پوشش در تصاویر 2-wv با ارتفاع درختان		قطر متوسط سطح تاج پوشش پوشش 2-v دمینی		سطح تاج پوشش در سط تصاویر 2-ww با ارتفاع درختان		سط تاج wv-2 با سی	قطر متور پوشش زمین	وشش -wv مینی	سطح تاج پ 2 با ز		
انار	بله زار	انار	بله زار	انار	بله زار	انار	بله زار	انار	بله زار	انار	بله زار	
۰/۶۵V	٠/۶٩۵	٠/٩١۵	•/٨٨٣	•/٩٨٢	•/૧۴٩	•/۶••	•/۶٨٣	۰/۲۰۸	•/٨٢٨	•/۶۳۲	•/٩۶۴	ضريبR ²
۰/۸۱۱	•/826	•/٩١٢	٠/٩٣٩	•/૧૧١	•/٩٧۴	٠/٧٧۵	•/827	•/\4	•/٩۶٣	٠/٧٩۵	•/٩٨٢	ضریب r
• /\$	979	• / 4	٩٠٠	• /*	180	• /\$	541	• /	181	•/\	/٩٨	میانگین R

نتایج این پژوهش نشان میدهد که از دادههای 2-WV میتوان برای پیشبینی پارامترهای درخت مانند سطح تاج پوشش، قطر برابرسینه، 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 بهدستآمده آید. سطح تاج پوشش و قطر تاج پوشش دارای همبستگی R² بسیار بالایی با دادههای زمینی هستند. ترکیب دادههای پرنده با دادههای ماهوارهای 2-WV میتواند بسیار مفید برای تشریح تنوع زیستی و نظارت بر تغییرات در تنوع زیستی جنگل باشد.

روشهای طبقهبندی پیکسل پایه و شی پایه بهطور گستردهای برای مطالعات سنجشازدور جنگل استفاده می شود (Krzystek *et al.*,) روشهای طبقهبندی پیکسل پایه و شی پایه بهطور گستردهای برای مطالعات سنجشازدور جنگل استفاده می شود (2020; Takahashi *et al.*, 2020; Immitzer *et al.*, 2019; Bright *et al.*, 2020; Hirschmugl *et al.*, 2020

و در مطالعات درختان جنگلی بسیار موفق بوده است (Kokubu) و در مطالعات درختان جنگلی بسیار موفق بوده است (Kokubu) و در مطالعات درختان جنگلی بسیار موفق بوده است (et al., 2020; Qiu et al., 2020; Kokubu). روش بردار در استخراج تک درختان جنگل با استفاده از دادههای طیفی از پتانسیل بیشتری در مقایسه با روشهای درخت تصمیم برخوردار است. مزیّت روش بردار پشتیبان به روشهای حد آستانهای در این است که نیازی به دانستن خصوصیات فیزیکی ندارد و با داشتن دادههای آموزشی زیاد و باکیفیت، نتیجه مطلوبی را به کاربر می دهد. نتایج این تحقیق نشان می دهد که روش درخت تصمیم نیز نتایج مطلوبی را برای کاربر فراهم می نماید. در حالت طبقه بندی دو کلاسه، روش SVM، قابلیت خوبی برای شناسایی درختان دارد. با توجه به نتایج

بهدستآمده از بهکارگیری دادههای طیفی تصویر ماهوارهای WV-2 در برآورد سطح تاج پوشش مشخص شد که این دادهها قابلیت برآورد مشخصههای کمی سطح تاج پوشش جنگلهای بلوط و استخراج تکدرختان در منطقه موردمطالعه را با دقت مناسب دارند. ارتباط خوبی بین قطر تاج درختان با اندازهگیری زمینی و اندازهگیری شده با 2-WV وجود دارد که اشاره می کند که استخراج از دادههای ماهوارهای دارای صحت عالی هستند، بهطوری که ضریب R برای قطر تاج درختان جنگل را بهطور میانگین ۰/۸۵ به دست آمد؛ که با نتایج Shrestha و ۲۰۱۲)(۲۰۱۲) منطبق است آنان نیز ضریب همبستگی ۰/۹ برای قطر تاج به دست آوردند. همان طور که Pande-Chhetri و همکاران (۲۰۱۷) در برآورد یوشش گیاهی تالاب با تصاویر 2-WV 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 SVM برتری عملکرد بارزی نسبت به درخت تصميم دارد. نتايج بهدست آمده با نتايج Thanh Noi و Raczko (۲۰۱۸)، Raczko و ۲۰۱۷) Zagajewski و و همکاران (۲۰۱۷)، Pande-Chhetri و همکاران (۲۰۱۷)، Shafri و Arrofiqoh و Juniati (۲۰۱۷)، Shafri و ۲۰۰۹)، (۲۰۰۹) Poteau و همکاران (۲۰۱۱)، Shao و Amami و همکاران (۲۰۱۲)، Kim و همکاران (۲۰۱۲)، Prfanifard (۲۰۱۲)، Poteau Ghasemian و Akhondzadeh و Chenari و همکاران (۲۰۱۷) مطابق می باشد. همبستگی بسیار بالای بین برآورد تاج پوشش از تصاویر ماهوارهای و زمینی نشان میدهد که میتوان پارامتر تاج پوشش را از تصاویر برآورد نمود. مقایسه بین میزان تاج پوشش برآوردی با تاج پوشش سطح زمین در هر سه روش نشان میدهد که در سطح ۵ درصد معنیداری هیچ اختلافی بین دادههای زمینی و برآورد ماهوارهای وجود ندارد. این نشاندهنده این موضوع است که مدلهای ناپارامتریک استفادهشده در مطالعه تفاوت معنیداری با واقعیت زمینی ندارند. پژوهشگرانی مانند Thanh Noi و Wen (۲۰۱۸)، Kappas و همکاران (۲۰۱۷) و Sedliak و همکاران (۲۰۱۷) صحت طبقهبندی با تصاویر WV-2 در استخراج تاج پوشش را بین ۶۰ تا ۹۵ درصد به دست آوردهاند با در نظر گرفتن مطالعات پژوهشگران دیگر درزمینه ٔ استخراج عارضه با استفاده از الگوریتمها مشاهده می شود که پژوهش حاضر نسبت به مطالعات دیگر از دقت مطلوبی برخوردار است. درنتیجه می توان از تصاویر 2-WV به جای آماربرداری زمینی برای محاسبه مساحت تاج پوشش جنگلها استفاده کرد که با نتایج Ma و همکاران (۲۰۱۷) سازگار است. با توجه به ساده و کارآمد بودن روش DT که دقت قابل قبولی را از خود نشان داد، میتوان کاربرد این روش را نیز در مباحث مرتبط توصیه کرد. مدل های پیش بینی از این مطالعه، اگرچه برای درختان در جنگلهای زاگرس بررسی شدهاند، اما می توانند برای سایر سطوح جنگلی نیز با اقلیم مشابه و ترکیب گونهای مشابه به کار روند. این نوع پیش بینی 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 پیش بینی نمود. جداول مدیریتی برای برنامهریزان جنگلها مانند سطح فعالیتهای پرورشی جنگل، پتانسیل آسیبپذیری در بلایا و سن کلاس از درختان جنگل مفید است. قابلیت کاربردی بودن این مدل ها می تواند دادههای نامناسب از سطوح جنگلی دیگر را بهبود دهد و اگر منطقه قابل دسترس نباشند با استفاده از این معادلات می توان درختان از سطوح جنگلی را بهجای حضور در عرصه برآورد نمود.

منابع

Alonzo, M., Bookhagen, B. and Roberts, D. A., 2014. Urban tree species mapping using hyperspectral and lidar data fusion. Remote Sensing of Environment, 148: 70–83.

Alonzo, M., Roth, K. and Roberts, D., 2013. Identifying Santa Barbara's urban tree species from AVIRIS imagery using canonical discriminant analysis. Remote Sensing of Letters, 4: 513–521.

Amami, R., Ben Ayed, D. and Ellouze, N., 2012. An Empirical compares on of SVM and some supervised learning algorithms for vowel recognition. International Journal of Intelligent Information Processing (IJIIP), Vol 3.

Ardila, J.P., Tolpekin, V.A., Bijker, W. and Stein, A., 2011. Markov-random-field-based super-resolution mapping for identification of urban trees in VHR images. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 66: 762–775.

Aubry-Kientz, M., Dutrieux, R., Ferraz, A., Saatchi, S., Hamraz, H., Williams, J., Coomes, D., Piboule, A. and Vincent, G., 2019. A Comparative Assessment of the Performance of Individual Tree Crowns Delineation Algorithms from ALS Data in Tropical Forests. Remote Sensing, 11: 1086.

Boschetti, M., Boschetti, L., Oliveri, S., Casati, L. and Canova, I., 2007. Tree species mapping with airborne hyper-spectral MIVIS data: The Ticino Park study case. International Journal of Remote Sensing, 28: 1251–1261.

Braga, J. R., Peripato, V., Dalagnol, R., Ferreira, M. P., Tarabalka, Y., Aragão, L. E., de Campos Velho, H. F., Shiguemori, E. H. and Wagner, F. H., 2020. Tree Crown Delineation Algorithm Based on a Convolutional Neural Network. Remote Sensing, 12(8):1288.

Berhane, T. M., Lane, C. R., Wu, Q., Anenkhonov, O. A., Chepinoga, V. V, Autrey, B. C. and Liu H., 2018. Comparing pixel-and object-based approaches in effectively classifying wetland-dominated landscapes. Remote sensing, 10(1):46.

Berhane TM, Lane CR, Wu, Q, Autrey, B. C., Anenkhonov, O. A., Chepinoga, V. V. and Liu H., 2018. Decision-tree, rule-based, and random forest classification of high-resolution multispectral imagery for wetland mapping and inventory. Remote sensing, 10(4):580.

Bright, B. C., Hudak, A. T., Egan, J. M., Jorgensen, C. L., Rex, F. E., Hicke, J. A. and Meddens, A. J., 2020. Using Satellite Imagery to Evaluate Bark Beetle-Caused Tree Mortality Reported in Aerial Surveys in a Mixed Conifer Forest in Northern Idaho, USA. Forests, 11: 529.

Burges, C. J. C., 1998. A tutorial on support vector machines for pattern recognition. Data Mining and Knowledge Discovery, 2, 121-167.

Chenari, A., Erfanifard, S.Y., Dehghani, M. and Pourghasemi, H., 2017. Woodland mapping at single-tree levels using Object-Oriented classification of UAV images. The International Archives of the Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol XLII-4/W4.

Dong, X., Zhang, Z., Yu, R., Tian, Q., and Zhu, X., 2020. Extraction of information about individual trees from high-spatial-resolution UAV-acquired images of an orchard. Remote Sensing, 12(1): 133.

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, Vol. 22 No. 4. (In Persian).

Fassnacht, F. E., Latifi, H., Stereńczak, K., Modzelewska, A., Lefsky, M., Waser, L.T., Straub, C. and Ghosh, A., 2016. Review of studies on tree species classification from remotely sensed data. Remote Sensing of Environment, 186: 64–87.

Feng, X. and Li, P., 2019. A Tree Species Mapping Method from UAV Images over Urban Area Using Similarity in Tree-Crown Object Histograms. Remote Sensing, 11: 1982.

Friedl, M. A. and Brodley, C.E., 1997. Decision tree classification of land cover from remotely sensed data. Remote Sensing of Environment. 61: 399–409.

Ghasemian, N. and Akhondzadeh, M., 2016. Comparison of methods of artificial neural networks, support vector machine and decision tree to identify clouds in Landsat 8 satellite images. Geospatial Engineering Journal. 7 (4): 25-36. (In Persian).

Gunn, Steve, R., 1998. Support Vector Machines for Classification and Regression, Technical report, University of Southampton, May 1998.

Hartling, S., Sagan, V., Sidike, P., Maimaitijiang, M., and Carron, J., 2019. Urban tree species classification using a WorldView-2/3 and LiDAR data fusion approach and deep learning. Sensors, 19(6): 1284.

Heumann, B. W., 2011. Object-based classification of mangroves using a hybrid decision tree—support vector machine approach. Remote Sensing. 3: 2440–2460.

Hirschmugl, M., Deutscher, J., Sobe, C., Bouvet, A., Mermoz, S. and Schardt, M., 2020. Use of SAR and Optical Time Series for Tropical Forest Disturbance Mapping. Remote Sensing, 12: 727.

Immitzer, M., Atzberger, C. and Koukal, T., 2012. Tree Species Classification with Random Forest Using Very High Spatial Resolution 8-Band WorldView-2 Satellite Data. Remote Sensing, 4: 2661–2693.

Immitzer, M., Neuwirth, M., Böck, S., Brenner, H., Vuolo, F. and Atzberger, C., 2019. Optimal Input Features for Tree Species Classification in Central Europe Based on Multi-Temporal Sentinel-2 Data. Remote Sensing, 11: 2599.

Irulappa-Pillai-Vijayakumar, D. B., Renaud, J. P., Morneau, F., McRoberts, R. E. and Vega, C., 2019. Increasing Precision for French Forest Inventory Estimates using the k-NN Technique with Optical and Photogrammetric Data and Model-Assisted Estimators. Remote Sensing, 1: 991.

Jensen, J. R., 2005. Introductory digital image processing: a remote sensing perspective. third edition. Prentice Hall, Inc, NJ, USA.

Juniati, E. and Arrofiqoh, E. N., 2017. Comparison of Pixel-Based and Object-Based classification using parameters and non-parameters approach for the pattern consistency of multiscale land cover. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W7.

Kwak, D. A., Lee, W. K., Lee, J. H., Biging, G. S. and Gong, P., 2017. Detection of individual trees and estimation of tree height using lidar data. Journal of Forest Reserch, 12, 425–434.

Klim, J., Kim, B. S. and Savarese, S., 2012. Comparing image classification methods: K-nearest-neighbor and support-vector-machines. Applied Mathematics in Electrical and Computer Engineering, Harvard, Cambridge. USA.

Kokubu, Y., Hara, S. and Tani, A., 2020. Mapping Seasonal Tree Canopy Cover and Leaf Area Using Worldview-2/3 Satellite Imagery: A Megacity-Scale Case Study in Tokyo Urban Area. Remote Sensing, 12: 1505.

Krzystek, P., Serebryanyk, A., Schnörr, C., Červenka, J. and Heurich, M., 2020. Large-Scale Mapping of Tree Species and Dead Trees in Šumava National Park and Bavarian Forest National Park Using Lidar and Multispectral Imagery. Remote Sensing, 12:661.

Kuželka, K., Slavík, M. and Surový, P., 2020. Very High Density Point Clouds from UAV Laser Scanning for Automatic Tree Stem Detection and Direct Diameter Measurement. Remote Sensing, 12:1236.

Li, D., Ke, Y., Gong, H. and Li, X., 2015. Object-Based Urban Tree Species Classification Using Bi-Temporal WorldView-2 and WorldView-3 Images. Remote Sensing, 7: 16917–16937.

Liang, S., Liu, J. and Liang, M., 2004. Ecological study on the mangrove communities in Beilun Hekou national nature reserve. J. Guangxi Normal University. 22 (2): 70–76.

Liu, C. C., Chen, Y. H., Wu, M. H. M., Wei, C. and Ko, M. H., 2019. Assessment of forest restoration with multitemporal remote sensing imagery. Scientific Reports 9: 7279. https://doi.org/10.1038/s41598-019-43544-5

Liu, L., Coops, N. C., Aven, N. W. and Pang, Y., 2017. Mapping urban tree species using integrated airborne hyperspectral and LiDAR remote sensing data. Remote Sensing of Environment, 200: 170–182.

Ma, Q., Su, Y. and Guo, Q., 2017. Comparison of Canopy Cover Estimations from Airborne LiDAR, Aerial Imagery, and Satellite Imagery. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, DOI: 10.1109/JSTARS.2017.2711482.

Obata, S., Bettinger, P., Cieszewski, C. J., and Lowe, R. C., 2020. Mapping Forest Disturbances between 1987–2016 Using All Available Time Series Landsat TM/ETM+ Imagery: Developing a Reliable Methodology for Georgia, United States. Forests, 11: 335.

Okojie, J., 2017. Assessment of forest tree structural parameter extractability from optical imaging UAV dataset. Thesis msc University of Twente, Enschede, the Netherlands.

Pal, M. and Mather, P. M., 2003. An assessment of the effectiveness of decision tree methods for land cover classification. Remote Sensing of Environment. 86: 554–565.

Pande-Chhetri, R., Abd-Elrahman, A., Liu, T., Morton, J. and 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.

Phantom, D. J. I., 2018. Pro/pro+ User Manual. 66pp

Pu, R. and 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. and Han, L., 2015. Comparing machine learning classifiers for Object-Based land cover classification using very high resolution imagery. Remote Sensing, 7: 153-168.

Qiu, L., Jing, L., Hu, B., Li, H. and Tang, Y., 2020. A New Individual Tree Crown Delineation Method for High Resolution Multispectral Imagery. Remote Sensing, 12: 585.

Quinlan, J. R., 1986. Induction of decision trees. Mach. Learn, 1: 81–106.

Quinlan, J. R., 1992. Learning with continuous classes. In proceedings AI, 92 (Adams& Sterling, Eds), Singapore: World Scientific, PP. 343-348.

Quinlan, J. R., 1993. C4.5 Programs for Machine Learning. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., San Mateo, USA. Raczko, E. and 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. DOI: 10.1080/22797254.2017.1299557.

Sedliak, M., Sačkov, I. and 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.

Shrestha, R. and Wynne, R. H., 2012. Estimating biophysical parameters of individual trees in an urban environment using small footprint discrete-return imaging Lidar. Remote Sensing, 4: 484-508. doi: 10.3390/rs4020484

Shafri, H. Z. M. and 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. and 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.

Steinwart, I. and Christmann, A., 2008. Support Vector Machines. Springer-Verlag, New York, ISBN: 978-0-387-77241-7.

Stych, P., Jerabkova, B., Lastovicka, J., Riedl, M. and Paluba, D., 2019. A Comparison of WorldView-2 and Landsat 8 Images for the Classification of Forests Affected by Bark Beetle Outbreaks Using a Support Vector Machine and a Neural Network: A Case Study in the Sumava Mountains. Geosciences, 9: 396.

Takahashi Miyoshi, G., Imai, N. N., Garcia Tommaselli, A. M., Antunes de Moraes, M. V. and Honkavaara, E., 2020. Evaluation of Hyperspectral Multitemporal Information to Improve Tree Species Identification in the Highly Diverse Atlantic Forest. Remote Sensing, 12: 244.

Thanh Noi, P. and Kappas, M., 2018. Comparison of random forest, k-nearest neighbor, and support vector Mmachine classifiers for land cover classification using Sentinel-2 imagery. Sensors, 18: 18.

Tooke, T. R., Coops, N. C., Goodwin, N. R. and Voogt, J. A., 2009. Extracting urban vegetation characteristics using spectral mixture analysis and decision tree classifications. Remote Sensing of Environment. 113: 398–407.

Vapnik, Vladimir., 2013. The nature of statistical learning theory. Springer science & business media.311pp

Weinstein, B. G., Marconi, S., Bohlman, S., Zare, A. and White, E., 2019. Individual Tree-Crown Detection in RGB Imagery Using Semi-Supervised Deep Learning Neural Networks. Remote Sensing, 11: 1309.

Wen, D., Huang, X., Liu, H., Liao, W. and Zhang, L., 2017. Semantic Classification of Urban Trees Using Very High Resolution Satellite Imagery. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing.

West, P. W., 2017. Tree and Forest Measurement. Springer. Berlin, Hidelberg. 218pp

Xiao, Q., Ustin, S. L. and McPherson, E. G., 2004. Using AVIRIS data and multiple-masking techniques to map urban forest tree species. International Journal of Remote Sensing, 25: 5637–5654.

Xu, M., Watanachaturaporn, P., Varshney, P. K. and Arora., M. K., 2005. Decision tree regression for soft classification of remote sensing data. Remote Sensing of Environment. 97: 322–336.

Zhang, C. and Qiu, F., 2012. Mapping Individual Tree Species in an Urban Forest Using Airborne Lidar Data and Hyperspectral Imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 78: 1079–1087.

Zhang, Z., Kazakova, A., Moskal, L. M. and Styers, D. M., 2016. Object-Based Tree Species Classification in Urban Ecosystems Using LiDAR and Hyperspectral Data. Forest, 7: 122.