

Preparation of Forest Density Map Using SPOT-7 and Sentinel-2 Multiplex Sensors in South Zagros (Case study: Fars Province, Dalaki Dadin Area)

Reza Abedinzadegan Abdi¹, Farid Kazemnejad^{2*}, Majid Eshagh Nimvari³, Ali Sheikh al-Islami⁴

(Received: May 2023 Accepted: October 2023)

Abstract

The purpose of this study is to prepare a forest density map using the images of SPOT 7 and Sentinel 2 multispectral sensors in South Zagros, Dalki Dadin Basin, Fars Province, in order to evaluate and compare them with each other. First, a forest and non-forest area map was prepared, and then a forest density map was prepared in four levels: 25-5, 25-50, 50-75, and 75% and above. In order to make the classification correct, the ground reality map based on the interpretation of Ortho's digital photos of the 80s with a scale of 1:40000 was used. Examining the forest, non-forested classification map showed that the Sentinel 2 image with PCA-1-8 band composition and using the maximum likelihood classification algorithm with an overall accuracy of 96.3% and kappa coefficient of 0.91 compared to the spot image 7 By combining PCA-1-3 bands and using neural classifier algorithm with an overall accuracy of 87.57% and kappa coefficient of 0.7, it has a better result. Among the maps obtained from forest classification into four density classes, the map obtained from Sentinel 2 image with neural classifier with PCA-3-8 band composition and with kappa coefficient of 0.72 and accuracy of 88.36 percent ratio shown in Spot 7, the map obtained from the neural classifier with 2-4-3 band composition and 0.64 kappa coefficient and 78.74 percent accuracy had the highest accuracy. Also, after merging the image of SPOT7 and SPOT7-Pan, the map obtained by PC method using the neural classifier with PCA-2-4 band combination with Kappa coefficient 0.75 and 89.26% accuracy has the highest accuracy and map. The result of classifying the forest into four density classes, the result of the PC method using neural classifier with PCA-2-4 band combination and Kappa coefficient of 0.37 and accuracy of 50.60% had the highest accuracy. The overall results showed that, according to the extracted information, the Sentinel 2 image is more accurate for producing forest cover maps in four density classes.

Keywords: Forest density, multispectral, neural classifier algorithm, overall accuracy, kappa coefficient

Abedinzadegan Abdi R., Kazemnejad F., Eshagh Nimvari M., and Sheikh al-Islami A. 2024. Preparation of forest density map using SPOT-7 and Sentinel-2 multiplex sensors in South Zagros (Case study: Fars province, Dalaki Dadin area.). *Applied Soil Research*, 12(2):111-122.

1. Ph.D. Student, in Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Chalous Branch

2. Assistant Professor of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Chalous Branch

3. Assistant Professor of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Chalous Branch

4. Assistant Professor of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Chalous Branch

* Corresponding Author Email: kazemnejadfarid@gmail.com

تهیه نقشه تراکم جنگل با استفاده از تصاویر سنجنده‌های چندطیفی اسپات ۷ و سنتینل ۲ در زاگرس جنوبی (مطالعه موردی: استان فارس حوزه دالکی دادین)

رضا عابدین‌زادگان عبدی^۱، فرید کاظم‌نژاد*^۲، مجید اسحق نیموری^۳، علی شیخ‌الاسلامی^۴

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۹)

چکیده

هدف از این مطالعه تهیه نقشه تراکم جنگل با استفاده از تصاویر سنجنده‌های چندطیفی اسپات ۷ و سنتینل ۲ در زاگرس جنوبی حوزه دالکی دادین در استان فارس به منظور ارزیابی و مقایسه آن‌ها با یکدیگر می‌باشد. ابتدا نقشه گستره جنگل و غیرجنگلی منطقه تهیه، سپس نقشه تراکم جنگل در چهار طبقه ۵-۲۵، ۲۵-۵۰، ۵۰-۷۵ و بیشتر از ۷۵ درصد تهیه شد. به منظور صحت طبقه‌بندی، از نقشه واقعیت زمینی که براساس تفسیر عکس‌های رقومی ارتوی دهه ۸۰ با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ استفاده گردید. بررسی نقشه طبقه‌بندی جنگل و غیرجنگل شده نشان داد که تصویر سنتینل ۲ با ترکیب باندی PCA-1-8 با استفاده از الگوریتم طبقه‌بندی کننده حداکثر احتمال با صحت کلی ۹۶/۳ درصد و ضریب کاپای ۰/۹۱ نسبت به تصویر اسپات ۷ با ترکیب باندی PCA-1-3 و استفاده از الگوریتم طبقه‌بندی کننده شبکه عصبی با صحت کلی ۸۷/۵۷ درصد و ضریب کاپای ۰/۹۱ نتیجه بهتری داشته است. از بین نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی جنگل به چهار طبقه تراکمی، نقشه حاصل از تصویر سنتینل ۲ با طبقه‌بندی کننده شبکه عصبی با ترکیب باندی PCA-3-8 و با ضریب کاپای ۰/۷۲ و صحت ۸۸/۳۶ درصد نسبت به تصویر اسپات ۷ نقشه حاصل از طبقه‌بندی کننده شبکه عصبی با ترکیب باندی ۲-۳-۴ و ضریب کاپای ۰/۶۴ و صحت ۷۸/۷۴ درصد دارای بیشترین صحت بود. همچنین پس از ادغام تصویر اسپات ۷ و SPOT7-Pan، نقشه حاصل از روش PCA با استفاده از طبقه‌بندی کننده شبکه عصبی با ترکیب باندی PCA-2-4 و با ضریب کاپای ۰/۷۵ و صحت ۸۹/۲۶ درصد دارای بیشترین صحت و نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی جنگل به چهار طبقه تراکمی، حاصل از روش PCA با استفاده از شبکه عصبی با ترکیب باندی PCA-2-4 و با ضریب کاپای ۰/۳۷ و صحت ۵۹/۶۰ درصد دارای بیشترین صحت بود. نتایج کلی نشان داد، با توجه به اطلاعات استخراج شده تصویر سنتینل ۲ برای تولید نقشه پوشش جنگلی در چهار طبقه تراکمی از صحت مناسب‌تری برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: تراکم جنگل، چند طیفی، شبکه عصبی، صحت کلی، ضریب کاپا

عابدین‌زادگان عبدی ر.، کاظم‌نژاد ف.، اسحق نیموری م.، شیخ‌الاسلامی ع. ۱۴۰۳. تهیه نقشه تراکم جنگل با استفاده از تصاویر سنجنده‌های چندطیفی اسپات ۷ و سنتینل ۲ در زاگرس جنوبی (مطالعه موردی: استان فارس حوزه دالکی دادین). تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۱۲، شماره ۲. صفحه: ۱۱۱-۱۲۲.

۱- دانشجوی دکتری گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد واحد چالوس

۲- استادیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد واحد چالوس (مکاتبه کننده)

۳- استادیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد واحد چالوس

۴- استادیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد واحد چالوس

* پست الکترونیک: kazemnejadfarid@gmail.com

مقدمه

جنگل‌های ایران با مساحتی حدود ۱۷/۶ میلیون هکتار، ۱۰ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده‌اند، اما در طی سالیان گذشته به دلیل عوامل گسترده مانند مسائل اقتصادی و اجتماعی و عدم مدیریت یکپارچه، جنگل‌ها توان تولیدی خود را از دست داده‌اند و این روند موجب تخریب سطح زیادی از این جنگل‌ها شده و آینده جنگل‌های منطقه را به مخاطره انداخته است. با توجه به تغییرات وسیع کاربری‌ها و تخریب جنگل‌ها در سال‌های اخیر به خصوص در جنگل‌های زاگرس جنوبی، تهیه اطلاعات گسترده جنگل و بررسی روند تغییرات آن در دوره‌های زمانی مشخص در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و برنامه‌ریزی و حفاظت این جنگل‌ها ضروری است (Sedaghat et al., 2022). همچنین فاصله زمانی طولانی بین عکس‌برداری‌های هوایی، صرف زمان و هزینه آن‌ها، برنامه‌ریزی را در مدیریت و کنترل عرصه‌های جنگلی با مشکلاتی مواجه نموده است. این امر ایجاب می‌کند برای برنامه‌ریزی صحیح، به دنبال روش‌های کم‌هزینه، سریع و با دقت مناسب جهت تهیه نقشه پوشش جنگلی مورد استفاده قرارگیرد. با توجه به اینکه این امکان در به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای مناسب با قدرت تفکیک مکانی، طیفی، دوره زمانی و دارای پوشش وسیع وجود دارد می‌توان در تولید نقشه‌های گسترده جنگل، پوشش گیاهی و عملیات طبقه‌بندی استفاده شود (Koskinen et al., 2019; Parviz, 2018). همچنین آگاهی از خصوصیات کمی و کیفی تغییرات در برنامه‌ریزی‌های محیطی، آمایش سرزمین و توسعه پایدار بسیار حائز اهمیت بوده و استفاده از نقشه‌های پوشش گیاهی یکی از ارکان مهم در تولید اطلاعات جهت برنامه‌ریزی‌های کلان و خرد می‌باشد. بر همین اساس محققین زیادی به منظور بررسی پوشش گیاهی جنگلی از تصاویر ماهواره‌ای استفاده نموده و این تکنیک را مناسب مطالعات دینامیک پوشش گیاهی ارزیابی نموده‌اند (Foroutan & Islamzadeh, 2022).

کاپلان و آوان (Kaplan & Avdan, 2018) در تحقیقی تحت عنوان استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سنتینل ۱ و سنتینل ۲ در نقشه‌برداری و تهیه نقشه محدوده تالاب‌ها به این نتیجه رسیدند که، مزایای تالاب‌ها فقط به توانایی آنها در ذخیره آب سیلاب و بهبود کیفیت آب، تأمین زیستگاه برای حیات-وحش و حمایت از تنوع زیستی و همچنین ارزش‌های زیبایی محدود نمی‌شود. ژیاو همکاران (Xiao et al., 2021)

در تحقیقی با عنوان تهیه نقشه پوشش گیاهی مناسب و دقیق از جنگل‌های حرا در جنوب شرقی آسیا با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سنتینل ۱ و ۲ و لندست ۸ به این نتیجه رسیدند که بر اساس بررسی‌های میدانی و متکی بر اطلاعات موجود و با توجه به در نظر گرفتن الگوریتم حداکثر تفکیک‌پذیری و اطلاعات (MSI) برای انتخاب باندهای کلیدی در جهت طبقه‌بندی پوشش موجود از تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده دو اصل مورد توجه قرار گرفت که عبارتند از: حداکثر اولویت‌بندی اطلاعات حاصل از ترکیبات باندها و استفاده از اطلاعات MSI با توجه به نتایج بدست آمده داده سنتینل ۲ در تهیه نقشه پوشش گونه حرا نسبت به دو داده دیگر سنتینل ۱ و لندست ۸ دارای نقشه مناسب-تر بوده است.

آکسلسون و همکاران (Axelsson et al., 2021) در تحقیقی با عنوان طبقه‌بندی گونه‌های درختی با استفاده از تصاویر سنتینل ۲ بر اساس الگوریتم بیزی در محدوده بورونمورال در جنوب سوئد و با استفاده از داده‌های میدانی برای طبقه‌بندی گونه درختان با به روزرسانی احتمال کلاس با افزایش تعداد تصاویر ترکیبی سنتینل ۲، دقت کلی بالاتر و پایدارتر با اعتبار متقاطع را بدست آوردند.

بیگی حیدرلو و همکاران (Beygiheidarlou et al., 2023) نقشه تراکم تاج پوشش جنگل با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۹ و عکس‌برداری نیم‌کره‌ای در جنگل‌های زاگرس را تهیه کردند. بدین منظور تعداد ۱۰۰ قطعه‌نمونه مربعی شکل در سطح شهرستان سردشت با تاج پوشش‌های مختلف انتخاب و عکس‌برداری از تاج پوشش در پنج نقطه از هر قطعه‌نمونه انجام شد. ارزیابی قابلیت طبقه‌های مختلف مدل FCD تهیه شده برای شهرستان سردشت، نشان‌دهنده صحت کل ۷۶ درصد و مقدار ضریب کاپای ۰/۶۹۷ بود. همچنین نتایج همبستگی بین میانگین مقادیر شاخص تاج پوشش محاسبه شده توسط عکس‌برداری نیم‌کره‌ای GLAMA و مقادیر به‌دست‌آمده توسط مدل FCD همبستگی بالا و معنی‌داری را نشان داد. ایشان بیان داشتند که مدل FCD تهیه شده با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست ۹ و نرم‌افزار تلفن همراه GLAMA دارای کارایی بسیار مناسبی در جنگل‌های زاگرس در تخمین درصد تراکم تاج پوشش اراضی جنگلی هستند. هدف از این تحقیق انتخاب سنجنده چندطیفی مناسب به‌منظور استخراج اطلاعات دقیق‌تر و با صرف هزینه کمتر برای تهیه

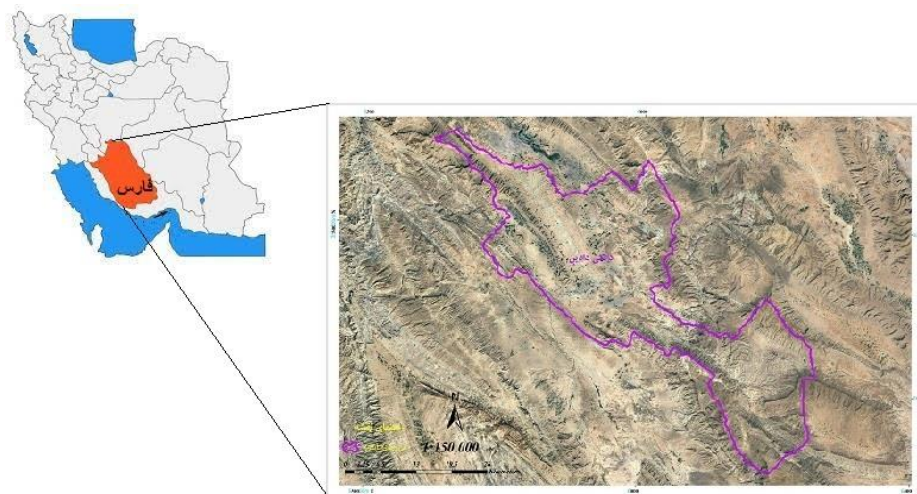
۳۰۹۷ متر از سطح دریا و کمترین بارش در مناطق شرق برازجان به میزان ۲۵۴ میلی‌متر ثبت شده است. همچنین دمای سالانه ۱۹/۴ درجه سانتیگراد است. اراضی محدوده مورد مطالعه دارای خاک‌های بسیار کم عمق تا نیمه عمیق که اکثراً دارای پوشش‌های متوسط درختان جنگلی، به‌ویژه بانه و بادام کوهی می‌باشند. بررسی توزیع درختان جنگلی حوزه مورد مطالعه حاکی از آن است که تیپ *Quercus brantii-Amygdalus scoparia* با مساحت ۱۲۲۰۹ هکتار بیشترین سطح و تیپ *Quercus brantii-Acer* با مساحت ۱۱۸۰ هکتار کمترین سطح گونه‌های بلوط را به خود اختصاص داده‌است.

نقشه تراکم منابع جنگلی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ در دو سنجنده طیفی اسپات ۷ و سنتینل ۲ بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در ناحیه رویشی زاگرسی در استان فارس قرار گرفته است. مساحت منطقه ۴۵۰۰۰ هکتار با موقعیت $52^{\circ}22'30''$ تا $52^{\circ}22'30''$ درجه طول جغرافیایی و 29° تا $29^{\circ}22'30''$ درجه عرض جغرافیایی واقع شده است (شکل ۱). از نظر اقلیمی، این منطقه تحت تأثیر چهار نوع اقلیم خشک، نیمه خشک، مدیترانه‌ای و نیمه مرطوب است. بیشترین بارش به میزان ۷۰۰ میلی‌متر در کوه گراچ با ارتفاع



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Location of the study area

لحاظ تفکیک مکانی به سه دسته تقسیم می‌بندی می‌شوند. باندهای ۲، ۳، ۴ و ۸ دارای تفکیک مکانی ۱۰ متر، باندهای ۵، ۶، ۷، ۱۱ و ۱۲ دارای تفکیک مکانی ۲۰ متر و باندهای ۱، ۹ و ۱۰ دارای تفکیک مکانی ۶۰ متر هستند (جدول ۲). همچنین از ۹ برگ نقشه توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ برای شناسایی و بازدید از محدوده مورد مطالعه و کمک به تهیه نقشه واقعیت‌زمینی استفاده شد. از نقشه-های توپوگرافی رقومی برای تهیه مدل رقومی ارتفاعی، تعیین نقاط اولیه کنترل زمینی، تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای و نیز برای ارزیابی صحت عمل تصحیح هندسی از طریق روی هم‌گذاری پدیده‌های خطی استفاده گردید.

روش تحقیق

در این بررسی محدوده‌ای حدوداً به مساحت ۴۵۰۰۰ هکتار از داده‌های سنجنده PAN & NAOMI MS ماهواره اسپات ۷ مربوط به خرداد سال ۱۳۹۸ که شامل یک باند پانکروماتیک با قدرت تفکیک مکانی ۱/۵ متر و چهار باند چند طیفی (سبز، قرمز، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی) با قدرت تفکیک مکانی ۶ متر مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). در این تحقیق همچنین از تصاویر ماهواره Sentinel 2 که دارای مداری قطبی و از ۱۳ باند طیفی در محدوده‌های مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز کوتاه است استفاده شد (Mohamadi et al., 2021). این باندها از

جدول ۱- مشخصات ماهواره Spot 7

Table 1. Characteristics of the Spot 7 satellite

Bands	Resolution (m)	Wavelength (μm)	Type
B1	6	0.45-0.52	Blue
B2	6	0.53-0.59	Green
B3	6	0.62-0.69	Red
B4	6	0.76-0.89	NIR
B5	1.5	0.45-0.74	Pancromatic-Pan

جدول ۲- مشخصات ماهواره Sentinel 2

Table 2. Characteristics of the Sentinel 2 satellite

Band	Resolution (m)	Wavelength (nm)	Description
B1	60	443	Coastal & Aerosol(Ultra blue)
B2	10	490	Blue
B3	10	560	Green
B4	10	665	Red
B5	20	705	Visible & Near Infrared (VNIR)
B6	20	740	Visible&Near Infrared (VNIR)
B7	20	783	Visible and Near Infrared (VNIR)
B8	10	842	Visible and Near Infrared (VNIR)
B8a	20	865	Visible and Near Infrared (VNIR)
B9	60	940	Short Wave Infrared (SWIR)
B10	60	1375	Short Wave Infrared (SWIR)
B11	20	1610	Short Wave Infrared (SWIR)
B12	20	2190	Short Wave Infrared (SWIR)

از قابلیت پردازش‌های مختلف روی تصاویر به همراه داده‌های اصلی در فرآیند تجزیه و تحلیل داده‌ها، از پردازش‌های مختلف مانند انجام تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر روی داده‌های هر دو سنجنده استفاده شده است که در این روش برای تجزیه داده‌ها به مؤلفه‌های اصلی از پارامترهای آماری باندهای مختلف استفاده می‌شود. در این روش با توجه به تعداد باندهای موجود اولیه و با در نظر گرفتن میزان همبستگی بین باندهای تصاویر جدیدی تولید شده، که باند اول دارای بیشترین حجم اطلاعات، بیشترین انحراف معیار و واریانس می‌باشد و به همین ترتیب این مقادیر در باندهای بعدی کاهش یافته است. در این تحقیق بعد از تولید تصاویر موجود بر اساس تجزیه مؤلفه‌های اصلی اولین باند که دارای بیشترین حجم اطلاعات می‌باشد برای استفاده در به دست آوردن بهترین ترکیب باندی و استفاده در طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفت. پس از انتخاب نمونه‌های تعلیمی مورد نیاز برای طبقه‌بندی تراکم جنگل در منطقه با شناخت از منطقه و با استفاده از اطلاعات جنبی و بر روی تصویر رنگی صورت گرفت. طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی به روش متوازی السطوح، حداقل

قبل از به کارگیری داده‌های ماهواره‌ای در تجزیه و تحلیل رقومی و تصحیح هندسی، کیفیت آن‌ها از نظر وجود خطاهای هندسی و رادیومتری مورد بررسی قرار گرفت. کیفیت رادیومتری داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده از نظر وجود خطاهای رادیومتری مانند راه‌راه شدگی زیر هم قرار نگرفتن دسته‌های خطوط اسکن و پیکسل‌های تکراری از طریق بزرگنمایی تصویر و بررسی هیستوگرام و آمار مربوط به آن‌ها توسط نرم افزار ENVI 5.3 مورد بررسی قرار گرفتند و هیچگونه ناهنجاری در آن‌ها مشاهده نگردید. به منظور هم مرجع نمودن تصاویر ماهواره‌ای با واقعیت زمینی، عمل تطابق هندسی تصاویر به روش غیر پارامتری و با استفاده از نقشه و نقاط کنترل زمینی صورت گرفت. برای این منظور ابتدا تعداد ۵۵ نقطه کنترل زمینی از روی نقشه رقومی توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه انتخاب شدند و تطابق هندسی با استفاده از معادله درجه اول و با RMSE برابر ۰/۲۱ پیکسل صورت گرفت. عمل نمونه‌گیری مجدد با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه انجام گردید. با روی هم‌گذاری عارضه خطی بر روی تصاویر مشخص شد که تصحیح هندسی به خوبی انجام شده است. با توجه به امکان استفاده

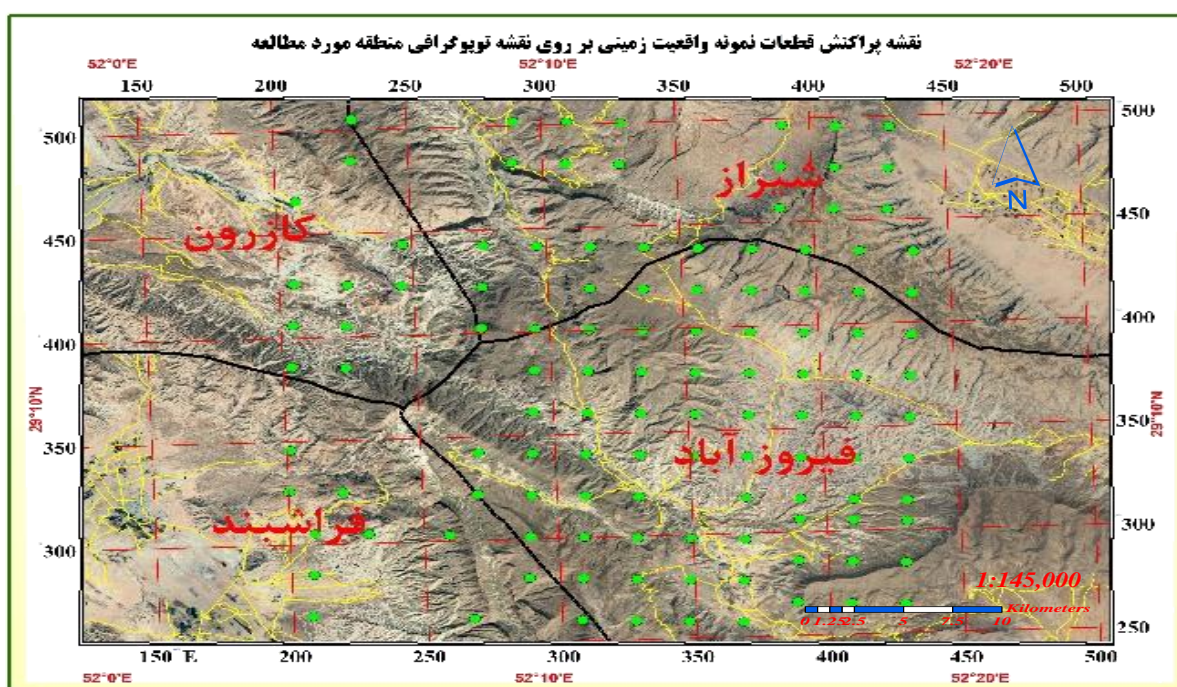
درختان و در نظر گرفتن مساحت قطعه نمونه محاسبه و با توجه به تعریف سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، کلاس‌های تعلیمی در چهار طبقه تراکمی ۲۵-۵۰، ۵۰-۷۵ و ۷۵-۱۰۰ درصد به بالا طبقه‌بندی گردید.

۲- با استفاده از نقشه‌های رقومی پوشش جنگلی زاگرس تولید شده از عکس‌های هوایی برداشت شده در سال‌های ۱۳۸۰ به بعد براساس طرح صیانت و توسعه جنگل‌های زاگرس که مهم‌ترین و محوری‌ترین طرح دفتر جنگل‌های غرب کشور از سال ۸۲ بوده و محوریت این طرح با تهیه نقشه‌های رقومی موضوعی جنگل‌های زاگرس در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ به اتمام رسیده است که دفتر مهندسی و مطالعات سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور مسئولیت تهیه، تولید و نظارت آن را با طبقات تاج پوشش ۵-۱۰، ۱۰-۲۵، ۲۵-۵۰، ۵۰-۷۵ و بیش از ۷۵ درصد تهیه کرده است (شکل ۳).

فاصله، حداکثر احتمال و شبکه عصبی با استفاده از مجموعه باندی مناسب صورت گرفت.

برای بررسی صحت طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای، وجود نقشه‌های واقعیت‌زمینی منطقه به منظور مقایسه ضروری می‌باشد. در این تحقیق نقشه واقعیت‌زمینی با توجه به دو روش مورد استفاده قرار گرفت:

۱- به صورت نمونه‌برداری که با توجه به مساحت منطقه مورد مطالعه و استفاده از قطعات نمونه، شبکه‌ای با ابعاد ۱۰۰۰ × ۱۰۰۰ متر در محل تقاطع خطوط UTM نقشه-های ۱:۲۵۰۰۰ طراحی و بر این اساس تعداد ۱۱۷ قطعه نمونه با ابعاد ۱۰۰۰ × ۱۰۰۰ برداشت شد که موقعیت مکانی مراکز قطعه نمونه با استفاده از دستگاه GPS ثبت و میزان تاج پوشش تک‌تک درختان از طریق اندازه‌گیری قطر تاج در دو جهت شمالی- جنوبی و شرقی- غربی در هر قطعه نمونه برداشت گردید (شکل ۲). همچنین، درصد تاج پوشش درختان در قطعه نمونه از طریق مجموع تاج پوشش

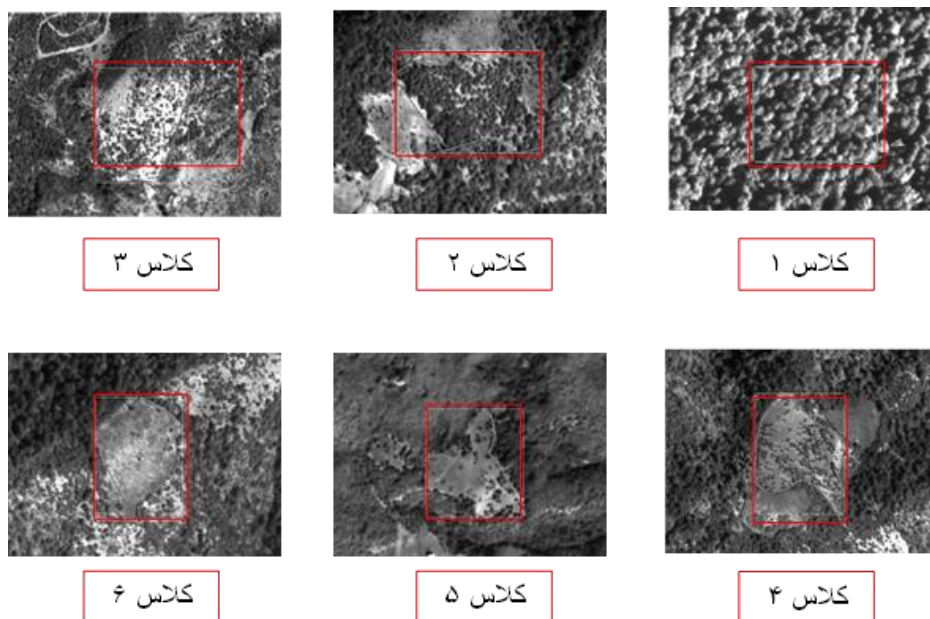


شکل ۲- نقشه پراکنش نقاط نمونه واقعیت زمینی بر روی محدوده مورد مطالعه

Figure 2. Distribution map of ground reality sample points of the study area

شکل ۳- کلید تفسیر عکس‌های هوایی برای ۶ طبقه جنگلی

Figure 3. The key to interpretation of aerial photographs for 6 forest layers



مورد مطالعه ماسک شده و از طبقه‌بندی حذف شدند. به منظور ارزیابی صحت، نتایج حاصل از طبقه‌بندی رقومی نساویر ماهواره‌ای با نقشه واقعیت زمینی و نقاط کنترل مورد مقایسه قرار گرفتند و جدول‌های خطا برای ارزیابی مقادیر خطا تشکیل گردید. ارزیابی صحت با استفاده از معیارهای صحت کلی و ضریب کاپا انجام گرفت.

نتایج و بحث

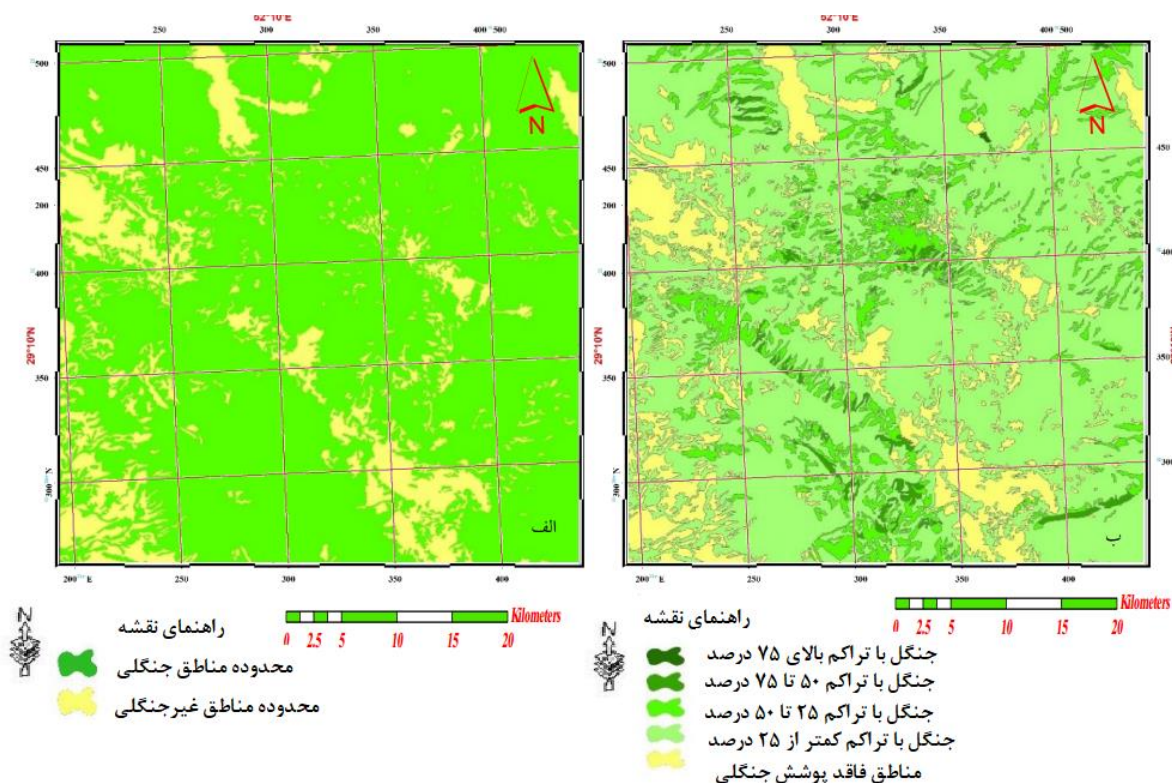
نقشه واقعیت زمینی

نتایج این بررسی نشان داد، تفکیک بین مناطق جنگلی از زراعت روی عکس‌های هوایی منطقه و همچنین بر روی تصاویر موجود به‌خوبی امکان‌پذیر است. همچنین در تهیه نقشه واقعیت زمینی، علاوه بر تفسیر عکس‌های هوایی، از عناصر کمکی دیگر مانند، نقشه‌های موجود و نقاط کنترل زمینی نیز در فرآیند تولید نقشه می‌توان استفاده کرد. در نهایت نقشه واقعیت زمینی به‌صورت نقشه مناطق جنگلی و غیرجنگلی و همچنین در چهار طبقه جنگل در محدوده مورد نظر تهیه شد (شکل ۴). نتایج نشان دادند که تفاوت میزان تفکیک‌پذیری طبقات در تصاویر مختلف می‌تواند ناشی از دامنه طیفی متفاوت باندها، تداخل طیفی نوع کاربری‌های کلاسه غیرجنگل و اختلاف مشخصه‌های آماری DN نمونه‌ها در تصاویر مختلف باشد.

برای استفاده مطلوب از داده‌های چند طیفی، لازم است تا بهترین ترکیب باندی مشخص شود. در این راستا با توجه به اینکه در روش فاکتور شاخص بهینه بر خلاف فاکتور آنالیز که فقط از ضریب همبستگی استفاده می‌شود، از ضریب همبستگی و واریانس استفاده می‌شود، لذا برای به دست آوردن بهترین ترکیب باندی از روش فاکتور شاخص بهینه استفاده شد (Jellouli *et al.*, 2021; Xiao *et al.*, 2021). با در نظر گرفتن چهار باند اصلی موجود و همچنین ادغام آن‌ها با باند اول از باندهای حاصل از تولید تصویر به روش آماری آنالیز مؤلفه‌های اصلی، تصاویر Sentinel 2 و Spot 5 با پنج باند تولید شد که بهترین ترکیب باندی بدست آمده برای داده اسپات ۷ ترکیب باندی PCA-3-4 و برای داده سنیتل ۲ ترکیب باندی PCA-4-8 در محدوده مورد نظر می‌باشد. در این تحقیق از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی به روش متوازی السطوح، حداقل فاصله، حداکثر احتمال و شبکه عصبی با استفاده از مجموعه باندی مناسب و در نرم افزار ENVI 5.3 صورت گرفت. با توجه به اینکه این تحقیق در راستای تهیه نقشه تراکم پوشش جنگلی در منطقه زاگرس انجام گرفته، لذا قبل از انجام طبقه‌بندی، برای کاهش اثر خاک (مناطق فاقد پوشش) از شاخص NDVI استفاده شد، در نتیجه مناطق (پیکسل‌های) فاقد پوشش گیاهی که دارای خاک لخت با مقادیر NDVI صفر و زیر صفر بودند بر روی تصویر

ترکیب باندی استخراج شده برای سنتینل ۲ ترکیب ۳-۴-۸ و با در نظر گرفتن باند PCA ترکیب ۴-۸-PCA و برای اسپات ۷ ترکیب ۴-۲-۱ و با در نظر گرفتن باند PCA ترکیب ۱-۲-۲-PCA می‌باشد.

برای انتخاب بهترین ترکیب باندی از روش فاکتور شاخص بهینه استفاده شد و با در نظر گرفتن چهار باند اصلی موجود و همچنین ادغام آن‌ها با باند اول از باندهای حاصل از تولید تصویر به روش آماری آنالیز مؤلفه‌های اصلی، تصاویر سنتینل ۲ و اسپات ۷ با پنج باند تولید شد که بهترین

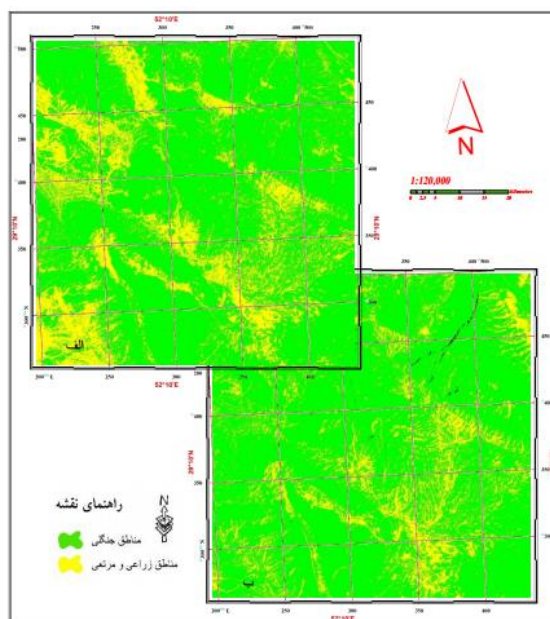


شکل ۴- نقشه واقعیت زمینی: الف) نقشه مناطق جنگلی و غیر جنگل ب) نقشه مناطق جنگلی در چهار کلاس تراکمی
Figure 4. Ground reality map: a) Map of forest and non-forest areas b) Map of forest areas in four density classes

طبقه‌بندی شبکه عصبی با ترکیب باندی PCA-۳-۱ و ضریب کاپای ۰/۷۰ و صحت ۸۷/۵۷ درصد دارای بیشترین صحت بودند، که از این نقشه‌ها جهت ماسک تصاویر برای جدا کردن مناطق جنگلی و غیرجنگلی در طبقه‌بندی نهایی استفاده شد (شکل ۵). با توجه به اطلاعات استخراج شده، تصویر سنتینل ۲ برای تعیین گستره جنگل از مناطق غیرجنگلی با پوشش گیاهی مناسب‌تر است.

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

طبقه‌بندی مناطق جنگلی و غیر جنگلی با پوشش گیاهی محدوده‌های مناطق غیرجنگلی با پوشش گیاهی از مناطق جنگلی تفکیک و بر روی تصاویر ماسک شدند، از بین نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی جنگل و مناطق غیرجنگل، در تصویر سنتینل ۲ نقشه حاصل از طبقه‌بندی کننده حداکثر احتمال با ترکیب باندی PCA-۸-۱ و با ضریب کاپای ۰/۹۲ و صحت ۹۶/۳۳ درصد و در تصویر اسپات ۷ نقشه حاصل از

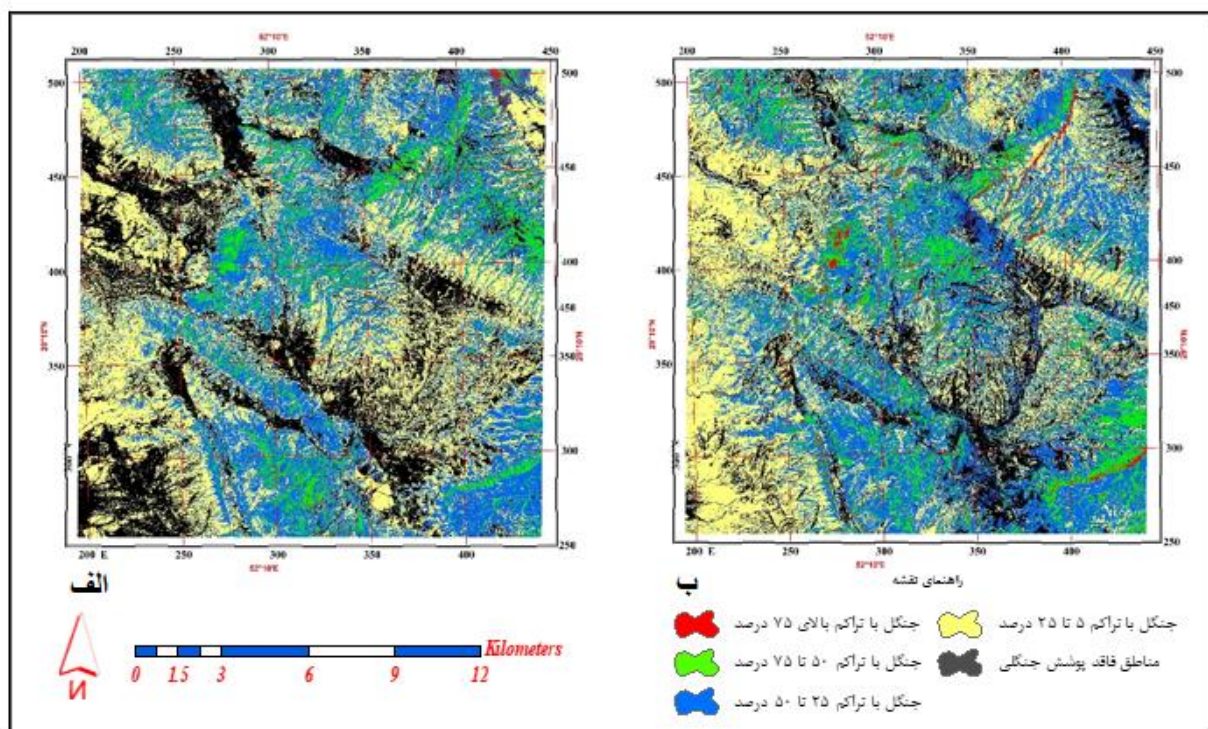


شکل ۵- نقشه طبقه‌بندی مناطق جنگلی و غیرجنگلی الف) تصویر سنتینل ۲ و ب) اسپات ۷
Figure 5. Classification of forested and non-forested areas a) Sentinel 2 and b) SPOT 7 image

تاج پوشش جنگل‌های زاگرس به کار بردند. و طبقه‌بندی با سه طبقه تراکمی (تنک، نیمه انبوه و انبوه) انجام گرفت و بیشترین صحت کلی و ضریب کاپا به ترتیب معادل ۷۸/۴۷ درصد و ۰/۶۶ با روش شبکه عصبی به دست آمد. هو و همکاران (Hu *et al.*, 2018) نقشه پوشش گیاهی کینگهوانگداو در چین را با استفاده از تصاویر ماهواره Landsat 8 و بر اساس الگوریتم طبقه‌بندی شبکه عصبی تهیه کردند. نتایج نشان داد که صحت کلی نقشه طبقه‌بندی شده ۸۲ درصد و ضریب کاپا ۰/۷۶ است. ژائو همکاران (Xiao *et al.*, 2021) نیز در تحقیقات خود دریافتند که تصاویر سنتینل ۲ نسبت به تصاویر سنتینل ۱ و لندست ۸ دارای صحت کلی و ضریب کاپا بالاتری در تهیه نقشه جنگل‌های حرا است.

طبقه‌بندی مناطق جنگلی

پس از ماسک شدن مناطق جنگلی از مناطق غیرجنگلی در محدوده مورد مطالعه، در تصویر سنتینل ۲، نقشه حاصل از طبقه‌بندی شبکه عصبی با ترکیب باندی PCA-۳-۸ و با ضریب کاپای ۰/۷۲ و صحت ۸۸/۳۶ درصد و در تصویر اسپات ۷، نقشه حاصل از طبقه‌بندی کننده عصبی با ترکیب باندی ۴-۳-۲ و ضریب کاپای ۰/۶۴ و صحت ۷۸/۷۴ درصد دارای بیشترین صحت بودند (شکل ۶). نتایج نشان دادند، با توجه به اطلاعات استخراج شده، تصویر سنتینل ۲ برای تولید نقشه پوشش جنگلی در چهار طبقه تراکمی از صحت مناسب‌تری برخوردار است (جدول ۳).
بذر افکن و همکاران (Bazrafkan *et al.*, 2014) الگوریتم-های طبقه‌بندی متوازی السطوح، حداقل فاصله از میانگین، حداکثر احتمال و شبکه عصبی را برای تهیه نقشه تراکم



شکل ۶- نقشه طبقه‌بندی مناطق جنگلی به ۴ کلاس تراکمی الف) تصویر سنتینل ۲ و ب) اسپات ۷
Figure 6- Classification of forest into four density classes a) Sentinel 2 and b) SPOT 7 image

جدول ۳- نتایج برآورد صحت حاصل از الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی در تصاویر سنتینل ۲ و اسپات ۷
Table 3. Accuracy estimation results of different classification algorithms in Sentinel 2 and Spot 7 images

Images	Parallel		Minimum distance		Maximum likelihood		Neural network	
	overall accuracy (%)	kappa coefficient	overall accuracy (%)	kappa coefficient	overall accuracy (%)	kappa coefficient	overall accuracy (%)	kappa coefficient
Sentinel 2	17.46	0.08	56.15	0.36	71.98	0.57	88.36	0.72
Spot 7	29.21	0.12	56.46	0.37	65.94	0.5	78.84	0.64

تراکم ۷۵-۵۰ درصد به بالا با مساحت (۳۹۰۰) هکتار < طبقه چهارم با تراکم بالای ۷۵ درصد (مساحت ۱۰۰) هکتار. بر این اساس بیشترین سطح منطقه مورد مطالعه دارای تراکم جنگلی ۲۵-۵ درصد است. بنابر این ضروری است گام‌های جدی توسط ارگان‌های مختلف نظیر سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور با حمایت سایر دستگاه‌های تصمیم‌گیر برای حفظ و احیای جنگل‌ها و جلوگیری از تخریب این اکوسیستم‌های ارزشمند گام‌های اساسی برداشته شود (Motamedi et al., 2020).

با توجه به صحت کلی (۸۸/۳۶) و ضریب کلیا (۰/۷۲) الگوریتم طبقه‌بندی شبکه عصبی در تصویر سنتینل ۲ در جدول ۳ می‌توان بیان کرد که تصویر این ماهواره برای تولید نقشه پوشش جنگلی در چهار طبقه تراکمی از صحت بالاتری برخوردار است. بر اساس نقشه طبقه‌بندی حاصل از تصاویر سنتینل ۲ مساحت هر یک از طبقات تراکم مرتع به صورت زیر است: طبقه اول با تراکم ۲۵-۵ درصد (مساحت ۲۱۶۳۸) هکتار < طبقه اول با تراکم ۵۰-۲۵ درصد با (مساحت ۱۹۳۶۳) هکتار < طبقه سوم با

نتیجه‌گیری کلی

مطالعه نیز دارای تراکم مرتعی ۲۵-۵ درصد است و جنگل‌های تنک بیشترین سطح منطقه را به خود اختصاص می‌دهد. با توجه به اینکه این بخش از پوشش جنگلی بسیار حساس و آسیب‌پذیر هستند، در صورتی که برنامه حفاظتی جامعی در این منطقه انجام نشود و مدیریت درستی در این منطقه اعمال نشود ممکن است در آینده به زمین‌های کشاورزی، بایر و ... تبدیل شود. در نتیجه احیاء و جنگل-کاری با گونه‌های مناسب و بومی در این منطقه باید در اولویت طرح‌های مدیریتی قرار گیرد. اگرچه حفاظت از جنگل‌های انبوه نیز باید از منظر تنوع زیستی، حفاظت از آب و خاک نیز مورد حفاظت واقع شود. از سوی دیگر، تصاویر ماهواره‌ای به دلیل پوشش وسیع و امکان دسترسی در اسرع وقت می‌توانند به عنوان راه حلی مناسب جهت تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی و جنگل مورد استفاده واقع شوند و ارزیابی و کنترل و پایش جنگل در دوره‌های زمانی مشخص به کار گرفته شوند.

مقایسه تصاویر سنجنده‌های چند طیفی سنتینل ۲ و اسپات ۷ در تهیه نقشه تراکم پوشش جنگلی در استان فارس (حوزه دالکی دادین) نشان داد که در هر دو تصویر الگوریتم طبقه‌بندی شبکه عصبی نسبت به دیگر الگوریتم‌ها دارای بیشترین صحت بود. با توجه به صحت کلی (۸۸/۳۶) و ضریب کاپا (۰/۷۲) الگوریتم طبقه‌بندی شبکه عصبی در تصویر سنتینل ۲ می‌توان بیان کرد که تصویر این ماهواره برای تولید نقشه پوشش جنگلی در چهار طبقه تراکمی از صحت بالاتری برخوردار است. هرچند که قدرت تفکیک-طیفی سنجنده چندطیفی سنتینل ۲ کمتر از سنجنده اسپات ۷ است. اگرچه این برتری اندک است، اما دلیل آن را می‌توان به‌طور کلی در تعداد باندهای طیفی بیشتر ماهواره سنتینل ۲ (سه باند ۶ طیفی در محدوده قرمز) در مقایسه با ماهواره اسپات ۷ دانست. بیشترین سطح منطقه مورد

References

- Axelsson, A., Lindberg, E., Reese, H. and Olsson, H., 2021. Tree species classification using Sentinel-2 imagery and Bayesian inference. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 100: 1-10.
- Bazrafkan A., Bavaghar M.P., and Fathi P. 2014. Capability of Liss III data for forest canopy density mapping in Zagros forests (Case study: Marivan Forests). *Iranian Journal of Forest*. 6 (4): 387-401. (In Persian)
- Beygiheidarlou H., Mirshekarlou K., Sasanifar S., and Khezryan., B. 2023. Forest cover density mapping using Landsat-9 (OLI-2) imagery and hemispherical photographs in Zagros forests, *Forest Research and Development*, 8(5): 1-13. (In Persian)
- Foroutan S, Islamzadeh N. 2022. The Study of Mazandaran Province Forest and Rangeland Vegetation Changes Trend by Satellite Images. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 9 (19) :197-215
- Hu Y., Zhang Q., Zhang, Y., and Yan H. 2018. A deep convolution neural network method for land cover mapping: A case study of Qinhuangdao, China. *Remote Sensing*, 10 (12): 1-16.
- Jellouli A., El Harti A., Adiri Z., Chakouri M., El Hachimi J. and Bachaoui E.M. 2021. Application of optical and radar satellite images for mapping tectonic lineaments in kerdous inlier of the Anti-Atlas belt, Morocco. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 22:1-18.
- Kaplan G., and Avdan U. 2018. Sentinel-1 and Sentinel-2 Data Fusion for WETLANDS MAPPING: BALIKDAMI, TURKEY. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 42(3):1-15.
- Koskinen J., Leinonen U., Vollrath A., Ortmann A., Lindquist E., d'Annunzio R., Pekkarinen A., and Käyhkö N. 2019. Participatory mapping of forest plantations with Open Foris and Google Earth Engine. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 148: 63-74.
- Mohamadi P., Ahmadi A., Feyzizadeh B., Jafarzadeh A.A and Rahmati M. 2021. Evaluation of pixel and object-oriented classification techniques for detection and zoning of erosion lands using sentinel-2 remote sensing data (case study: Lighvan watershed). *Applied Soil Research*. 9 (1): 28-40. (In Persian)
- Motamedi J., Jalili A., Arzani H., and Khodaghali M. 2020. Causes of rangeland degradation in the country and solutions to get out of the current situation. *Journal of IRAN NATURE*. 5(4): 21-44. (In Persian)
- Parviz I. 2018. Evaluation the Preprocessing Effect of Satellite Images Input Parameters in to Artificial Neural Network for soil texture determination. *Applied Soil Research*, 5(2), 66-80. (In Persian)

- Sedaghat M., Riazi B., Veisanloo F., and Sagheb-Talebi K. 2022. Spatial modeling of main degradation factors in the Zagros forests (Case study: Khorramabad sub-basin). *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 29 (2): 59-75.
- Xiao H., Su F., Fu D., Lyne V., and Liu G. 2021. Optimal and robust vegetation mapping in complex environments using multiple satellite imagery: Application to mangroves in Southeast Asia. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 99-102320
- Xi X., Xia K., Yang Y., Du X. and Feng, H. 2021. Evaluation of dimensionality reduction methods for individual tree crown delineation using instance segmentation network and UAV multispectral imagery in urban forest. *Computers and Electronics in Agriculture*, 191:1-10.