https://doi.org/10.22131/SEPEHR.2023.557078.2888

فصلنامه علمی - پژوهشی

اطلاعات جغرافیایی (سپهر) دوره ۳۲، شماره ۱۲۵، بهار ۱۴۰۲

صفحات ۸۰ - ۶۷

# تهیه نقشه پراکنش و انبوهی جنگل و سایر کاربری‌های زمین در منطقه ارسباران با استفاده از داده‌های ماهواره سنتینل۲

راهله استادهاشمی[۱]
خسرو میرآخورلو[۲]
جمشید یاراحمدی[۳]
محمدرضا نجیب‌زاده[۴]

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۵/۲۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۱۰/۱۳

*********

## چکیده

امروزه در کشورهای در حال توسعه، منابع طبیعی به خصوص جنگل‌ها به منظور اهداف اقتصادی با شدت زیادی در حال بهره‌برداری هستند که این امر موجب تأثیر بر تنوع زیستی، خصوصیات خاک، کمیت و کیفیت آب و اقلیم جهانی می‌شود. بنابراین لزوم توجه بیشتر به حفظ و احیاء جنگل‌ها بیش از پیش احساس می‌شود. در حال حاضر تکنولوژی استفاده از اطلاعات مکانی حاصل از سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای، اطلاعات جامع و هدفمندی را برای مطالعات محیط زیستی فراهم کرده است. در این پژوهش نیز با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل۲ که قدرت تفکیک مکانی، طیفی و زمانی مطلوبی دارند، به بررسی و تعیین سطح، پراکنش و انبوهی جنگل‌های منطقه ارسباران و سایر کاربری‌ها پرداخته شد. جنگل‌های ارسباران در ارتفاعات قره‌داغ در شمال استان آذربایجان شرقی قرار گرفته و مساحت منطقه مورد مطالعه ۵۵۱۲۱۱ هکتار است. طبقه‌بندی منطقه به کاربری جنگل (انبوه، نیمه انبوه، تنک و خیلی تنک)، مرتع، کشاورزی، مسکونی و بایر، باغ و آب با استفاده از الگوریتم‌های مختلف انجام شد. نتایج نشان داد روش طبقه‌بندی نظارت‌شده حدکثر احتمال، بهترین روش برای طبقه‌بندی جنگل‌های ارسباران است. براساس نتایج به‌دست آمده مساحت جنگل‌های با تراکم بیشتر از ۵ درصد، ۱۳۱۰۱۹ هکتار محاسبه شده است که ۳۹ درصد آن مربوط به جنگل انبوه، ۳۶ درصد نیمه انبوه، ۱۷ درصد تنک و ۸ درصد خیلی تنک می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه بیشترین سطح کاربری به‌ترتیب مربوط به مرتع، جنگل، کشاورزی، مسکونی و بایر، باغ و آب محاسبه شده است. با ارزیابی و تعیین صحت نقشه نهایی، ضریب کاپا ۰/۸۸ و صحت کلی ۸۹/۸٪ به‌دست آمد. این نتایج نشان داد روش طبقه‌بندی نظارت‌شده پیکسل پایه، روشی قابل قبول بوده و نقشه به‌دست آمده قابل اطمینان و کاربردی می‌باشد. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در تهیه برنامه‌های کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت مدیریت پایدار جنگل‌های کشور استفاده شود که منجر به شناسایی اراضی تخریب‌شده و جلوگیری از تعرض به اراضی منابع ملی جنگلی خواهد شد و همچنین به عنوان ابزاری مناسب برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری برای آینده جنگل‌ها به‌کار رود.

**واژه‌های کلیدی: جنگل ارسباران، طبقه‌بندی نظارت‌شده، تصاویر ماهواره‌ای سنتینل۲، کاربری زمین، انبوهی جنگل**

*********

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران (نویسنده مسئول) ra.oh.fo@gmail.com

۲- مربی پژوهش، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران khosrowm40@gmail.com

۳- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران yarahmadi@itc.nl

٤- مربّی پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران knajibzadeh@gmail.com

## ۱- مقدمه

جنگل‌ها یکی از مهم‌ترین عوامل حفظ و پایداری محیط زیست هستند و این اکوسیستم‌ها خدمات زیادی مانند جذب و ذخیره کربن، کاهش آلودگی هوا، کاهش سر و صدا، تنظیم میکروکلیما، جلوگیری از فرسایش خاک، کاهش آلودگی‌های ناشی از ریزگردها و تفریح و تفرج فراهم می‌کنند. علاوه بر آن، از نظر اقتصادی (گیاهان دارویی، پرورش زنبور عسل و چرای دام‌ها) نیز جنگل‌هاجایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند *(FAO, 2015)*. همچنین جنگل‌ها در بهتر کردن کیفیت محیط زیست، کیفیت زندگی و توسعه شهری پایدار نیز مؤثرند *(Li &Wang, 2003)*. امروزه در کشورهای در حال توسعه، منابع طبیعی به منظور اهداف اقتصادی با شدت زیادی در حال بهره‌برداری هستند و گسترش کشاورزی در زمین‌های جنگلی، زغال‌گیری، برداشت چوب سوخت و چوب صنعتی نقش مهمی در تخریب جنگل‌ها دارند که باعث تأثیر بر تنوع زیستی، خصوصیات خاک، کمیّت و کیفیت آب و اقلیم جهانی می‌شود *(Kadıoğulları, 2013)*. از آنجا که میزان تراکم پوشش جنگل‌ها در یک کشور به مثابه شاخص توسعه‌یافتگی آن کشور محسوب می‌شود *(Miller, 1997)* بنابراین لزوم توجه بیشتر به حفظ و احیای جنگل‌ها بیش از پیش احساس می‌شود و جای تردید نیست که موفقیت در حفاظت از جنگل‌های موجود، در آینده با ارزیابی و بررسی‌های کمی آن‌ها امکان‌پذیر خواهد بود *(FAO, 2015)*.

یکی از روش‌های ارزیابی کمّی جنگل‌ها استفاده از تصاویر ماهواره‌ای است. تکنولوژی استفاده از اطلاعات مکانی حاصل از سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای، اطلاعات جامع و هدفمندی را برای مطالعات محیط زیستی فراهم کرده است. تصاویر ماهواره‌ای چند طیفی، تصاویر با قدرک تفکیک مکانی مطلوب و چند زمانه بودن تصاویر، در دهه‌های اخیر باعث استفاده آسان‌تر از اطلاعات شده است و تعداد زیاد تحقیقات در زمینه پایش و مدیریت در زمینه‌های مختلف محیط زیستی مانند جنگلداری، اقلیم‌شناسی و هیدرولوژی نشان‌دهنده امکان‌پذیری و قابلیت بالای سنجش از دور در مطالعات محیطی می‌باشد *(Szostak et al., 2016)* همچنین تصاویر ماهواره‌ای به‌دلیل تنوع در دقت نمایش عوارض، به‌روز بودن، پوشش دادن مناطق وسیع، امکان استفاده در مناطق صعب‌العبور، در دسترس بودن و هزینه مناسب آن‌ها نسبت به روش‌های نقشه‌برداری زمینی به‌عنوان ابزاری توانا در جهت تهیه نقشه، مورد استفاده قرار می‌گیرند *(سازمان فضایی ایران، ۱۴۰۱)*.

ناحیه رویشی ارسباران یکی از پنج ناحیه رویشی مهم در ایران است که سطح تقریبی آن در منابع مختلف از ۱۳۲ تا ۱۷٤ هزار هکتار عنوان شده است *(FAO,۲۰۲۰؛ سایت سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور،۱۳۹۹)*. این جنگل‌ها جزء جنگل‌های نیمه‌مرطوب کشور هستند و فعالیت‌های شدید انسانی در چند دهه گذشته، سیمای ظاهری، ترکیب و ساختار جنگل‌های ارسباران را به شدت تغییر داده و منطقه دچار از هم‌گسیختگی زیست‌محیطی شده است *(مرادی و همکاران، ۱۳۹۵)*. اطلاعات موجود از سطح دقیق این جنگل‌ها به لحاظ داشتن نواقص فراوان نظیر تهیه آن به روش سنتی، عدم وجود مستندات علمی و کارشناسی و یا قدیمی بودن آن، کارایی لازم را در تصمیم‌گیری‌های مدیریت پایدار این جنگل‌ها ندارد. همچنین تمام بررسی‌ها موردی و بیشتر در محدوده منطقه حفاظت شده ارسباران(حدود ۸۰ هزار هکتار) انجام شده و به جز یک مورد بررسی اداره کل منابع طبیعی آذربایجان شرقی در سال ۱۳۸۲ تحت عنوان طرح صیانت از جنگل های ارسباران شمالی، هیچ بررسی دیگری در سطح کل ارسباران و تعیین سطح کاربری‌های آن انجام نشده است. طبق مطالعه اداره کل منابع طبیعی آذربایجان شرقی (۱۳۸۲)، منطقه با وسعت ۵۵۱۲۱۱ هکتار از ۱۱ واحد هیدرولوژیک تشکیل شده است که به ترتیب مرتع با ۲٦۳۰۰۰، جنگل با ۱٤۱٤۳۰، کشاورزی با ۷٦۰۰۰، مسکونی و بایر با ۱۵۳۲۰و بستر رودخانه‌ها با ۷۹۰هکتار بیشترین سطح کاربری‌ها در منطقه را تشکیل می‌دهند و حدود ۵۵۰۰۰ هکتار نیز مخلوطی از زراعت، باغ و مرتع

تقسیم‌بندی شده است. همچنین طبق نتایج این مطالعه حدود ۱۸۹۲۴۳ هکتار از اراضی منطقه قابلیت جنگل‌کاری دارد.از مطالعات انجام شده دیگر می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

پیش‌نماز احمدی و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی تغییرات پوشش زمین‌های شهرستان کلیبر (حوضه کلیبرچای ارسباران) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و تکنیک فازی شیءگرا، طی مدت ۲۷ سال(۲۰۱۷-۱۹۹۰) نشان دادند که سطح جنگل‌ها و مراتع درجه ۱ روند کاهشی داشته و مراتع درجه ۲، اراضی مسکونی و اراضی بدون پوشش افزایش یافته است. همچنین یاراحمدی و همکاران (۱۳۹۸) با هدف آشکارسازی تغییرات ۱۲ ساله (۲۰۱۳-۲۰۰۱) چهل هزار هکتار پوشش جنگلی در حوضه ایلگنه‌چای ارسباران از تصاویر لندست و IRS استفاده کردند و با استفاده از روش طبقه‌بندی شیءگرا، منطقه به ۹ کلاس مجزا تقسیم شد. با مقایسه سطح کلاسه‌های مختلف در تصاویر پردازش شده، نتایج نشان‌دهنده کاهش۲۷/۳۳ درصد از سطح پوشش جنگلی طی ۱۲ سال می‌باشد.

نصیری و همکاران (۱۳۹۸) نیز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست به بررسی تغییرات پوشش جنگلی بخشی از منطقه حفاظت شده ارسباران طی ۲٤ سال(۱۳۹۳-۱۳٦۹) پرداختند و نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که ۹۹۲ هکتار از جنگل‌های پرتراکم و ۱۵۹۲ هکتار از جنگل‌های کم‌تراکم طی مدت زمان ۲٤ سال کاهش یافته است.

Amini Parsa و همکاران (۲۰۱٦) هم به تحلیل زمانی-مکانی تغییرات کاربری و پوشش اراضی ذخیره‌گاه بیوسفر ارسباران پرداختند. آن‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره لندست(۱۹۸۹- ۲۰۰۰-۲۰۱۳) منطقه را به سه طبقه کشاورزی، جنگل و زمین بایر طبقه‌بندی کردند.سپس با استفاده از مدل زنجیره مارکوف پیش‌بینی برای سال ۲۰۳۷ ارائه دادند. نتاج نشان داد که سطح جنگل‌ها در حال کاهش و سطح زمین کشاورزی و مراتع درحال افزایش است و لازم است تا در اولین قدم قوانین سختگیرانه‌ای برای حفاظت از این مناطق اجرا شود.

ماهواره Sentinel2 که در سال ۲۰۱۵ شروع به‌کار کرده است، به‌منظور بهبود و ارتقاء پایش به‌هنگام‌تر پدیده‌های سطح زمین مثل جنگل‌ها (مدیریت و جلوگیری از تخریب)، پوشش اراضی، کشاورزی، مدیریت بلایای طبیعی (سیل وآتش‌سوزی)، تغییرات اقلیمی، سواحل و بدنه‌های آبی، توسعه یافته است. قابلیت بالای این ماهواره در تولید اطلاعات با دقت بالا، بسیار مورد توجه قرار گرفته و مطالعه‌ای نیز نشان داده که خطای رادیومتریک این ماهواره بسیار کم و از ۰/۰۳ تا ۰/٤ ٪ است ***(Phiri et al.,2020)***. کاربرد ماهواره Sentinel2 در بخش جنگل شامل تهیه نقشه مساحت جنگل‌ها، تفکیک انواع جنگل‌ها، تحلیل شاخص سطح برگ، تعیین حد و مرز با گونه‌های خاص جنگلی، پایش آتش در جنگل، تعیین موجودی جنگل، بررسی آفات جنگلی و غیره که به‌دلیل قدرت تفکیک مکانی مطلوب(۱۰ متر) و داشتن باند لبه قرمز بسیار مناسب و مفید می‌باشد ***(Phiri et al.,2020)***.

Puletti و همکاران (۲۰۱۸) از تصاویر ماهواره Sentinel2 برای طبقه‌بندی تیپ جنگلی در مناطق مدیترانه‌ای استفاده کردند که در این مطالعه از باندهای ۱۰ و ۲۰ متری و همچنین چهار شاخص گیاهی استفاده شد و جنگل‌ها به سوزنی‌برگ، پهن‌برگ و آمیخته و همچنین تیپ جنگلی به جنگل‌های راش، مخلوط نوئل و نراد، شاه بلوط و جنگل آمیخته بلوط تقسیم شد که صحت کلی ۸۳٪ را به همراه داشت. نتایج ثابت کرد که این تصاویر برای نقشه‌سازی و پایش جنگل‌ها مناسب و مؤثر هستند. Lewandowska و Ho´sciło (۲۰۱۹) نیز از تصاویر چند زمانه Sentinel2 برای تفکیک و طبقه‌بندی جنگل و غیر جنگل، نوع جنگل (پهن‌برگ یا سوزنی‌برگ) و نوع گونه درختی استفاده کردند. صحت کلی به ترتیب ۹۸/۳٪، ۹٤/۸٪ و ۸۱/۷٪ برای طبقه‌بندی جنگل و غیر جنگل، نوع جنگل و نوع گونه درختی نشان داد که پتانسیل تصاویر چند زمانه Sentinel2 برای تفکیک پوشش جنگلی و نوع آن بسیار بالا است. همچنین نتایج تحقیق Ottosen و همکاران (۲۰۲۰) برای تهیه نقشه پوشش درختی

در شمال اروپا با استفاده از تصاویر Sentinel2 نشان داد که با استفاده از باندهای لبه قرمز و مادون قرمز با طول موج کوتاه بیشترین تطابق بین نقشه حاصل از داده‌های ماهواره‌ای و آماربرداری ملی جنگل حاصل می‌شود و صحت کلی نقشه نهایی را ۹۰٪ به‌دست آوردند. Naik و همکاران (۲۰۲۱) به‌منظور تخمین و پیش‌بینی میزان بیوماس رویه زمینی جنگل به ارزیابی قابلیت خصوصیات زمانی، مکانی و طیفی داده‌های ماهواره‌ای چندطیفی از جمله Sentinel2 پرداختند. نتایج حاکی از کارآمدی تصاویر چندزمانه نسبت به یک زمانه بوده و طیف‌های لبه قرمز و مادون قرمز موج کوتاه تأثیر به‌سزایی در بهبود مدل‌سازی بیوماس داشته است.

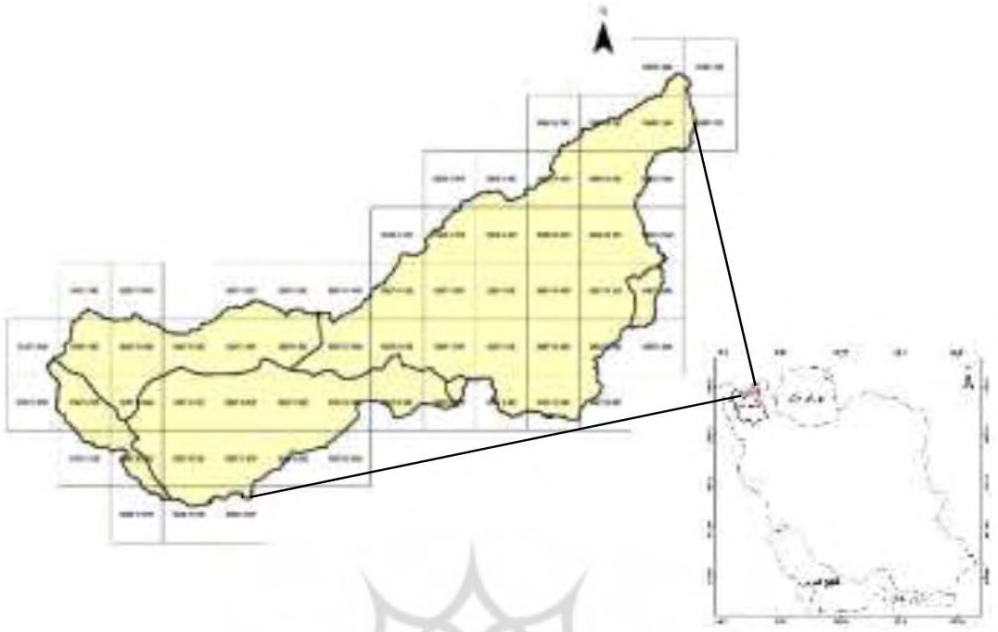
به‌دلیل تناقض و ابهام در آمار و اطلاعات موجود از عرصه‌های جنگلی رویشگاه ارسباران،در حال حاضر از آن‌ها نمی‌توان در بهینه کردن طرح‌های جنگل‌داری و جنگل‌کاری استفاده نمود. به لحاظ ماهیت کاربردی این تحقیق و تولید نقشه‌های موضوعی و رقومی، مطابق با استاندارد سازمان نقشه‌برداری کشور، علاوه بر تعیین سطح و پراکنش فعلی جنگل‌های منطقه، این اطلاعات می‌تواند مبنای مناسب و دقیق برای مقایسه و ارزیابی‌های تحقیقاتی آینده در این عرصه‌ها قرار گیرد. نتایج حاصل از تحقیق حاضر می‌تواند منجر به تهیه برنامه کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت مدیریت پایدار جنگل‌های کشور شود که این امر منجر به شناسایی اراضی تخریب شده و جلوگیری از تعرض به اراضی منابع ملی جنگلی خواهد شد. هدف اصلی این تحقیق بررسی و ارزیابی کمّی جنگل‌ها (سطح، انبوهی و پراکنش مکانی) و سایر کاربری‌های زمین در عرصه‌های جنگلی در منطقه ارسباران با وسعت ۵۵۱۲۱۱ هکتار است که برای اولین بار، پایش کمّی عرصه‌های جنگلی ارسباران با استفاده از داده‌های ماهواره Sentinel2 با داشتن باندهایی با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر صورت می‌گیرد. با استفاده از این روش، نقشه‌های موضوعی دقیق‌تری به‌دست آمده و برداشت‌های میدانی و زمان اجرای پروژه کاهش می‌یابد. همچنین ایجاد بانک اطلاعات مکانی از پوشش‌های زمین در رویشگاه ارسباران و ارزیابی‌های کمّی (۱۰ سالانه) تغییرات کاربری اراضی جنگلی با تکرار مطالعه امکان‌پذیر خواهد بود.

## ۲- داده و روش‌ها

### ۲-۱- داده‌های استفاده شده در تحقیق

#### ۲-۱- ۱- منطقه مورد مطالعه

جنگل‌های ارسباران در شمال‌غرب کشور و در ارتفاعات قره‌داغ در شمال استان آذربایجان شرقی واقع شده و جزء زیر ناحیه‌ی هیرکانی از ناحیه اصلی اروپا- سیبری است. این جنگل‌ها به شکل نواری نسبتاً باریک در نیمرخ شمالی رشته کوه‌های قره‌داغ از کناره رود مرزی ارس تا بیش از ۲۰۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا ادامه دارند. مساحت کل منطقه ارسباران شمالی حدود ۵۵۱۲۱۱ هکتار است (طرح صیانت از جنگل‌های ارسباران شمالی، ۱۳۸۲) که در عرض جغرافیایی "۵۹ '۲۵ °۳۸ تا "۷ '۲۰ °۳۹ شمالی و طول جغرافیایی "۹'۱۸ °٤٦ تا "۵ '۱٦°٤۷ شرقی قرار گرفته است. جنگل‌های ارسباران گذری از مناطق و اکوسیستم‌های جنگلی هیرکانی به مناطق و اکوسیستم‌های جنگلی کلشن (Colshan) ارمنستان و مناطق و اکوسیستم‌های جنگلی زاگرس می‌باشد. این جنگل‌ها پهن‌برگ و خزان‌کننده و دارای ۱۳۳٤گونهٔ گیاهی هستند که به ٤۹۳جنس و۹۷تیره تعلق دارند *(بیرنگ و همکاران،۱۳۷۳)*. ارتفاعات متغیر منطقه ارسباران و موقعیت خاص اقلیمی و تأثیرپذیری از چندین جریان آب و هوایی (مدیترانه‌ای، سیبری و خزری) زمینه‌ساز یکی از غنی‌ترین رویشگاه‌های جنگلی کشور شده که از نظر اکولوژیکی جزء ۱۱ ذخیره‌گاه بیوسفر ایران شناخته شده است *(طاهری آبکنار،۱۳۸۹)*. چنین تنوع گونه‌ای و ژنتیکی زیاد، جایگاه ویژه‌ای را به این اکوسیستم مهم کشور بخشیده است. بخش عمدهٔ منطقه پوشش گیاهی خود را در اثر تبدیل به زمین‌های زراعی، زغال‌گیری و با چرای شدید از دست داده و آماده فرسایش شده است. طبق نظر سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، سطح تقریبی جنگل‌های



**نگاره۱: محدوده منطقه جنگلی ارسباران در برگ شاخص نقشه ۱:۲۵۰۰۰**

واقع در منطقه ارسباران با تاج پوشش بالای ۵ درصد، ۱۳۲۲۰۳/۰۰۲۶ هکتار (سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری، ۱۳۹۹) و براساس آخرین بررسی اداره کل منابع طبیعی آذربایجان شرقی،سطح جنگل‌ها، بیشه‌زارها و درختچه‌زارها در ارسباران ۱٤۱٤۳۰ هکتار می‌باشد *(طرح صیانت از جنگل‌های ارسباران شمالی، ۱۳۸۲)*. این ناحیه از چهار واحد هیدرولوژیکی با نام‌های سلن‌چای، کلیبرچای، ایلگنه‌چای و حاجلرچای تشکیل شده است. تعیین محدوده منطقه ارسباران با استفاده از نقشه‌های موضوعی به‌دست آمده از اداره کل منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی و نقشه بلوک‌بندی(شیت) ایران براساس برگ شاخص ۱:۲۵۰۰۰ انجام شد (نگاره ۱).

**۲-۱- ۲- تصاویر ماهواره‌ای و نرم‌افزارها**

ماهواره Sentinel2 دارای ۱۳ باند طیفی با قدرت تفکیک رادیومتریکی ۱۲ بیتی است که باندهای این تصاویر در محدوده طیفی مرئی، مادون قرمز، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز موج کوتاه می‌باشند. این ماهواره دارای قدرت تفکیک مکانی ۱۰،۲۰،٦۰ متری و پهنای باند ۲۹۰ کیلومتر است. به‌منظور اجرای این طرح، داده‌های تصاویر سنجنده ماهواره Sentinel2A، مربوط به سال ۲۰۱۹ با پوشش کامل منطقه مورد مطالعه از سایت https://www.usgs.gov دانلود و تهیه شد که شامل چهار فریم با ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ کیلومتر است. همچنین برای انجام این تحقیق از نرم‌افزارهای ERDAS Imagine2014 و ENVI5.3 برای پردازش و تفسیر تصاویر رقومی، Arc GIS10.8 برای تهیه نقشه‌های نهایی، تصاویر Google Earth برای ارزیابی صحت نقشه‌ها و GPS برای برداشت نقاط استفاده شد.

**۲-۲- روش تحقیق**

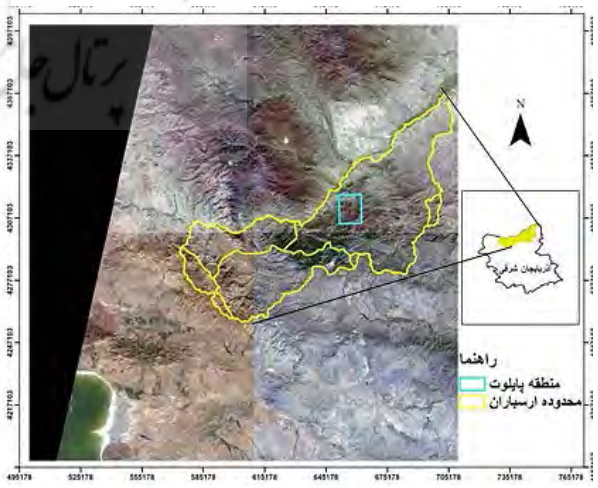
**۲-۲-۱- آماده‌سازی تصاویر (پردازش تصاویر و تفسیر داده‌های ماهواره‌ای) و تعیین ترکیب باندی**

با توجه به سطح تصحیح L1C تصاویر ماهواره‌ای دانلود شده برخی تصحیحات شامل تصحیحات رادیومتری، هندسی و همچنین تصحیح خطای جابه‌جایی ناشی از توپوگرافی بر روی تصاویر اعمال شده است. بررسی تصحیحات اتمسفری نیز بر روی هر باند به‌طور جداگانه توسط نرم‌افزار SNAP و افزونه SEN2COR بررسی و رفع شد. با توجه به هدف این تحقیق، به‌منظور شناسایی

و تعیین بهترین ترکیب باندی برای طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه، ابتدا میانگین تفکیک‌پذیری باندها محاسبه شد که بهترین میانگین تفکیک‌پذیری با استفاده از روش شاخص تفکیک‌پذیری Divergence به‌دست آمد. همچنین باندهای مورد استفاده در این بررسی تمام باندهای ۱۰ متری و دو باند ۲۰ متری شامل باندهای مرئی، مادون قرمز، لبه قرمز و طول موج کوتاه و همچنین شاخص NDVI با توجه به کارایی بالای این شاخص در تشخیص پوشش گیاهی و تفکیک طبقات انبوهی جنگل (استخراج از باند ٤ و ٨) می‌باشند. پس از آن باندهای ۲۰ متری به منظور یکسان‌سازی تفکیک مکانی باندهای مورد استفاده Resample شدند و در نهایت تمامی باندها ادغام گردیدند.

**۲-۲-۲- تعیین بهترین الگوریتم به منظور طبقه‌بندی منطقه**

به‌منظور بررسی و آزمایش الگوریتم‌های مختلف و ارزیابی اولیه آن‌ها و انتخاب بهترین روش طبقه‌بندی لازم بود تا منطقه پایلوت تعیین شود. انتخاب این منطقه با توجه به اطلاعات کافی از آن محدوده و وجود تمام کاربری‌ها در شیت مورد نظر انجام شد که در نهایت شیت با برگ شاخص INW5367 به وسعت ۱۵۰۰۰ هکتار (یک شیت از نقشه ۱:۲۵۰۰۰) به‌عنوان منطقه پایلوت تعیین شد (نگاره۲).




**نگاره۲: تصاویر رنگ مجازی ماهواره Sentinel2 مربوط به محدوده مورد مطالعه و منطقه پایلوت**

در این تحقیق ابتدا ۹ الگوریتم (Spectral Information Divergence, Parallelepiped, Spectral Angle Mapper, Minimum Distance, Mahalanobis Distance, Spectral Correlation Mapper, Maximum Likelihood, Support Vector Machine, Objective Classifier) با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و شیءپایه در منطقه پایلوت آزمایش شد تا براساس نتایج ارزیابی صحت اولیه و با استفاده از نمونه‌برداری‌های انجام گرفته، بهترین الگوریتم با دقت قابل قبول مشخص شود و به‌طور گسترده در سراسر محدوده ارسباران مورد استفاده قرار گیرد که بهترین الگوریتم براساس شاخص‌های صحت شامل ضریب کاپا و صحت کلی تعیین می‌گردد.

با استفاده از داده‌های موجود و نتایج طرح‌های اجرا شده در منطقه و همچنین بازدیدهای متعدد از منطقه، کاربری‌های اصلی واقع در منطقه ارسباران شناسایی شدند. همچنین طبق تعریف سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشوراز جنگل‌های خارج شمال، جنگل‌ها از نظر تراکم پوشش به صورت زیر تقسیم‌بندی گردیدند. جنگل انبوه (Dense Forest (DF (تاج پوشش بیشتر از ۵۰٪)، جنگل نیمه انبوه (Semi Dense Forest (SDF (تاج پوشش ۵۰٪ تا ۲۵٪)، جنگل تنک (Sparse Forest (SF (تاج پوشش ۲۵٪ تا ۵٪) که در این تحقیق به دو طبقه جنگل تنک با تاج پوشش ۲۵٪ تا۱۰٪ و جنگل خیلی‌تنک (Very Sparse Forest (VSF با تاج پوشش ۱۰٪ تا ۵٪ تقسیم شد)، زراعت Agriculture، باغ یا درختان مثمر Garden، مرتع Rangeland، مناطق مسکونی و اراضی بدون پوشش Residential soilbare–area و آب Water.

**۲-۲-۳- تعریف سایت الگویی(نقاط تعلیمی)**

برای نمونه‌برداری زمینی به‌منظور تعریف نقاط تعلیمی، از روش نمونه‌برداری دو مرحله‌ای (Two Stage Sampling) که برای نمونه‌برداری در عرصه‌های وسیع مانند ناحیه رویشی جنگل‌های ارسباران مناسب است، استفاده شد

*(زبیری، ۱۳۸٦)*. در این روش تمام منطقه به بلوک‌های مختلف (شیت‌های نقشه بابرگ شاخص ۱:۲۵۰۰۰) تقسیم شد. تعداد چهار بلوک، تصادفی انتخاب شدند.در مرحله دوم به منظور پیاده کردن محل نمونه‌ها از روش آماری منظم تصادفی (سیستماتیک) استفاده و در فصل بهار، تابستان و پاییز ۱۳۹۹ اطلاعات جمع‌آوری شد. بر روی هر شیت یک شبکه تعریف شد که تقاطع خطوط شبکه، محل نمونه را تعیین می‌کند. برداشت مختصات نقاط به تعداد کافی، با پراکنش مناسب در محل نمونه‌ها و در هر طبقه کاربری انجام شد که حداقل ۳۰ نقطه در کاربری‌های مرتع، کشاورزی، آب، باغ، روستا اقدام به جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز از قبیل نوع کاربری وحداقل ۳۰ محدوده جنگلی (۱۰۰۰ مترمربعی) به منظور تعیین درصد تاج‌پوشش در جنگل‌های انبوه، نیمه انبوه، تنک و خیلی تنک برداشت شد.

در ادامه به منظور استفاده از تصاویر گوگل ارث در ارزیابی صحت لازم است تا دقت این تصاویر بررسی شود. برای سنجش دقت تصاویر گوگل ارث استفاده شده در این تحقیق از نقاط برداشت زمینی استفاده شد و یک لایه اطلاعاتی از نقاط برداشت شده تهیه و با روی‌هم‌گذاری این لایه بر روی تصاویر گوگل ارث، صحت تصاویر مشخص گردید.

**۲-۲-٤- ارزیابی صحت نقشه نهایی**

این تحقیق بااستفاده از روش رایج Accuracy Assessment که برمبنای مقایسه نقشه استخراج‌شده از داده‌های ماهواره‌ای با اطلاعات واقعیت زمینی می‌باشد انجام شد و تصاویر گوگل ارث در ارزیابی صحت مورد استفاده قرار گرفت. پس از تهیه نقشه طبقه‌بندی شده نهایی، در محیط ArcGIS جدولی از نقاط طبقه‌بندی شده تهیه گردید که برای هر کاربری حدود ۱۰۰ نقطه در نظر گرفته شد*(Ottosen et al., 2020)* و حدود یک سوم نقاط بر روی زمین کنترل و نوع کاربری آن‌ها مشخص شد. سپس بقیه نقاط باقیمانده با استفاده از تصاویر گوگل ارث مورد ارزیابی قرار گرفتند. در نهایت نقشه‌های استخراج شده با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده از تعداد نقاط درست طبقه‌بندی شده، تعداد کل نقاط واقعیت زمینی وغیره، با تشکیل ماتریس خطا، ارزیابی شدند. آماره‌هایی که به منظور ارزیابی صحت نقشه‌ها استفاده شد شامل صحت کلی، ضریب کاپا، صحت تولیدکننده و صحت کاربر هستند.

## ۳- نتایج

**۳-۱- ترکیب باندی مناسب برای طبقه‌بندی منطقه ارسباران**

بهترین ترکیب باندی برای طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه به‌دست آمد که در این تحقیق از باندهای ۲-۳-٦-۱۲ و همچنین شاخص NDVI استفاده شد. از شاخص NDVI برای تفکیک کلاسه‌های مختلف جنگل استفاده شد و ابتدا منطقه به دو قسمت جنگل و غیر جنگل طبقه‌بندی و تفکیک گردید. سپس نقشه مقادیر NDVI در منطقه جنگلی تهیه و براساس حساسیت بالای این شاخص به تغییرات پوشش گیاهی و مقادیر ارزشی پیکسل‌ها طبقه‌بندی مناطق جنگلی به چهار طبقه تراکمی انجام شد.

**۳-۲- معرفی بهترین الگوریتم برای طبقه‌بندی منطقه ارسباران**

در مطالعه دقت طبقه‌بندی‌های مختلف با الگوریتم‌های مورد نظر، مشخصات آماری دقت تولیدکننده، دقت کاربر، خطاهای حذف شده و لحاظ شده مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت طبق شاخص کاپا با بیشترین ضریب، بهترین الگوریتم انتخاب شد. طبق شاخص‌های صحت، طبقه‌بندی نظارت‌شده با الگوریتم Maximum Likelihood (حداکثر احتمال)، با ضریب کاپا ۰/۸۸٦۲ و صحت کلی ۸۹/٦٪، مناسب‌ترین و بهترین روش برای طبقه‌بندی منطقه ارسباران انتخاب شد (جدول ۱)، که می‌تواند به‌دلیل تعداد نقاط تعلیمی کافی با پراکنش مناسب از کاربری‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه، تفکیک مکانی مطلوب تصاویر استفاده شده و ناهمگن بودن شرایط محیطی منطقه باشد *(Stoffels et al., 2015؛ اسکندری، ۱۳۹۸)*.

**جدول۱: شاخص‌های صحت حاصل از طبقه‌بندی براساس ۹ الگوریتم مختلف در منطقه پایلوت**

| الگوریتم | ضریب کاپا | صحت کلی ٪ |
|---|---|---|
| Maximum Likelihood | ۰/۸۸٦۲ | ۸۹/٦ * |
| Minimum Distance | ۰/٦٥۸۸ | ۷٦/۱ |
| Spectral Correlation Mapper | ۰/۳۳٥۲ | ٤۲/۸ |
| Parallelepiped | ۰/٥٤۷٦ | ٦۳/۷ |
| Spectral Angle Mapper | ۰/٥۲۱۸ | ٥۹/۷ |
| Spectral Information Divergence | ۰/٤٦۹۱ | ٥۰/٤ |
| Support Vector Machine | ۰/٦۲٤۸ | ۸۲/٤ |
| Objective | ۰/٦٦۳۱ | ۷۹/٦ |
| Mahalanobis Distance | ۰/۳٤٤۲ | ٤۲/۲ |

** صحت کلی قابل قبول برای طبقه‌بندی منطقه جنگلی ارسباران*

### ۳-۳- ارزیابی نقاط تعلیمی و تصاویر گوگل ارث

به‌منظور تعریف نقاط تعلیمی بر روی تصاویر ماهواره‌ای در مجموع ۲۸۰ نقطه زمینی برداشت شد. براساس نقاط برداشت شده، نقاط تعلیمی برای ۹ کاربری مختلف روی تصویر تعریف و مشخص شد. در مجموع تعداد پیکسل‌های تعریف شده بر روی تصاویر ماهواره‌ای ۱٦۷٤۲۲ به‌دست آمد. همچنین با ارزیابی صحت تصاویر گوگل ارث مشخص شد که ۲٦٦ نقطه از ۲۸۰ نقطه با واقعیت مطابقت داشته که صحت کلی تصاویر گوگل ارث ۹۵٪ به‌دست آمد (جزئیات آن در جدول ۲ نشان داده شده است).

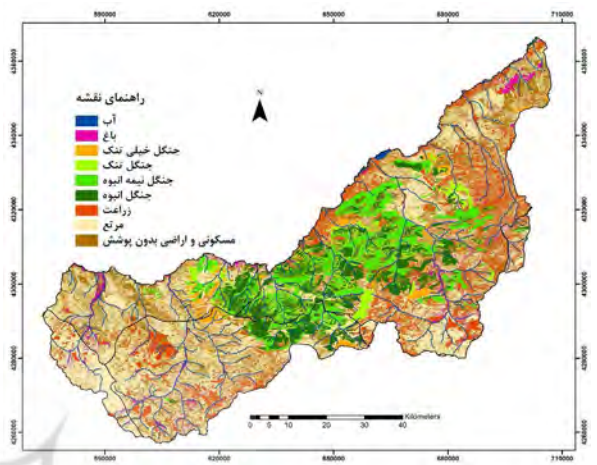
### ۳-٤- طبقه‌بندی منطقه رویشی ارسباران براساس بهترین الگوریتم

طبق نتایج به‌دست آمده از شاخص‌های صحت، منطقه

**جدول۲: تعداد نقاط برداشت زمینی و پیکسل‌های نمونه تعلیمی منطقه ارسباران**

| نوع کاربری | تعداد نقاط یا سطح برداشت شده زمینی | تعداد نقاط صحیح هر کاربری براساس تصاویر گوگل ارث | تعداد پیکسل‌های نمونه تعلیمی بر روی تصاویر ماهواره‌ای | صحت کلی ٪ |
|---|---|---|---|---|
| جنگل انبوه | ۳۳ | ۳۳ | ۲٤٤۸۰ | ۱۰۰ |
| جنگل نیمه انبوه | ۳۰ | ۲۸ | ۲٤٤۰۰ | ۹۳/۳ |
| جنگل تنک | ۳۰ | ۲۸ | ۲۷٥٥۰ | ۹۳/۳ |
| جنگل خیلی تنک | ۳۰ | ۲۷ | ۲۱۰٤۰ | ۹۰ |
| مرتع | ۳۰ | ۲۷ | ۳۰۰۷۰ | ۹۰ |
| کشاورزی | ۳۰ | ۲۸ | ۲۰۱۹۰ | ۹۳/۳ |
| مسکونی و اراضی بدون پوشش | ۳۷ | ۳۷ | ۲٤٦۱ | ۱۰۰ |
| آب | ۳۰ | ۲۹ | ۱٤٦٥٤ | ۹٦/٦ |
| باغ | ۳۰ | ۲۹ | ۲٥۷۷ | ۹٦/٦ |
| جمع | ۲۸۰ | ۲٦٦ | ۱٦۷٤۲۲ | ۹٥ |

ارسباران براساس الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی شد و نقشه نهایی منطقه با ۹ کاربری در نگاره۳ نشان داده شده است(نگاره۳).



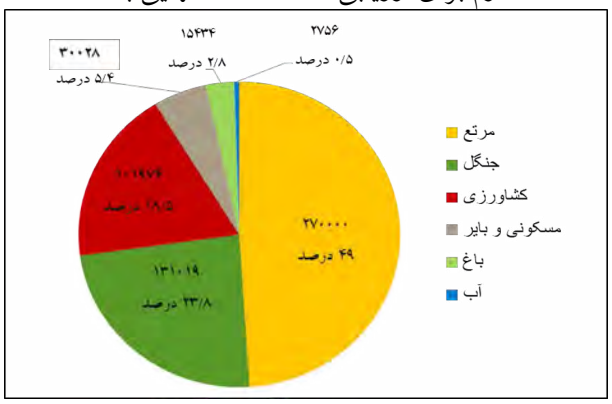

**نگاره۳: نقشه طبقه‌بندی شده نهایی کاربری اراضی در منطقه رویشی ارسباران**

### ۳-۵- تعیین سطح کاربری‌های موجود در منطقه ارسباران

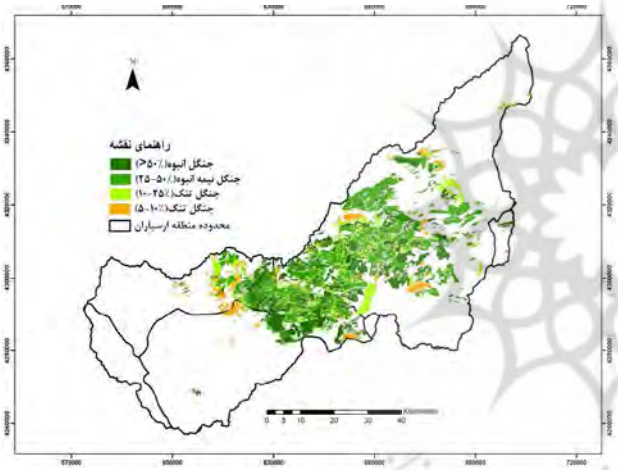
پس از انتقال نقشه‌های به‌دست آمده به محیط ArcGIS و ادامه مراحل کار بر روی پلیگون‌های به‌دست آمده، در نهایت مساحت کاربری‌های موجود در منطقه به‌دست آمد(نگاره٤). همانطور که در نگاره نشان داده شده است بیشترین سطح کاربری در منطقه ارسباران به ترتیب مربوط به مرتع، جنگل، کشاورزی، مسکونی و اراضی بدون پوشش، باغ و آب است.طبق نتایج به‌دست آمده مساحت جنگل‌های ارسباران با پوشش بالای ۵٪، ۱۳۱۰۱۹ هکتار محاسبه شد. همچنین براساس تفکیک سطح انبوهی جنگل، مساحت جنگل‌های انبوه ۵۰٦۲۸ (تاج پوشش بیشتر از ۵۰٪)، جنگل نیمه انبوه ٤۷۹۳۰ (تاج پوشش ۵۰-۲۵٪)، جنگل تنک (تاج پوشش ۲۵-۱۰٪) ۲۱۹۱۷ و جنگل تنک(تاج پوشش ۱۰-۵٪) ۱۰۵٤٤ هکتار به‌دست آمد (نگاره ۵).

### ۳-٦- جدول ماتریس خطا و تعیین شاخص‌های صحت

طیّ مقایسه ۸۸۰ نقطه طبقه‌بندی شده حاصل از نقشه نهایی با نقاط کنترل زمینی و تصاویر گوگل ارث (نگاره٦)، اطلاعات لازم برای ارزیابی صحت نقشه نهایی به‌دست آمد.




**نگاره٤: مساحت کاربری‌های مختلف زمین در منطقه ارسباران (هکتار)**




**نگاره۵: نقشه پراکنش سطوح مختلف تراکم جنگل در منطقه ارسباران**

**نگاره٦: پراکنش نقاط کنترل زمینی در منطقه رویشی**

**جدول۳: ماتریس خطا طبقات مختلف نقشه کاربری اراضی منطقه ارسباران**

| نمونه‌های واقعیت زمینی | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نمونه‌های نقشه کاربری اراضی | | جنگل انبوه | جنگل نیمه‌انبوه | جنگل تنک | جنگل خیلی‌تنک | زراعت | مرتع | آب | باغ | مناطق مسکونی | جمع | صحت کاربر ٪ |
| | جنگل انبوه | ۹۳ | ۲ | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۹۸ | ۹٤/۸۹ |
| | جنگل نیمه‌انبوه | ۳ | ۸۹ | ۳ | ۱ | ۲ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۹۸ | ۹۰/۸۱ |
| | جنگل تنک | ۰ | ۱ | ۹۲ | ۳ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۹۸ | ۹۳/۸۷ |
| | جنگل خیلی‌تنک | ۰ | ۰ | ۲ | ۸٦ | ٤ | ۲ | ۰ | ۳ | ۱ | ۹۸ | ۸۷/۷۵ |
| | زراعت | ۰ | ۰ | ۰ | ۲ | ۸۹ | ۳ | ۲ | ۱ | ۱ | ۹۸ | ۹۰/۸۱ |
| | مرتع | ۰ | ۱ | ۱ | ۰ | ۲ | ۹۱ | ۰ | ۱ | ۲ | ۹۸ | ۹۲/۸۵ |
| | آب | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۳ | ۲ | ۸۵ | ۱ | ٤ | ۹۷ | ۸۷/٦۲ |
| | باغ | ۱ | ۱ | ٤ | ۳ | ٥ | ۰ | ۰ | ۸۲ | ۱ | ۹۷ | ۸٤/٥۳ |
| | مناطق مسکونی | ۰ | ۰ | ۱ | ۳ | ۱ | ٥ | ۲ | ۳ | ۸۳ | ۹۸ | ۸٤/٦۹ |
| جمع | | ۹۷ | ۹٤ | ۱۰٥ | ۹۹ | ۱۰۷ | ۱۰٤ | ۸۹ | ۹۳ | ۹۲ | ۸۸۰ | |
| صحت تولیدکننده٪ | | ۹٥/۸۷ | ۹٤/٦۸ | ۸۷/٦۱ | ۸٦/۸٦ | ۸۳/۱۷ | ۸۷/٥ | ۹٥/٥ | ۸۸/۱۷ | ۹۰/۲۱ | | |
| صحت کلی= ۸۹/۸ ٪ | | | | ضریب کاپا= ۰/۸۸٤ | | | تعداد کل نقاط درست طبقه‌بندی شده= ۷۹۰ | | | | | |

**ارسباران**

با تشکیل ماتریس خطا و روابط بین تعداد نقاط درست طبقه‌بندی شده و تعداد کل نقاط واقعیت زمینی، شاخص‌های صحت کاربر و صحت تولیدکننده برای هر کاربری و ضریب کاپا و صحت کلی برای نقشه کل محاسبه شد (جدول ۳). طبق نتایج، صحت کلی و ضریب کاپا برای نقشه کاربری اراضی منطقه رویشی ارسباران به ترتیب ۸۹/۸ ٪ و ۰/۸۸٤ به‌دست آمد.

## ٤- بحث و نتیجه‌گیری

امروزه به منظور بالا بردن توانایی و کمک به تصمیم‌گیران در مواجهه با چالش‌های محیط زیستی و غلبه بر مشکلات تغییر اقلیم، افزایش گاز گلخانه‌ای، کاهش سطح جنگل‌ها و دیگر مشکلات لازم است تا اطلاعات دقیق و قابل اطمینانی از سطح زمین داشته باشیم. اگرچه روش‌های زیادی برای کسب اطلاعات وجود دارد اما اطلاعات ماهواره‌ای با تنوع و جزئیات زیاد داده‌ای، پوشش وسیع، هزینه کم، قابلیت تصویربرداری در مناطق غیرقابل دسترس و قابلیت تصویربرداری در دوره‌های زمانی معین روش مناسبی برای بررسی سطح زمین هستند ***(Castro Gómez, 2017)***.

به‌منظور شناسایی و تعیین بهترین ترکیب باندی برای طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه، با محاسبه و بررسی نتایج بهترین میانگین تفکیک‌پذیری باندها از باندهای لبه قرمز و طول موج کوتاه در انتخاب بهترین ترکیب(۲-۳-٦-۱۲) استفاده شد. نتایج Ottosen و همکاران (۲۰۲۰) و Naik و همکاران (۲۰۲۱) نیز حاکی از اهمیت بالای باندهای لبه

قرمز و طول موج کوتاه در طبقه‌بندی پوشش گیاهی است. طبق نتایج این پژوهش از بین تمام الگوریتم‌های مورد بررسی، الگوریتم حداکثر احتمال با شاخص‌های صحت کلی ۸۹/٦٪ و ضریب کاپا ۰/۸۸٦۲، بهترین روش برای طبقه‌بندی جنگل‌های ارسباران شناخته شد. اگرچه در برخی از تحقیقات انجام شده، استفاده از الگوریتم‌های دیگر صحت بالاتری را نسبت به الگوریتم حداکثر احتمال نشان دادند (*CastroGómez, 2017؛ جهانبخشی و اختصاصی، ۱۳۹۷*) اما صحت کلی روش حداکثراحتمال در غالب موارد روش مطلوبی برای طبقه‌بندی ارزیابی شده است و اگر بهترین نباشد اما روش قابل قبولی شناخته شده است.

تقوی مقدم و همکاران(۱۳۹۵) نیز برای تعیین کاربری اراضی در حوضه سد ستارخان آذربایجان شرقی، جهانبخشی و اختصاصی(۱۳۹۷) برای تعیین سطح جنگل‌های حرا و Mirakhorlou و Akhavan (۲۰۱۷) برای طبقه‌بندی تراکم جنگلی در جنگل‌های هیرکانی نشان دادند که صحت کلی روش حداکثر احتمال، حداقل ۹۰ درصد می‌باشد.

ارزیابی صحت نقشه‌های به‌دست آمده با روش Accuracy Assessment انجام شد. و طبق نتایج از کل ۸۸۰ نقطه واقعیت زمینی، ۷۹۰ نقطه درست طبقه‌بندی شده به‌دست آمد. که با محاسبه آماره‌های ارزیابی صحت با استفاده از جدول ماتریس خطا، صحت نقشه نهایی تعیین شد که ضریب کاپا ۰/۸۸ و صحت کلی ۸۹/۸٪ به‌دست آمد. اگرچه دقت شاخص تولیدکننده و کاربر در تمامی کاربری‌ها بالای ۰/۸۳ بود اما بیشترین صحت کاربری مربوط به جنگل‌های انبوه بود که بالاترین دقت کاربر و تولیدکننده را به خود اختصاص داد. همچنین کمترین دقت کاربر مربوط به کاربری باغ و کمترین دقت تولیدکننده مربوط به زراعت می باشد. بیشترین تداخل‌ها نیز مربوط به کاربری زراعت با باغ و مرتع با مناطق مسکونی و اراضی فاقد پوشش بود. که دلیل آن کاشت توأمان درختان باغی و محصولات زراعی در منطقه و همچنین پوشش کم یا خشک شدن مراتع است که در این صورت با مناطق بدون پوشش تداخل پیدا می‌کنند. نتایج نشان داد که روش طبقه‌بندی نظارت‌شده پیکسل پایه با الگوریتم حداکثر احتمال، روشی قابل قبول بوده و نقشه به‌دست آمده قابل اطمینان و کاربردی می‌باشد.

Rujoiu-Mare و همکاران(۲۰۱۷) با استفاده از همین روش نقشه کاربری منطقه کوهستانی در رومانی را تهیه کردند و صحت کلی آن را ۹۸/٦۵٪ به‌دست آوردند. همچنین Miranda و همکاران (۲۰۱۸) نیز با همین روش به طبقه‌بندی کاربری منطقه‌ای در اندونزی پرداختند و صحت کلی آن را ۱۰۰ درصد و ضریب کاپا را ۰/٤۸۹٦ به‌دست آوردند.

براساس نقشه به‌دست آمده از تحقیق حاضر مساحت جنگل‌های با پوشش بالای ۵ درصد واقع در کل منطقه ارسباران، ۱۳۱۰۱۹ هکتار است که بیشترین سطح آن با۳۸ درصد مربوط به جنگل انبوه، و کمترین سطح با ۸ درصد مربوط به جنگل خیلی تنک می‌باشد. متأسفانه ارزیابی و تعیین سطح جنگل‌های منطقه ارسباران در تمامی پژوهش‌های گذشته به‌صورت محدود و غالباً در منطقه حفاظت‌شده و ذخیره‌گاه بیوسفر ارسباران انجام شده است و اطلاعات فعلی موجود از سطح جنگل‌های کل منطقه ارسباران با استناد به سایت سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشورو اداره کل منابع طبیعی آذربایجان شرقی امکان‌پذیر است. طبق برآورد سازمان مربوطه، مساحت جنگل‌های با پوشش بالای ۵ درصد ارسباران، ۱۳۲۲۰۳ هکتار و براساس طرح صیانت از جنگل‌های ارسباران اداره کل منابع طبیعی آذربایجان شرقی(۱۳۸۲)، مساحت جنگل‌ها، درختچه‌زار و بیشه‌زارهای ارسباران ۱٤۱٤۳۰ هکتار اعلام شده است. آنچه مسلم است چه در سطح کلی منطقه و چه در سطح منطقه حفاظت شده تمامی نتایج حاکی از کاهش سطح جنگل‌های ارسباران طی ٤۵ سال گذشته می‌باشد (*Rasuly و همکاران 2010؛ پیشنماز احمدی و همکاران،۱۳۹٦؛ نصیری و همکاران،۱۳۹۸*). همچنین طبق مقایسه نتایج قبلی موجود در منطقه (*طرح صیانت از جنگل‌های ارسباران اداره کل منابع طبیعی آذربایجان شرقی،۱۳۸۲*)، با اطلاعات حاصل از این تحقیق مشخص شد که از سطح

جنگل‌های انبوه کاسته (از ٥٦٩١٠ هکتار به ٥٠٦٢٨ هکتار تقلیل یافته است) و به سطح جنگل‌های نیمه انبوه و تنک افزوده شده است (جنگل نیمه انبوه از ٣٥٢٨٠ به ٤٧٩٣٠ و جنگل‌های تنک از ١٦٤١٠ به ٣٢٤٦١ افزایش پیدا کرده است). طبق نتایج به‌دست آمده بیشترین سطح کاربری‌ها به‌ترتیب مربوط به مرتع، جنگل، کشاورزی، مسکونی و اراضی بدون پوشش، باغ و آب است. که ٤٩ درصد منطقه از مراتع و ٢٣/٨ درصد از جنگل، ١٨/٥ درصد از زمین‌های کشاورزی، ٥/٤ درصد از مسکونی و اراضی بدون پوشش، ٢/٨ درصد از باغ و ٠/٥ درصد از آب تشکیل شده است. با بررسی و مقایسه اطلاعات حاصل از طرح صیانت از جنگل‌های ارسباران مسلم است که با کاهش سطح جنگل‌ها، به سطح دیگر کاربری‌ها (مرتع، کشاورزی، باغ، بایر) طی چند دهه گذشته افزوده شده است ( ***Amini Parsa و همکاران (2016) ؛ پیشنماز احمدی و همکاران،١٣٩٦***).

نقشه به‌دست آمده از پراکنش و انبوهی و سطح جنگل‌های ارسباران در مطالعه حاضر و داشتن اطلاعات به‌روز از وضعیت این جنگل‌ها می‌تواند ابزاری مناسب برای مدیریت بهتر این منابع با ارزش باشد که با تکرار بررسی‌ها و انجام دوباره طبقه‌بندی و تهیه نقشه پراکنش جنگل‌های منطقه طی دوره‌های ۵ یا ۱۰ ساله و مقایسه آن با نقشه فعلی می‌توان به پایش و ارزیابی تغییرات ایجاد شده پرداخت و برای مدیریت پایدار این منابع و بررسی تغییرات آن‌ها و جلوگیری از تخریب و کاهش سطح آن‌ها برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری کرد.

## ۵- راهکار و پیشنهاد

با توجه به اهمیت و ارزش اکولوژیک منطقه رویشی ارسباران و همچنین وضعیت فعلی جنگل‌های آن (طبق نتایج به‌دست آمده از سطح و پراکنش جنگل‌های انبوه، نیمه‌انبوه، تنک و خیلی تنک)، مهم‌ترین راهکار پیشنهادی برای حفظ آنچه امروز به عنوان رویشگاه ارسباران باقی مانده است، مدیریت حفاظتی کل منطقه رویشی، نظارت دائم آن‌ها و پایش جنگل‌ها به طور مستمر و مقایسه نتایج دوره‌ای آن‌ها می‌باشد. این امر در جنگل‌های انبوه و نیمه انبوه به نظر کافی می‌رسد اما در جنگل‌های تنک و رویشگاه‌هایی که هنوز فرصت بهبود و احیا دارند با بررسی بیشتر می‌توان علاوه بر حفاظت، با یک برنامه‌ریزی دراز مدت حفاظتی و قرق شدن و اجرای عملیات‌های پرورشی یا دخالت‌های بهداشتی آن‌ها را به سمت مراحل تحول طبیعی سوق داد. همچنین در جنگل‌های خیلی تنک و تخریب یافته، می‌توان جنگل‌کاری با گونه‌های بومی منطقه را توصیه کرد.

همچنین به منظور جلوگیری از گسترش کاربری‌های انسانی در مناطق جنگلی می‌توان موارد زیر را پیشنهاد داد:

- بررسی و شناخت نیاز اقتصادی- اجتماعی جامعه محلی به منظور کاهش وابستگی آن‌ها به جنگل‌ها و کاهش حضور دام در مناطق رویشی و همچنین جلوگیری از قاچاق چوب.
- شناسایی مناطق زراعی، باغی و کلیه کاربری‌های غیر جنگلی در محدوده مناطق جنگلی و احیای آن‌ها.
- افزایش قرقبان با توجه به مساحت منطقه (طبق استاندارد برای هر۲هزار هکتار جنگل و هر ۵ هزار هکتارمرتع، یک قرقبان در نظر گرفته می‌شود***(محبی، ١٤٠١)***).
- ارزیابی کمّی مجدد منطقه بعد از ۵ یا ۱۰ سال و مقایسه نتایج به منظور بررسی تغییرات ایجاد شده.

## ٦- منابع و مآخذ


۱- اسکندری، س. (۱۳۹۸). مقایسه الگوریتم‌های مختلف تهیه نقشه پوشش زمین در رویشگاه‌های حساس زاگرس با استفاده از تصویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ (مطالعه موردی: بخشی از استان ایلام).سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۰(۱)، ۸۷-۷۲.

۲- بیرنگ، ن.، جوانشیر، ع. و مجتهدی، ی.(۱۳۷۳). گزارش طرح فلور آذربایجان. دانشگاه تبریز، ۳۰۰ ص.

۳- پیشنماز احمدی، م.، محمدزاده، ک. و حجازی، ا. (۱۳۹٦). ارزیابی الگوی تغییرات پوشش جنگلی با استفاده از تکنیک‌های فازی شیءگرا( مطالعه موردی: شهرستان کلیبر). جغرافیا و پایداری محیط، ۲۵، ۱۱۱-۹۵.

٤- تقوی مقدم، ا.، بهرامی، ش.، و اکبری، ا.(۱۳۹۵). مقایسه دو روش حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی در ارزیابی تغییرات سطح جنگل‌های حراء با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در منطقه حفاظت‌شده گاندو استان سیستان بلوچستان. پژوهش های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۳(۱)،٤۸-۲۳.

۵- جهانبخشی، ف.، واختصاصی، م. (۱۳۹۷). ارزیابی عملکرد سه روش طبقه‌بندی تصویر (جنگل تصادفی، ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال) در تهیه نقشه کاربری اراضی. علوم آب و خاک، ۲۲(٤)، ۲٤۷-۲۳۵.

٦- زبیری، م.(۱۳۸٦). زیست‌سنجی(بیو متری) جنگل. انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ٤۱۱ ص.

۷- طاهری آبکنار،ک. (۱۳۸۹). جنگل‌شناسی جنگل‌های خارج از شمال. نشر حق‌شناس،۱۵۲ص.

۸- طرح صیانت از جنگل‌های ارسباران شمالی. (۱۳۸۲). اداره کل منابع طبیعی آذربایجان شرقی.

۹- محبی، ع. (۱٤۰۱). چهارچوب مدیریت مشارکتی برای حفاظت فیزیکی از مراتع. طبیعت ایران، ۷ (۱)، ۳۲-۲۵.

۱۰- مرادی، ش.، رمضانی، ا.، علیجانپور، ۱.، و بانجشفیعی، ع. (۱۳۹۵). بررسی کمّی و کیفی و پهنه‌بندی ارتفاعی توده‌ای جنگلی منطقه حفاظت شده ارسباران. فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲٤(۳)، ٥٤۰-٥۲۹.

۱۱- نصیری، و.، درویش صفت، ع.، شیروانی، ا.، و عواطفی همت، م. (۱۳۹۸). آشکارسازی و مدل‌سازی تغییرات گستره جنگل‌های ارسباران با استفاده از مدل‌های رگرسیون لجستیک- زنجیره مارکوف و مدل ژئومد. فصلنامه فضای جغرافیایی، ۱۹(٦۵)، ۱۸۹-۱۷۱.

۱۲- یاراحمدی، ج.، رستمی‌زاد، ق.، و ساعی، ح. (۱۳۹۸). آشکارسازی تغییرات پوشش جنگلی به روش شیءگرا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در حوضه آبخیز ایلگنه چای جنگل‌های ارسباران. مجله ترویجی حفاظت و بهره‌برداری جنگل‌های هیرکانی، ۱(۲)، ۷۰-۵۹.

13- Amini Parsa, V., Yavari, A.,& Nejadi, A.(2016). Spatio-temporal analysis of land use/land cover pattern changesin Arasbaran Biosphere Reserve: Iran.Model. Earth Syst. Environ, 2(178), 1-13.

14- Castro Gómez, M. G. (2017). Joint use of Sentinel-1 and Sentinel-2 for land cover classification: A machine learning approach. MSc degree. Faculty of Geo-information Science and Earth Observation.Lund University.

15- FAO, (2015). “How are the World’s Forests Changing? Global Forest Resources Assessment”. Vol. 114. www.fao.org.

16- FAO, (2020). Global forest resources assessment. Report, IRAN.

17- Ho´sciło, A., &Lewandowska, A. (2019). Mapping Forest Type and Tree Species on a Regional Scale Using Multi-Temporal Sentinel-2 Data. Remote Sens, 11(929).

18- Kadıoğulları, A.İ. (2013). Assessing implications of land use and land cover changes in forest ecosystems of NE Turkey.Environ Monit Assess, 185, 2095 – 2106.

19- Li, F., &Wang, R. (2003). Evaluation, Planning and Prediction of Ecosystem Services of Urban Green Space: A Case Study of Yangzhou City. Acta. Ecol. Sin, 23, 1929–1936.

20- Miller, R.W. (1997). Urban Forestry: Planning and Managing Urban Green Spaces, (2nd ed). Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, USA.

C., &Săvulescu, I.(2017). Land cover classification in RomanianCarpathians and Subcarpathians using multi-date Sentinel-2 remote sensing imagery.Eur. J. Remote Sens, 50, 496–508.

29- Stoffels, J., Hill, J., Sachtleber, T., Mader, S., Buddenbaum, H., Stern, O., Langshausen, J., Dietz, J., &Ontrup, G.(2015). Satellite-Based Derivation of High-Resolution ForestInformation Layers for OperationalForest Management.Forests, 6, 1982-2013.

30- Szostak, M., Wężyk, P., Hawryło, P., &Puchała, M. (2016). Monitoring the secondary forest succession and land cover/use changes of the błędów desert (Polan d) using geospatial analyses.Quaestiones Geographicae, 35(3),5-13.

21- Mirakhorlou, Kh.,& Akhavan, R. (2017). Forest density and orchard classification in Hyrcanian forests of Iran using Landsat 8 data. Journal of Forest Science, 63(8), 355–362.

22- Miranda, E., Mutiara, A.B.,&Wibowo, W.C. (2018). Classification of land cover from Sentinel-2 imagery usingsupervised classification technique (preliminary study). In Proceedings of the 2018 International Conferenceon Information Management and Technology (ICIMTech), Jakarta, Indonesia, 3–5 September, 69–74.

23- Naik, P., Dalponte, M,.&Bruzzone, L. (2021). Prediction of Forest Aboveground Biomass using Multitemporal Multispectral Remote Sensing Data. Remote Sens, 13(1282).

24- Ottosen, T.B., Petch, G., Hanson, M., &Skjøth, C.A. (2020).Tree cover mapping based on Sentinel-2 images demonstrate high thematic accuracy in Europe.Int J Appl Earth Obs Geoinformation, 84(101947), 1-12.

25- Phiri, D., Simwanda, M.,Salekin, S.,Nyirenda, V.R., Murayama, Y., &Ranagalage, M. (2020). Sentinel-2 Data for Land Cover/Use Mapping:A Review.Remote Sens, 12(2291), 1-35.

26- Puletti, N., Chianucci, F., &Castaldi, C.(2018). Use of Sentinel-2 for forest classification in Mediterranean environments. AnnAls of silvicultur Al reseArch, 42(1), 32-38.

27- Rasuly, A., Naghdifar, R., &Rasoli, M. (2010). Detecting of Arasbaranforest changesapplying image processing procedures and GIS techniques. Procedia of EnvironmentalSciences, 2, 454-464.

28- Rujoiu-Mare, M. R., Olariu, B., Mihai, B. A., Nistor,

**COPYRIGHTS**

©2023 by the authors. Published by National Geographical Organization. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Unported (CC BY-ND 3.0)