



ORIGINAL RESEARCH PAPER

Presenting a temporal-spectral signature model to identify and distinguish different plant species by using satellite images

P. Afzali Kordmahalleh¹, S. Behzadi^{*2}¹ Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaei Teacher Training University. Tehran, Iran² Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

ABSTRACT

Received: 12 June 2024
Reviewed: 221 July 2024
Revised: 24 August 2024
Accepted: 01 November 2024

KEYWORDS:

Object Recognition
Temporal-Spectral Signature
Satellite Imagery
Forest Species Classification

* Corresponding author

✉ s_behzadi@sbu.ac.ir

☎ (+9821) 73932488

Background and Objectives: Object recognition is a widely discussed topic across various disciplines. However, identifying tree species in forests remains challenging due to their similar appearances and behaviors. This study aims to address this issue by leveraging the temporal-spectral signature model in Google Earth Engine (GEE) to differentiate forest plant species. The innovation of this research lies in determining the temporal-spectral behavior of tree species by calculating the brightness of satellite image bands across different months of the year, creating a unique matrix for each species.**Methods:** The study utilized Landsat 8 and 9 satellite imagery from 2016 to 2022, focusing on a section of the southern forests of Gilan province. Initially, spectral behavior curves for vegetation, land, and water were plotted. By coding in GEE, the average brightness values for each band were calculated, producing combined bar and line graphs for the three categories. Temporal-spectral signatures for tree species were then developed using typology maps and field surveys, with 200 data points collected for oak, hornbeam, beech, alder, and Bergan needle species. A matrix of 84×1 was formed, representing the temporal-spectral signature for each species, using Bands 1 to 7 of Landsat 8 across 12 months. MATLAB was employed to visualize the generated matrices.**Findings:** The results revealed distinct brightness levels in specific bands and months for different species. For instance, in the first band during the second month, brightness values for oak, hornbeam, beech, Bergan needle, and alder were 0.38, 0.31, 0.27, 0.46, and 0.25, respectively. The highest brightness levels for most species occurred in the fifth band during the tenth month. Classification using the random forest method with both 7-band and 84-band inputs showed that the innovative temporal-spectral signature approach improved the Kappa coefficient to approximately 0.4. This unique signature enables the accurate identification and differentiation of tree species, supported by field observations.**Conclusion:** The study demonstrates that temporal-spectral signatures can effectively differentiate tree species in forests, facilitating improved classification and monitoring. This approach holds potential for broader application to other species, paving the way for advanced forest management and monitoring by organizations such as natural resources and environmental agencies. Future research should extend this method to additional species to further enhance forest classification systems.

NUMBER OF REFERENCES

32



NUMBER OF FIGURES

15



NUMBER OF TABLES

2

مقاله پژوهشی

ارائه مدل امضای طیفی زمانی به منظور شناسایی و تفکیک گونه‌های مختلف گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

پارسا افضلی کردهجمله^۱، سعید بهزادی^{۲*}^۱ گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران^۲ گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: تشخیص اشیا یکی از موضوعات پرکاربرد در بسیاری از رشته‌ها است. با این حال، شناسایی گونه‌های درختی در جنگل‌ها به دلیل شباهت‌های ظاهری و رفتاری، چالشی اساسی محسوب می‌شود. این پژوهش با هدف شناسایی عوارض و تفکیک گونه‌های گیاهی در جنگل‌ها به روش مدل امضای طیفی زمانی در سامانه گوگل ارث انجام شده است. نوآوری این پژوهش در تعیین رفتار طیفی زمانی گونه‌های درختی نهفته است؛ به این صورت که روشنایی باندهای تصاویر ماهواره‌ای در ماه‌های مختلف سال برای هر گونه محاسبه شده و ماتریسی منحصربه‌فرد ایجاد می‌شود.

روش‌ها: داده‌های اصلی این مطالعه شامل تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و ۹ در بازه زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۲ است و منطقه مورد مطالعه بخشی از جنگل‌های جنوب استان گیلان می‌باشد. در مرحله اول، نمودار رفتار طیفی گیاه، خشکی و آب ترسیم شد. میانگین مقادیر هر باند برای این سه عارضه در طول یک سال محاسبه شده و نمودارهای ترکیبی میله‌ای و خطی ایجاد شدند. در مرحله دوم، با استفاده از نقشه‌های تیپولوژی و برداشت‌های زمینی، ۲۰۰ نقطه داده برای گونه‌های بلوط، ممرز، راش، توسکا و سوزنی‌برگ جمع‌آوری شد. با ایجاد مدلی، میانگین مقادیر هر باند در ماه‌های مختلف محاسبه شد و ماتریس ۸۴×۱ به عنوان امضای طیفی زمانی هر گونه ایجاد گردید. این ماتریس‌ها با استفاده از نرم‌افزار متلب نمایش داده شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که روشنایی باندها در ماه‌های مشخص برای هر گونه متفاوت است. به عنوان مثال، در باند اول ماه دوم، روشنایی گونه‌های بلوط، ممرز، راش، سوزنی‌برگ و توسکا به ترتیب ۰.۳۸، ۰.۳۱، ۰.۲۷، ۰.۴۶ و ۰.۲۵ بود. بیشترین میزان روشنایی برای چهار گونه درختی در بلند پنجم ماه دهم و کمترین میزان در بلند هفتم ماه دوازدهم مشاهده شد. طبقه‌بندی با روش جنگل تصادفی و با استفاده از ۷ باند و ۸۴ باند انجام شد که ضریب کاپا در روش پیشنهادی به حدود ۰.۴ افزایش یافت.

نتیجه‌گیری: امضای طیفی زمانی به عنوان یک روش منحصربه‌فرد، امکان شناسایی و تفکیک گونه‌های جنگلی را فراهم می‌کند. این پژوهش با استفاده از برداشت‌های زمینی دقت مناسبی را نشان داده است. پیشنهاد می‌شود این روش برای گونه‌های دیگر نیز به کار گرفته شود تا طبقه‌بندی جنگل‌ها بهبود یابد. این اقدامات می‌تواند مدیریت و نظارت بر جنگل‌ها را برای سازمان‌هایی نظیر منابع طبیعی و محیط زیست تسهیل کند.

تاریخ دریافت: ۲۳ خرداد ۱۴۰۳
تاریخ داور: ۳۱ تیر ۱۴۰۳
تاریخ اصلاح: ۰۳ شهریور ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۱ آبان ۱۴۰۳

واژگان کلیدی:

تشخیص اشیا
امضای طیفی-زمانی
تصاویر ماهواره‌ای
طبقه‌بندی گونه‌های جنگلی

* نویسنده مسئول

s_behzadi@sbu.ac.ir

۲۱-۷۳۹۳۲۴۸۸

مقدمه

امروزه جنگل‌های شمال کشور، نیازمند مناسبترین و سریعترین روش تهیه اطلاعات و تلفیق آنها با یکدیگر برای برنامه ریزی و مدیریت بهینه می‌باشد [۲]. ضرورت تعیین عوارض، دلیلی شده است که علم سنجش از دور به کمک انسان بیاید. با کمک علم سنجش از دور و استفاده از تحلیل‌ها زمانی مکانی سیستم اطلاعات جغرافیایی، امکان شناسایی گونه‌های جنگلی فراهم می‌شود. این علوم به جمع‌آوری اطلاعات در مورد اشیا از راه دور در مکان‌ها و زمان‌های مختلف، معمولاً با ماهواره می‌پردازند. حجم بسیار زیاد تصاویر هوایی چند طیفی، منجر به کاهش شدید سرعت پردازش داده‌ها و بروز مشکلاتی در آرشیو و مدیریت آنها برای تولید نقشه گونه‌های درختی می‌شود [۳]. یکی از متداول‌ترین

جنگل‌ها از مهمترین منابع طبیعی هستند که وجودشان عاملی حیاتی برای زنده ماندن گونه‌های گیاهی و جانوری می‌باشد. از این رو مدیریت و برنامه‌ریزی برای جلوگیری از نابودی جنگل‌ها برای هر جامعه امری ضروری می‌باشد. یکی از امور ضروری در محیط زیست، تعیین و تفکیک گونه‌های جنگلی و تیپ‌بندی آنها می‌باشد. با این روش پایش و مدیریت جنگل آسان‌تر خواهد بود. نکته مهم در بهره‌گیری از تمام قابلیت‌های تصاویر در جنگلداری، اجرای روش بهینه طبقه بندی و استخراج اطلاعات مفید است [۱]. از طرفی به دلیل وسعت زیاد مناطق جنگلی، شناسایی گونه‌های درختی به صورت سنتی و دستی غیرممکن است.

به ترتیب با ۰/۹۴ و ۹۵/۳ است [۹]. روحانی و همکاران با استفاده از تصاویر لندست به مطالعه تغییرات محیط زیستی و پیرامونی در استان قم از سال ۱۹۸۹ میلادی تا ۲۰۱۹ پرداختند. تصاویر مربوطه پردازش و در ۱۱ کلاس طبقه‌بندی شد. دو روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و کمترین فاصله در استان قم مناسب ارزیابی گردید. نتایج طبقه‌بندی مربوط به تصاویر اخذشده در سال ۲۰۱۹، رشد مثبت مشهود در کلاس های شهری، کشاورزی، انواع مرتع و پهنه های آبی را نشان داد [۱۰]. خدماتی و همکاران با هدف جلوگیری از نابودی درختان بلوط، در شهرستان گیلانغرب، رفتار طیفی جنگل‌های آلوده به زوال بلوط قبل و بعد از اجرای برش بهداشتی را توسط تصاویر ماهواره لندست ۸ از سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷ بررسی کردند. ۳۰ نقطه در منطقه تعیین و شاخص های گیاهی NDVI، WDI، SAVI و NDWI استخراج شد. نتایج نشان داد که نمودار رفتار طیفی بعد از اجرای برش بهداشتی تا سال ۱۳۹۷ روند صعودی داشته است [۱۱]. اسمی‌زاده و همکاران در پژوهشی به‌وسیله علم سنجش از دور، تغییرات کربن آلی خاک (SOC) در جنگل‌های استان خوزستان طی ۲۰ سال گذشته را برآورد کردند. تصاویر سنجنده‌های OLI ماهواره لندست ۸ و ETM+ ماهواره لندست ۷ در سال ۲۰۱۶ گردآوری شد. استفاده از روش‌های مختلف رگرسیون خطی ارتباطی میان SOC و نسبت‌های انعکاسی باندهای ماهواره لندست و شاخص‌های گیاهی و رطوبتی مانند NDVI، SAVI، BSCI، NDMI و NSMI پیدا شد. در نتیجه ارتباط میان مواد آلی خاک و انعکاس‌های محدوده طیفی قرمز، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز کوتاه تایید شد [۱۲]. رضایی و همکاران در مورد مدیریت و پایش اراضی آبی در بحث مصرف آب با استفاده از سنجش‌از‌دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به تحقیق پرداختند. هدف اصلی طبقه‌بندی اراضی دشت عباس دهلران در سال آبی ۲۰۲۲ بود. داده‌های اصلی پژوهش شاخص NDVI و سری زمانی تصاویر سنتینل ۲ (باندهای ۴ و ۸) برای ۳ ماه اسفند، فروردین و اردیبهشت بود. دقت طبقه‌بندی انجام‌شده بر اساس نقشه‌های کاداستر، برای اراضی آبی ۹۸.۴٪ و برای اراضی دیم مقدار ۸۶.۷٪ محاسبه شد [۱۳]. جلیلی و همکاران با استفاده از روش های تحلیل طیفی سری زمانی به بررسی علل افت تراز دریاچه ارومیه پرداختند. ترکیب روش های تخمین طیفی چندکاهنده و آنالیز طیف تکین در این تحقیق بررسی شد که نتایج دوره های معنی دار بلندمدت را در سری زمانی تراز دریاچه نشان داد [۱۴]. کوبی و همکاران یک ماژول مکانی طیفی ارائه شده که قادر به استخراج امضای طیفی است. این ماژول پیکسل‌های نواحی مرزی میان دو یا چند ناحیه کلاستر را شناسایی و این نواحی ناهمگن مکانی را حذف می‌کند. هدف ماژول مستقل پیشنهادی، کاهش خطای RMSE تصویر بازسازی شده است [۱۵]. موسایی کردشامی و همکاران در پژوهشی به رفتار طیفی گونه‌های زبان گنجشک، نارون و سرو در دو حالت آلوده و شاهد را بررسی کردند. این تحقیق در بخشی از بزرگراه امام خمینی اصفهان صورت پذیرفت. همچنین شاخص‌های طیفی حساس به استرس و کلروفیل محاسبه شد. نتایج مدل شبکه

شیوه‌ها برای تشخیص عوارض توسط تصاویر ماهواره‌ای استفاده از بازتاب نور در باندهای مختلف است. ترکیب میانگین مقدار این باندها، امضا و رفتار طیفی هر عارضه را نشان می‌دهد. همانگونه که اثرانگشت هر انسان با دیگری فرق می‌کند، امضای طیفی هر عارضه نیز منحصر بفرد است. این خصوصیت در واقع بیانگر رفتار بازتابی عارضه در طول موج های متفاوت می‌باشد [۴]. از کاربردهای مهم امضای طیفی می‌توان به بررسی تغییرات و شناسایی عوارض اشاره کرد. با مدل‌سازی و تحلیل‌های مربوط، رفتار طیفی عوارض تعیین و بطور خودکار طبقه‌بندی می‌شوند. جهت فهم بهتر مطالب، درباره پیشینه موضوع موردنظر مطالعه شده است. عباسی و همکاران اقدام به بررسی رفتار بازتاب طیفی برگ درختان زبان گنجشک سرو و نارون کردند. این گونه‌های درختی در قسمتی از بزرگراه امام خمینی اصفهان قرار داشتند که در معرض آلودگی ترافیکی بودند. شاخص‌های طیفی حساس به استرس و کلروفیل بررسی گردید که نتایج مدل شبکه عصبی مصنوعی برای تفکیک گونه های شاهد و آلوده با استفاده از شاخص های طیفی PRI NDVI Gitelson به ترتیب دارای صحت ۵/۶۲٪ و ۵/۸۷٪ بود [۵]. ایمانی‌فر و حسنیلو بر این باور بودند که ترکیب داده‌های سنجنده‌های متفاوت می‌تواند منجر به پیدایش تغییرات کاذب در شاخص‌های گیاهی گردد. بدین منظور باید کالیبراسیون نسبی انجام گیرد. لذا پژوهشی با هدف حذف تغییرات کاذب ناشی از تفاوت های توابع حساسیت طیفی و شبیه‌سازی منحنی‌های رفتار طیفی، توسط مدلی خطی، کالیبراسیون سنجنده‌های لندست نسبت به سنتینل-۲ صورت پذیرفت. نتایج نشان‌دهنده قابلیت پیوستگی بالای مقادیر بازتاب مادون قرمز و شاخص NDVI میان این دو مجموعه بود [۶]. رنجبر اسلاملو و همکاران به بررسی رفتار بازتابندگی طیفی نهال بلوط ایران (*Quercus Brantii*) متأثر از غلظت-های مختلف گردوغبار در محیط آزمایشگاهی پرداختند. اندازه‌گیری طیفی سطح تاج پوشش با دستگاه اسپکترورادایومتر Fieldspec3 انجام شد و شاخص‌های طیفی PVI، DVI، NDVI و SAVI2 مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد، شاخص های گفته شده روش های مناسبی برای تخمین میزان اثر پذیری از تنش گرد و غبار می‌باشند [۷]. موسایی و همکاران به‌منظور آگاهی از وضعیت سلامتی درختان اقدام به اندازه‌گیری رفتار طیفی درختان زبان گنجشک در دو مکان متفاوت از نظر میزان آلودگی ترافیکی کردند. این عمل توسط اسپکترورادایومتر ASD Field Spec3 در طول موج ۲۵۰۰-۳۵۰ نانومتر صورت پذیرفت. نتایج آنالیز واریانس ANOVA اختلاف معنی‌داری را بین بازتاب طیفی زبان گنجشک در دو محیط آلوده و غیرآلوده با سطح اطمینان ۹۵٪ نشان داد [۸]. مردانه و همکاران به منظور تعیین آفات، تغییرات طیفی گندم آتیلا و گندم کوهی را بررسی کردند. این پژوهش در منطقه دشت مغان شهرستان پارس‌آباد با استفاده از ماهواره‌های IRS و لندست ۸ انجام شد. از بین شاخص‌های استرس و سبزیگی پوشش گیاهی، شاخص GNDVI بیشترین کارایی را داشت و توانست ۸۱٪ وضعیت مناطق را درست برآورد کند. شاخص GVI دارای بیشترین مقدار ضریب کاپا و صحت کلی

وضعیت فیزیولوژیکی ظریف است. پژوهش یادشده کمک می‌کند که در چه شرایطی تغییرات طیفی یک شاخص مفید برای نظارت بر تنوع زیستی است و چگونه می‌توان آن را در شبکه‌های نظارتی ادغام کرد [۲۳]. یو و همکاران پژوهشی را در رابطه با بیماری پژمردگی کاج (PWD) براساس تصاویر فراطیفی مبتنی بر وسیله نقلیه هوایی بدون سرنشین انجام دادند. باندهای قرمز، سبز و آبی و تصویر فراطیفی چندزمانه بدست آمد. ویژگی‌های طیفی هر تاج درخت، مانند بازتاب طیفی، مشتقات طیفی مرتبه اول و دوم، و شاخص‌های پوشش گیاهی محاسبه گردید. نتیجه گرفته شد که تصاویر فراطیفی مبتنی بر پهباد برای نظارت بر بیماری پژمردگی کاج کارآمد است [۲۴]. ژانگ و همکاران به دلیل فنولوژی سالانه متفاوت هر محصول، مدل برازش شده با دمای انباشته (AT) و شاخص گیاهی (VI) را ایجاد کردند. این مدل براساس تصاویر Landsat8، Sentinel2 و دمای سطح زمین در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ بود. این تحقیق ثابت کرد که ویژگی‌های طبقه‌بندی سری VI-AT در سال‌های مورد آزمایش تفاوت‌های درون کلاسی کمتری دارند [۲۵]. باتوجه به مطالعات انجام داده شده مشخص می‌گردد که شناسایی عوارضی که تفاوت فاحشی با هم دارند، بوسیله تصاویر ماهواره‌ای قابل انجام می‌باشد. اما مشخص کردن یک گونه گیاهی یا تعیین محصولات کشاورزی، حتی تعیین آب شیرین یا شور نیاز به بررسی گسترده‌تری دارد. پژوهش حاضر با هدف شناسایی عوارض گوناگون و به‌خصوص طبقه‌بندی و تفکیک گونه‌های گیاهی بوسیله امضای طیفی زمانی، اقدام به ایجاد منحنی رفتار و امضای طیفی گونه‌های بلوط، ممرز، راش، سوزنی برگان و توسکا کرده است.

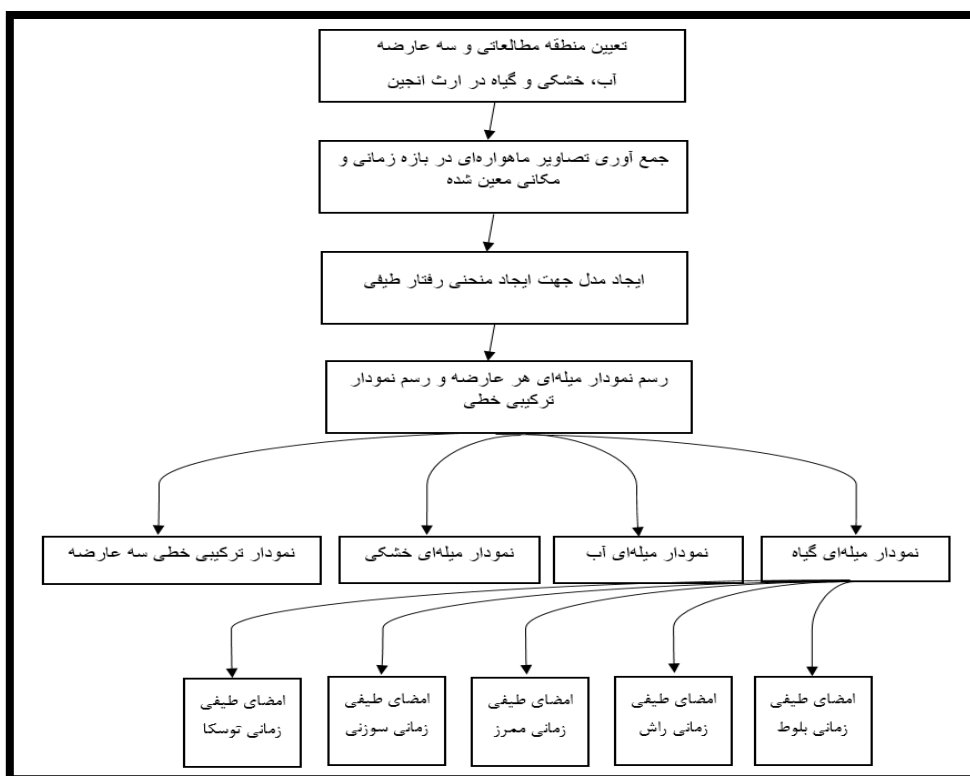
روش تحقیق

با گسترش علم و تکنولوژی بسیاری از اعمالی که خطای انسانی در آن وجود داشت و زمانبر بود، امروزه توسط ماشین‌ها و نرم‌افزارهای مخصوص قابل انجام می‌باشد [۲۶]. به عنوان مثال امروزه شناسایی اجسام با استفاده از تصاویر، شکلی جدید به خود گرفته است. طوریکه هوش مصنوعی قادر به انجام این کار است [۲۷]. با این حال در شناخت عوارض توسط تصاویر ماهواره‌ای همچنان دچار مشکل بوده و دارای خطا است. از آنجا که یکی از مشکلات همیشگی در سنجش از دور، تعیین نوع عارضه و طبقه‌بندی آنها است، این پژوهش با هدف شناسایی عوارض روی زمین بوسیله تصاویر ماهواره‌ای، به بررسی مناطق و عوارض مختلف توسط ماهواره‌های لندست ۸ در سامانه گوگل ارث انجام پرداخته است [۲۸]. اساس کلی پژوهش برپایه منحنی رفتار طیفی عوارض می‌باشد. به این معنی که در تصاویر ماهواره‌ای هر عارضه انعکاس مشخصی را دارد و با ایجاد آن می‌توان هر عارضه را در مناطق مختلف شناسایی کرد [۲۹، ۳۰]. در این راستا بررسی مقدار عددی هر باند از عوارض شبیه به هم، می‌تواند یک امضای طیفی یا منحنی رفتار طیفی منحصر بفرد برای هر جسمی ایجاد کند [۳۱، ۳۲]. در ابتدا با فلوجارت شکل (۱) مراحل کار به صورت مختصر بیان شده است.

عصبی مصنوعی با استفاده از شاخص‌های طیفی برای تفکیک گونه‌های شاهد و آلوده دارای صحت کلی ۷۳/۴٪ بود [۱۶]. قدیمی و همکاران تاثیر گردوغبار بر روی گیاه را توسط سنجش از دور را مورد مطالعه قرار دادند. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شناسایی باندهایی که گردوغبار بر روی آن تاثیرگذار است، شاخص‌های مدنظر تشکیل شد. نتایج نشان داد که بررسی تاثیر گرد و غبار بر روی گیاه با استفاده از این شاخص‌ها شانس کمتری جهت شناسایی شدن دارند. همچنین مشاهده شد که گرد و غبار موجود بر روی گیاه با استفاده از دو روش ولج و مولتی تیپر بهتر قابل شناسایی می‌باشد [۱۷]. هاشمی تنگستانی و همکاران در پژوهشی آشکارسازی واحدهای سنگی کمپلکس سوریان در شمال شرق فارس را هدف قرار دادند. بدین منظور از دسته داده‌های استر و سنتینل ۲ استفاده کردند. برای آشکارسازی واحدهای سنگی منطقه از روش‌های نسبت‌گیری باندی بر روی ۹ باند بازتابی سنجنده استر و روش تحلیل مولفه‌های اصلی بر روی ۹ باند سنتینل ۲ و استر استفاده شد. این پردازش‌ها توانست، واحدهای سنگی کلریت‌آپیدوت شیست، کالک شیست، میکاشیست و همچنین دایک‌های دیابازی و کوارتزیتی را تفکیک کند [۱۸]. رسولیان و همکاران در تحقیقی دست به آشکار سازی تجربی آب‌های کدر و شفاف سد سفیدرود بوسیله تصاویر سنجنده سنتینل-۲ با اتکا به رفتار طیفی آب کدر و شفاف زدند. توسط منحنی رفتار طیفی این آب کدر و شفاف و همچنین شاخص OIF، ترکیب‌های رنگی بهینه تولید شد. در محدوده طول‌موج‌های ۰/۴ تا ۰/۸۷ میکرومتر، این دو پدیده به خوبی قابل تفکیک از هم و سایر پدیده‌ها هستند [۱۹]. کومار و همکاران به تولید امضای طیفی و استخراج ویژگی از کلاس‌های کاربری زمین با استفاده از تصاویر لندست چندزمانه و چندطیفی بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷ اقدام کردند. برای پایش سلامت باغات از شاخص پوشش گیاهی VI استفاده شد. نتایج مطالعه ارائه شده حاکی از آن است که تغییرات قابل توجهی در منطقه مورد مطالعه رخ داده است که بر محیط زیست و فعالیت‌های انسانی تأثیر گذاشته است [۲۰]. شریفی و همکاران با هدف بالا بردن دقت طبقه‌بندی تصاویر ابرطیفی، معماری جدیدی از شبکه‌های عصبی را معرفی کردند. این معماری از بردار طیفی مکانی حاصل از ترکیبات مختلف ویژگی‌های مکانی استفاده می‌کند. نتایج نشان‌دهنده بهتر بودن روش پیشنهادی نسبت به دیگر روش‌ها بود [۲۱]. ورمولن و همکاران به برآورد FVC برای مدیریت پایدار، توسط تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2 و Landsat8، آنالیز طیفی و ژئوپردازش ابری در سامانه گوگل ارث انجام پرداختند. نتایج نشان داد که Sentinel-2 با استفاده از ترکیب باند SWIR2 و شاخص‌های مدنظر بهترین عملکرد را دارد. این مطالعه به برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار زیست‌محیطی و اقتصادی مرتع کمک شایانی می‌کند [۲۲]. فاسناخت و همکاران به بررسی روابط علی ارتباط بین تنوع طیفی و تنوع زیستی گیاهی یا به اصطلاح فرضیه تنوع زیستی (SVH) پرداختند. تحقیقات نمایان ساخت که تغییرات طیفی ناشی از گونه‌ها یا ویژگی‌های عملکردی در مقایسه با سایر عوامل مانند فصلی و

می‌شود. همچنین داده‌های استفاده‌شده مربوط به تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و اندست ۹ است که بنابر موضوع تحقیق با استفاده از فیلترهای زمانی، مکانی و درصد وجود ابر در هر تصویر محدود می‌شوند و درسامانه ارث انجین جهت انجام تحلیل‌های زمانی مکانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. دیگر داده مورد استفاده از تحقیق شیپفایل تیپولوژی گونه‌های درختی قسمت جنوبی استان گیلان می‌باشد. ابتدا سه نقطه در سامانه به‌عنوان خشکی، گیاه و آب در نظر گرفته شده است. نقطه خشکی در دشت کویر (قرمز)، نقطه گیاه در جنگل‌های شمال ایران (سبز) و نقطه آب در دریای خزر (آبی) تعیین شد که در شکل (۲) دیده می‌شود.

بدین منظور در مرحله اول با روش یادشده به شناسایی آب، گیاه و خشکی پرداخته شد. پس از بررسی صحت طبقه‌بندی این سه عارضه، مرحله دوم که هدف اصلی تحقیق می‌باشد، یعنی تعیین نوع گونه‌های گیاهی، هدف قرار می‌گیرد. برای جمع‌آوری داده و تحلیل آن‌ها نیاز به سامانه‌ای قدرتمند می‌باشد. سامانه گوگل ارث انجین به دلیل گردآوری تصاویر با حجم کم و تحلیل زمانی مکانی با سرعت بالا در این پژوهش بکار گرفته شده است. ایجاد توابع متعدد و ساخت مدل‌های گوناگون از دیگر مزیت‌های این سامانه می‌باشد. منطقه مطالعاتی پژوهش قسمت شمالی ایران می‌باشد که تمام عوارض خشکی، گیاه و آب در آن رویت



شکل ۱: فلوچارت مراحل کار

Fig. 1: Flowchart



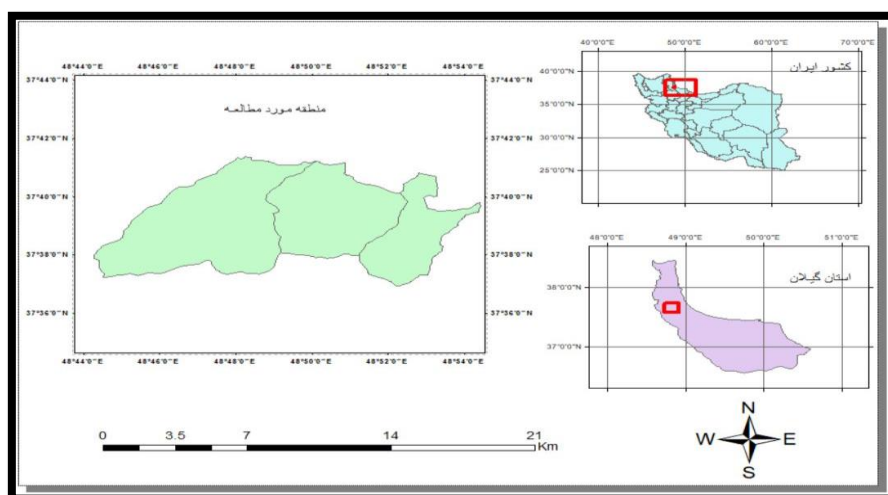
شکل ۲: عوارض خشکی (قرمز)، گیاه (سبز) و آب (آبی) بر روی نقشه

Fig. 2: Land (red), plant (green), and water (blue) on the map

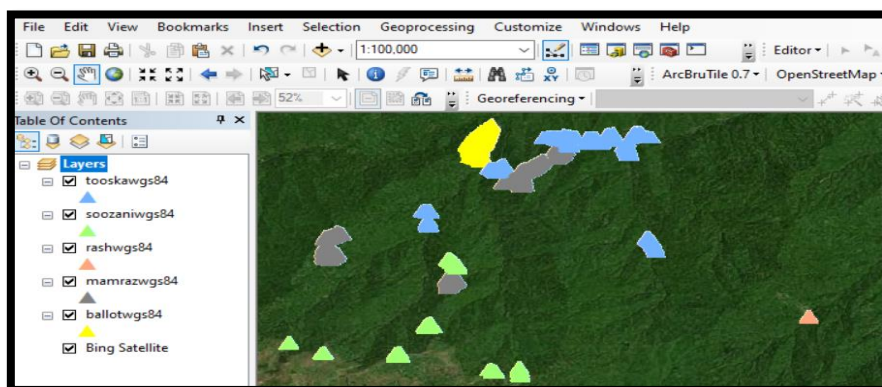
تعیین گونه‌های درختی بوسیله امضای طیفی که مختص هر گونه است، آغاز می‌گردد. از آنجا که گونه‌های درختی شباهت‌های زیادی با یکدیگر دارند و به راحتی قابل تمایز نیستند، تعیین میزان روشنایی هر گونه و تعیین امضای طیفی آن امکان شناسایی گونه‌های مختلف را فراهم می‌کند. برای این کار ۵ گونه بلوط، ممرز، راش، توسکا و سوزنی‌برگان مورد بررسی قرار می‌گیرند. منطقه مطالعاتی در بخش دوم پژوهش قسمتی از جنگل‌های جنوب استان گیلان است که در شکل (۳) قابل رویت می‌باشد.

با استفاده از تیپولوژی قسمتی از جنگل‌های گیلان و برداشت‌های زمینی، نقاط تست برای هر گونه مشخص شد. تعداد این نقاط برای هر کدام از گونه‌ها ۲۰۰ در نظر گرفته شد. از آنجا که تیپولوژی جنوب جنگل‌های گیلان بصورت شیپفایل در اختیار قرار گرفته بود، با استفاده از نرم‌افزار آرک‌مپ نقاط تست برای ۵ گروه اصلی قابل مشاهده در شکل (۴) انتخاب و سپس به ارث انجین وارد شد. نکته مهم در این قسمت اصلاح سیستم مختصات به WGS84 می‌باشد که گروه‌های ایجاد شده به‌طور صحیح بر روی نقشه در ارث انجین جانمایی شوند.

بعد از تعیین نقاط مورد مطالعه، مدلی در سامانه ایجاد می‌شود. این مدل قادر به گردآوری تمام تصاویر سال ۲۰۲۲ در محدوده جغرافیایی مدنظر، با فیلتر ابری کمتر از ۲۰ درصد می‌باشد. از آنجا که قسمتی از برخی تصاویر پوشش ابری داشتند، با استفاده از دستور میانه (median) یک تصویر جامع اخذ گردید. با تشکیل تصویر میانه و جانمایی نقاط بر روی آن، مقدار عددی هر باند برای سه عارضه خشکی، گیاه و آب محاسبه می‌شود. برای نمایش و درک بهتر مقادیر، از نمودار میله‌ای استفاده گردید. محور افقی نمودار، نشان‌دهنده باندهای ۱ تا ۷ تصویر می‌باشد و محور عمودی، مقدار عددی هر باند عارضه مدنظر را نمایش می‌دهد. در واقع با این مدل نمودار رفتار طیفی سه عارضه تشکیل می‌شود. در بخش دیگری از پژوهش تعیین سه نوع عارضه به کمک تصاویر لندست ۹ در دستور کار قرار گرفت. نتایج این بخش هم در یک نمودار خطی ترکیبی دوبعدی نمایش داده شد. به‌صورتی که نمودار حاصل نشانگر میزان روشنایی هر عارضه در ۷ باند می‌باشد. پس از تشکیل نمودار منحنی رفتار عوارض، مشخص می‌شود که با این روش امکان شناسایی خشکی، آب و گیاه از یکدیگر با خطای نسبتاً کمی وجود دارد. پس از آگاهی از عملکرد مناسب در مرحله اول، مرحله دوم که



شکل ۳: منطقه مورد مطالعه در مرحله دوم
Fig. 3: The studied area in the second stage



شکل ۴: منطقه مورد مطالعه در مرحله دوم
Fig. 4: The studied area in the second stage

نتایج و بحث

همانطور که گفته شد، ابتدا عوارض مورد مطالعه بر روی نقشه در سامانه گوگل ارث انجین تعیین می‌شود. نقطه خشکی در دشت کویر به رنگ قرمز، نقطه جنگل در جنگل‌های شمال کشور ایران به رنگ سبز و نقطه آب در دریای خزر با رنگ آبی در شکل ۱ قابل مشاهده است. تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ با توجه به منطقه مطالعاتی و زمان معین گردآوری شده و با جانمایی عوارض سه‌گانه بر روی آن، مدلی در سامانه گوگل ارث انجین ساخته شد که قادر به برآورد میانگین مقدار باندهای ۱ تا ۷ برای هر یک از عوارض می‌شود. پس از تعیین این مقادیر، همانطور که در شکل‌های (۶) تا (۸) دیده می‌شود، نمودار میله‌ای هر عارضه ترسیم می‌شود. برای ایجاد نمودار میله‌ای تابعی ساخته شد که محور عمودی آن مقادیر تعیین شده (میزان روشنایی) و محور افقی نام باندهای ۱ تا ۷ در لندست ۸ می‌باشد. میزان روشنایی باندهای آب، خشکی و گیاه به ترتیب در بازه‌های ۰/۰۰۱ - ۰/۰۱۷، ۰/۱۲ - ۰/۴۲ و ۰/۰۲ - ۰/۳ محاسبه شد.

در جدول (۱) به تفکیک مقدار روشنایی هر یک از سه عارضه آب، خشکی و گیاه آورده شده است.

بهم‌منظور بررسی بیشتر، داده‌های لندست ۹ نیز مورد بررسی قرار گرفت و تابع خطی ترکیبی سه عارضه یا همان منحنی رفتار طیفی در شکل (۹) ایجاد شد. این نمودار نیز تفاوت بین سه گروه را به خوبی نمایان می‌سازد. با مشاهده نمودار نتیجه گرفته می‌شود که سه عارضه آب، گیاه و خشکی کاملاً از هم قابل جداسازی هستند. لذا برای آکاوای بیشتر و تخصصی‌تر روی گونه‌های گیاهی، در مرحله بعد با روشی جدید و منحصربرفرد به تعیین رفتار طیفی زمانی گونه‌های مختلف در جنگل‌های شمال ایران پرداخته شده است.

حال که جداسازی سه عارضه خشکی، گیاه و آب موفقیت‌آمیز بود، امکان بررسی و تعیین گونه‌های گیاهی که از نظر ساختار با یکدیگر شباهت دارند، فراهم می‌شود. ابتدا برای اطمینان از شباهت ذاتی گونه‌های جنگلی، نمودار خطی (منحنی رفتار) سه گونه توسکا، افرا و مرمر ترسیم شد. شکل (۱۰) نشان می‌دهد که سه گونه آزمایش شده در باندهای ۱ تا ۷ بسیار رفتاری شبیه به هم دارند و اعداد آنها به یکدیگر نزدیک است. لذا تشخیص و تفکیک آنها از هم سخت بوده و اگر قابل انجام باشد، با خطا همراه خواهد بود.

در سامانه گوگل ارث انجین تمام تصاویر ماهواره لندست ۸ که پوشش گیاهی کمتر از ۲۰ درصد داشتند بصورت ماهانه، گردآوری شد. با توجه به هدف تحقیق و وجود مجموعه نقاط تست گونه‌ها، تابعی جهت محاسبه میانگین ماهانه تمام باندهای ۱ تا ۷ برای هر گیاه در بازه زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۲ ایجاد گردید. تابع ابداعی قادر است که میانگین مقدار هر باند را در ماهی خاص تعیین کند. بطور مثال باند ۱ گونه توسکا در ماه اول میلادی مقدار ۰.۱۵ را به خود اختصاص داده است که از میانگین گیری نقاط گروه توسکا در ماه‌های اول هر سال بوجود آمده است. این عمل برای ۱۱ ماه دیگر توسکا نیز انجام می‌شود. پس از تشکیل ماتریس یک گونه، ماتریس دیگر گونه‌ها نیز به صورتی که گفته شد، ایجاد می‌شود. از آنجا که در این مطالعه به بررسی ۷ باند در ۱۲ ماه از سال پرداخته شده است، برای هر گونه گیاهی یک ماتریس 12×7 ایجاد می‌شود. این ماتریس در واقع همان امضای طیفی هر گونه می‌باشد. با توجه به امضای طیفی مختص به گونه‌ها، امکان شناسایی هر نوع گیاه با دقتی قابل قبول ممکن خواهد شد. پس از تشکیل ماتریس، برای نمایش بهتر نیاز به استفاده از نرم‌افزار متلب می‌باشد. در متلب، ماتریس 12×7 هر کدام از گونه‌های گیاهی را تبدیل به ماتریس‌های 7×12 می‌شوند. دلیل آن هم این است که در حالت گفته شده، هر سطر ماتریس مربوط به یک ماه از سال و هر ستون از ماتریس مربوط به باندهای ۱ تا ۷ می‌شود. به عنوان مثال ماتریس گروه بلوط در شکل (۵) نمایش داده شده است. حال با استفاده از دستوراتی همچون `imtools` در متلب امضای طیفی هر کدام از گونه‌ها به صورت گرافیکی نمایش داده می‌شود.

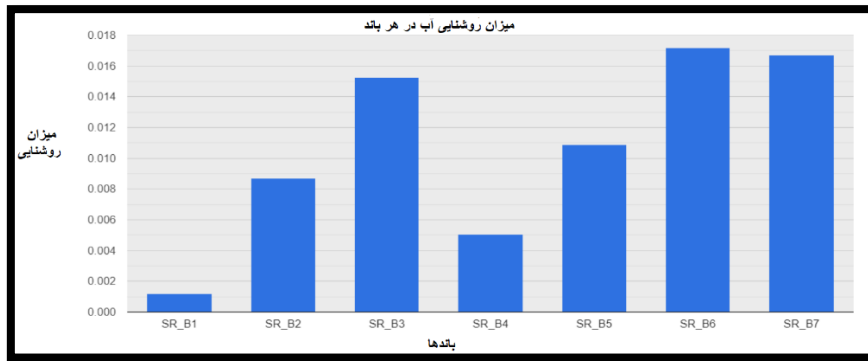
در انتها نیز برای بررسی صحت این روش، با استفاده از داده‌های آموزشی و تست موجود، طبقه‌بندی گونه‌های درختی با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی یکبار با ۷ باند و بار دیگر با ۸۴ باند مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور ابتدا داده‌های آموزشی وارد سامانه ارث انجین شدند و با دستور `merge()` در یک مجموعه قرار گرفته و بوسیله ID مخصوص از یکدیگر متمایز می‌شوند. سپس با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی و دستور `ee.Classifier.smileRandomForest()` یکبار با باندهای ۱ تا ۷ و بار دیگر بوسیله باندهای ۱ تا ۸۴ طبقه‌بندی انجام می‌شود. در ادامه با وارد کردن داده‌های تست و مقایسه آنها با طبقه‌بندی انجام شده، ضریب کاپا برای هر دو روش بدست می‌آید.

```

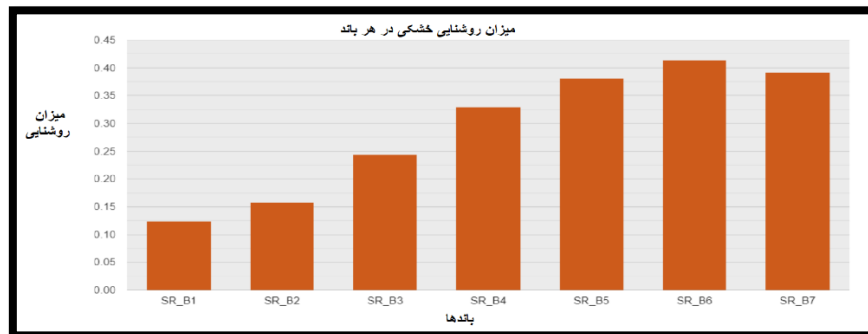
baloot [0.1652945343497371 0.1413797095171676 0.111761867322705 0.11075756083096354 0.2043817816071274 0.23111884120451517 0.15934905185064008;
0.3788512202580113 0.3634603922524728 0.3257905386449877 0.3320799125127556 0.3739761752037963 0.22622869757950798 0.17086442292106052
0.13026151941581207 0.11140422264406503 0.09492780856233983 0.09911584817180949 0.21035630631545357 0.260822736588884 0.18122712097877314
0.28641516302735354 0.2689567705816474 0.24701396850022403 0.2365914628771711 0.37460188038093 0.2008094048697101 0.14438678468923924
0.11300205731810617 0.09218770456461867 0.0855666889751939 0.05614771801701262 0.4297552103838645 0.20412724656014403 0.09032327971182579
0.29090166719984417 0.27097104144983053 0.2456255934455178 0.23096450609116514 0.4801211013527941 0.29813131178952446 0.19339920968309907
0.1475988797658731 0.1263231987610829 0.11003944145377018 0.08917269184569682 0.35735446054580783 0.19725424217537416 0.09875107658180324
0.11191002150212438 0.09160446366372187 0.07995949199130713 0.0603565872793109 0.32018782925014655 0.180490601530745 0.08026929750792251
0.1779462933417194 0.15563985643800626 0.13350590826435524 0.11717115966064379 0.2966673828599867 0.2011595176886921 0.12012267660749845
0.5357727529096209 0.5249023664096171 0.48915825082250863 0.5016573360882515 0.5753902539241412 0.23229055857855427 0.2060494557761949
0.1489005201488487 0.11980007807454787 0.09731781008568677 0.08537796880157034 0.24916462489396088 0.17611623712438196 0.08946543048359146
0.1375063428701448 0.11398831462441397 0.08923190824441181 0.09217915657815362 0.20786035079355084 0.26593056071765164 0.173113212943816]

```

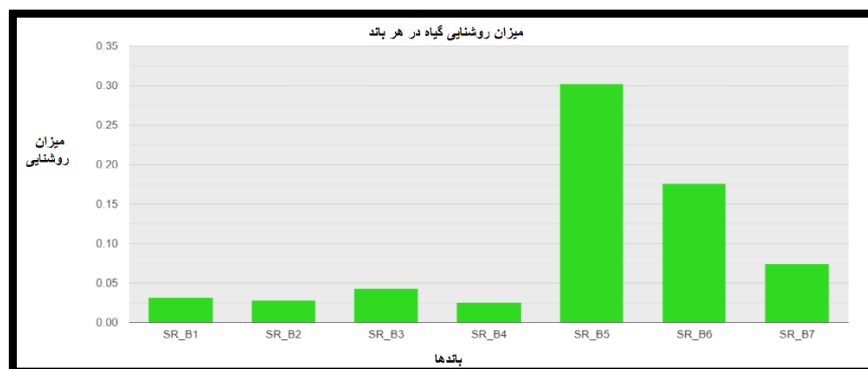
شکل ۵: ماتریس 7×12 گونه بلوط
Fig. 5: 7×12 matrix of oak species



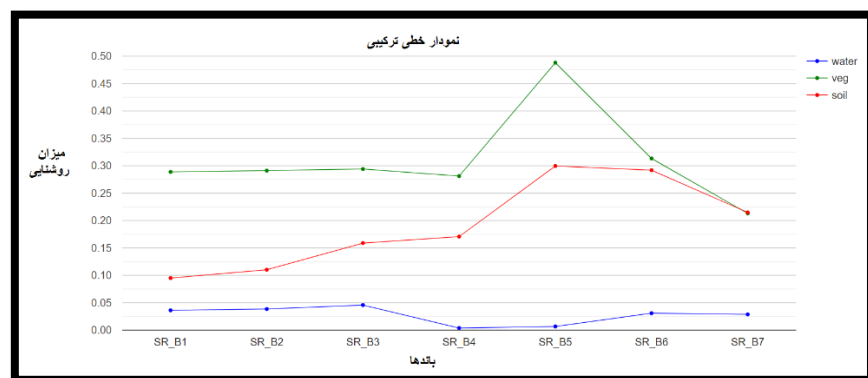
شکل ۶: میزان روشنایی آب در هر باند
Fig. 6: The brightness of the water in each band



شکل ۷: میزان روشنایی خشکی در هر باند
Fig. 7: The brightness of the land in each band



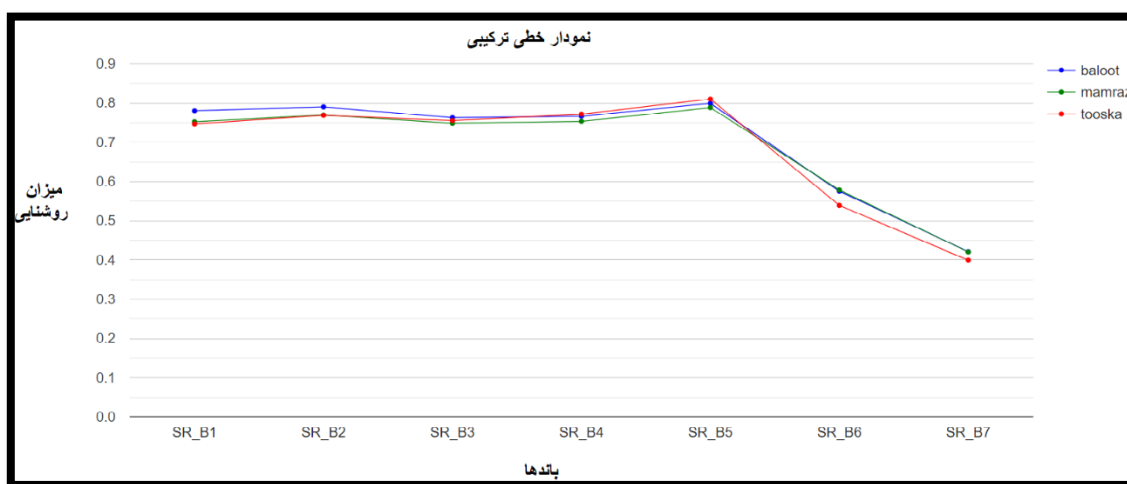
شکل ۸: میزان روشنایی گیاه در هر باند
Fig. 8: The brightness of the plant in each band



شکل ۹: نمودار خطی میزان روشنایی سه عارضه آب، گیاه و خشکی
Fig. 9: Linear diagram of brightness of three complications: water, vegetation and soil

جدول ۱: میزان روشنایی هر عارضه
Table1: The brightness of each feature

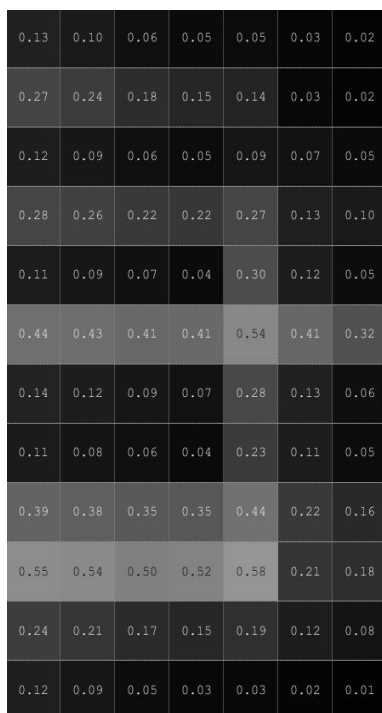
روشنایی (brightness)		عارضه						
		باند ۷	باند ۶	باند ۵	باند ۴	باند ۳	باند ۲	باند ۱
		Band 7	Band 6	Band 5	Band 4	Band 3	Band 2	Band 1
۰/۰۱۶	۰/۰۱۷	۰/۰۱۱	۰/۰۰۵	۰/۰۱۵	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱	آب	
0.016	0.017	0.011	0.005	0.015	0.009	0.001	water	
۰/۳۹	۰/۴۲	۰/۳۸	۰/۳۳	۰/۲۳	۰/۱۶	۰/۱۲	خشکی	
0.39	0.42	0.38	0.33	0.23	0.16	0.12	soil	
۰/۰۸	۰/۱۷۵	۰/۳	۰/۰۱۵	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۲۵	گیاه	
0.08	0.175	0.3	0.015	0.04	0.02	0.025	Vegetable	



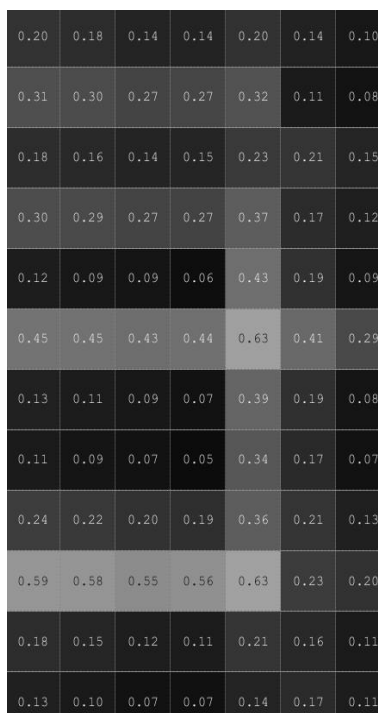
شکل ۱۰: نمودار خطی میزان روشنایی سه گونه بلوط، ممرز و توسکا
Fig. 10: Linear diagram of the brightness of three types of oak, hornbeam and alder

ابتدا تصاویر موردنظر اخذ شده و به‌جای تعیین تصویر سالیانه، تصاویر ماهانه با دستور median() استخراج می‌شوند. حال با جانمایی گونه‌هایی که در آرکمپ ایجاد شده است، میزان روشنایی گونه‌های جنگلی در هر ماه برای باندهای ۱ تا ۷ محاسبه می‌شود. این عمل برای هر ۱۲ ماه از سال ادامه پیدا می‌کند. باتوجه به ۷ باند و ۱۲ ماه، برای هر گروه یک ماتریس ۸۴×۱ تشکیل می‌شود که امضای طیفی زمانی هر گونه گیاهی می‌باشد. پس از تعیین امضای طیفی زمانی ۸۴ بانده پنج گونه جنگلی مورد مطالعه، برای نمایش مناسبتر، ماتریس‌های ۸۴×۱ هر گونه گیاهی تولید شده در آرک انجین وارد نرم‌افزار متلب شده و تبدیل به ماتریس-های ۱۲×۷ می‌شوند. با استفاده از دستوراتی چون imtool در نرم‌افزار متلب، تصویر گرافیکی گونه‌های بلوط، ممرز، راش، سوزنی‌برگان و توسکا که در واقع امضای طیفی زمانی آنها است، در شکل‌های (۱۱) تا (۱۵) بصورت جداگانه به نمایش درآمده است.

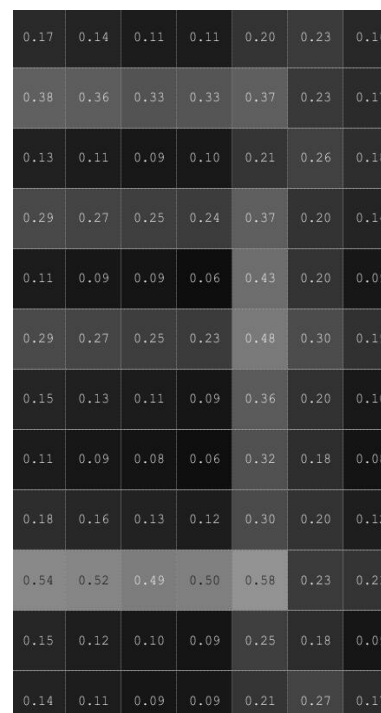
از این رو تعیین امضای طیفی زمانی با ۸۴ باند (استفاده از باندهای ۱ تا ۷ در دوازده ماه سال) به‌جای ۷ باند سالانه در دستور کار قرار گرفت. نوآوری مقاله در این قسمت می‌باشد که بجای استفاده از ۷ باند برای تعیین امضای طیفی، از ۷ باند در ۱۲ ماه با عنوان امضای طیفی زمانی استفاده می‌گردد. معمولا در تحقیق‌های گذشته برای طبقه‌بندی از چند باند محدود استفاده می‌شد. با این روش ابداعی امکان طبقه‌بندی عوارض شبیه بوسیله ترکیب باندها و زمان با دقت قابل قبولی فراهم خواهد شد. داده‌های این مرحله شامل تصاویر ماهواره‌ای ماهانه لندست ۸ بین سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۲، برداشت زمینی و نقشه تیپولوژی جنگل می‌باشد که در ۵ گروه بلوط، ممرز، راش، سوزنی‌برگان و توسکا تقسیم‌بندی شده‌اند. مدلی در سامانه آرک انجین ایجاد گردید که می‌تواند میانگین مقدار عددی هر باند را در ۱۲ ماه سال تعیین کند. در پژوهش حال حاضر باندهای ۱ تا ۷ لندست ۸ مورد بررسی قرار گرفت.



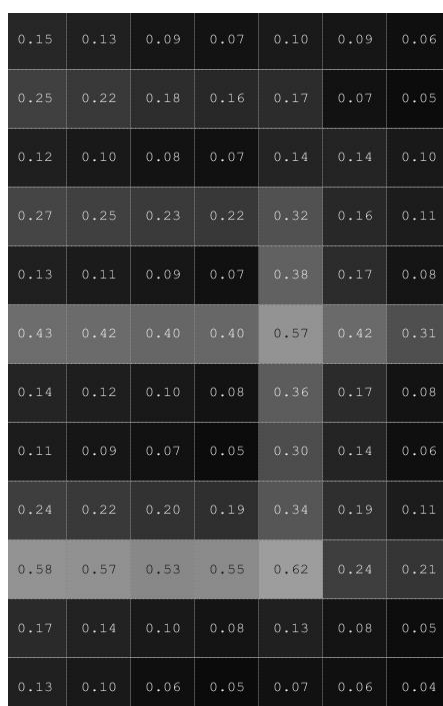
شکل ۱۳: امضای طیفی راش
Fig. 13: Spectral signature of beech



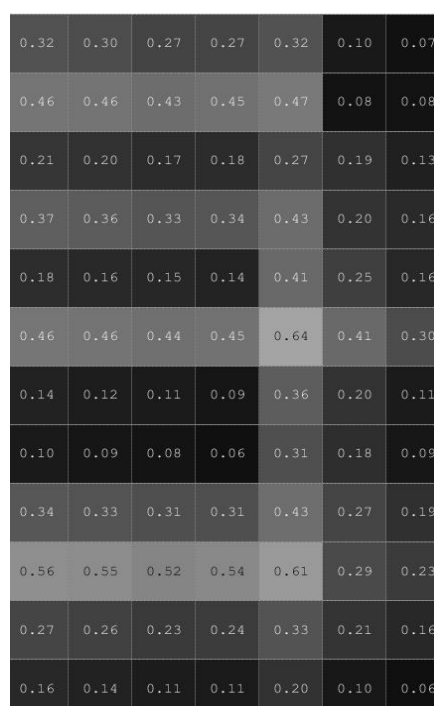
شکل ۱۲: امضای طیفی ممرز
Fig. 12: Spectral signature of hornbeam



شکل ۱۱: امضای طیفی بلوط
Fig. 11: Spectral signature of oak



شکل ۱۵: منحنی رفتار طیفی توسکا
Fig. 15: Spectral signature of alder



شکل ۱۴: منحنی رفتار طیفی سوزنی برگان
Fig. 14: Spectral signature of Bergan needle

شماره باند مربوط به باند ۷ و ۵ می‌باشد. بر همین اساس کمترین و بیشترین میزان روشنایی براساس ماه مربوط به ماه ۳ و ۱۰ است. همچنین در جدول (۲) کمترین و بیشترین میزان روشنایی برای هر گونه قابل مشاهده می‌باشد.

همانگونه که در شکل‌ها مشخص است، میزان روشنایی در یک باند و ماه مشخص (پیکسل) برای هر کدام از گونه‌ها متفاوت می‌باشد. به عنوان مثال میزان روشنایی در باند اول ماه اول برای گونه‌های بلوط، ممرز، راش، سوزنی‌برگان و توسکا به ترتیب برابر با ۰/۱۷، ۰/۲، ۰/۱۳، ۰/۳۲ و ۰/۱۵ می‌باشد. معمولا کمترین و بیشترین میزان روشنایی براساس

جدول ۲: کمترین و بیشترین میزان روشنایی هر گونه

Table 2: The minimum and maximum brightness of each type

بیشترین روشنایی Maximum brightness	مقدار بیشترین روشنایی Maximum brightness value	کمترین روشنایی Minimum brightness	مقدار کمترین روشنایی Minimum brightness value	گونه Type
باند پنجم ماه دهم	۰/۵۸	باند چهارم ماه پنجم و هشتم	۰/۰۶	بلوط
Fifth band of the tenth month	0.58	Fourth band of fifth and eighth months	0.06	Oak
باند پنجم ماه‌های ششم و دهم	۰/۶۳	باند چهارم ماه هشتم	۰/۰۵	ممرز
Fifth Band of sixth and tenth Month	0.63	Fourth Band of Eighth Month	0.05	Hornbeam
باند پنجم ماه دهم	۰/۵۸	باند هفتم ماه دوازدهم	۰/۰۱	راش
Fifth band of the tenth month	0.58	Seventh Band of twelfth Month	0.01	Beech
باند پنجم ماه ششم	۰/۶۴	باند هفتم ماه اول	۰/۰۷	سوزنی برگان
Fifth Band of sixth Month	0.64	Seventh Band of first Month	0.07	Bergan needle
باند پنجم ماه دهم	۰/۶۲	باند هفتم ماه دوازدهم	۰/۰۴	توسکا
Fifth band of the tenth month	0.62	Seventh Band of twelfth Month	0.04	Alder

خشکی، آب و گیاه پرداخته شد. پس از ترسیم نمودار رفتار طیفی با هفت باند، نتیجه گرفته شد که رفتار سه عارضه آب، گیاه و خشکی کاملاً با یکدیگر فرق دارد و قابل تفکیک از یکدیگر می‌باشند. اما تفکیک گونه‌های جنگلی به دلیل شباهت‌های ساختاری با این روش امکان‌پذیر نبود. لذا امضای طیفی زمانی ۵ گونه گیاهی بلوط، ممرز، راش، سوزنی‌برگان و توسکا با ۸۴ باند (۷ باند و ۱۲ ماه) در جنگل تعیین شد. شکل‌های گرافیکی تولید شده نشان می‌دهد که هر کدام از گونه‌ها، امضای طیفی‌زمانی مختص به خود را دارند. با این حال در برخی از پیکسل‌ها امکان یکسان بودن میزان روشنایی باری گونه‌ها وجود دارد. برای برطرف کردن این مشکل نیز می‌توان تعداد باندهای نهایی را افزایش داد. برای افزایش دقت می‌توان دو کار پیشنهاد می‌شود. اولاً تعداد باندهای مورد بررسی که در پژوهش حال حاضر ۷ عدد بوده را افزایش داده و به ۱۱ رساند. ثانیاً بازه زمانی را تغییر داد. بدین معنی که به جای استفاده از ۱۲ ماه، از تعداد تصاویر دریافتی استفاده کرد. از آنجا که تصاویر لندست ۸ معمولاً ۱۶ روزه هستند، در طول سال حدوداً ۲۲ تصویر قابل برداشت است. لذا استفاده از ۱۱ باند و ۲۲ تصویر یک ماتریس ۱۱×۲۲ با ۲۴۲ باند را ایجاد می‌کند. هرچه باندهای بیشتری بررسی شوند، دقت بالاتر خواهد رفت. از طرفی با این تحقیق میزان کمترین و بیشترین روشنایی براساس ماه و باند نیز قابل بررسی می‌باشد که می‌تواند اطلاعات خوبی را برای سازمان‌ها و متخصصان این حوزه فراهم آورد. از آنجا که امضای طیفی برای هر گونه با گونه دیگری تفاوت دارد،

باتوجه به جدول امکان این که کمترین یا بیشترین روشنایی برای چند گونه جنگلی مانند هم باشد، وجود دارد اما تفاوت اصلی بین پیکسل‌های دیگر است. حتی ممکن است چند پیکسل از دو گونه مقدار یکسانی داشته باشند اما تاثیر پیکسل‌های دیگر امضای طیفی زمانی هر گونه را با گونه دیگر متفاوت می‌سازد. با این حال می‌توان نتیجه گرفت که هر چه باندهای بیشتری بررسی شود، تعداد پیکسل‌های متفاوت بیشتر خواهد شد و امضای طیفی زمانی هر گونه منحصر بفردتر شده و دقت عملکرد بیشتر می‌شود.

در انتها نیز عملکرد طبقه‌بندی با روش جنگل تصادفی بوسیله ۷ باند و ۸۴ باند ابداعی سنجیده شد که ضریب کاپا به ترتیب برابر ۰/۴۵ و ۰/۸۵ شد. این موضوع نشان می‌دهد که طبقه‌بندی با استفاده از امضای طیفی زمانی با تعداد باند بیشتر دقت را به طور قابل توجهی بالا می‌برد. لذا در این روش هرچه تعداد باندهای بیشتری مورد استفاده قرار گیرد، نتیجه نهایی بهتر خواهد شد.

نتیجه‌گیری

شناسایی، تفکیک و طبقه‌بندی عوارض در ابعاد وسیع کار مشکلی است. برای حل این مشکل استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند کارآمد باشد. از روش‌های مهم برای طبقه‌بندی بوسیله تصاویر ماهواره‌ای می‌توان به استفاده از هوش مصنوعی، تعیین شاخص و بررسی امضای طیفی عوارض اشاره کرد. در این مقاله ابتدا به بررسی منحنی رفتار طیفی

[8] Moussaee, L., M. Abbasi, and A. Jafari, Spectral behavior response of ash tree in the traffic area of Imam Khomeini Highway, Isfahan, in First National Conference on Natural Resources and Sustainable Development in Central Zagros. 2016. [In Persian].

[9] Mardaneh, Adel, Amir Aslani, Farshad, Alavi Panah, Seyed Kazem. Wheat stress detection and assessment using satellite images (case study: Moghan Plain). Application of geographic information system and remote sensing in planning. 2020 Aug 22;11(2):7-25. [In Persian].

[10] Rohani N, Moradi Faraj A, Mojaradi B, Rajae T, Jabbari E. Investigation of land use change in Qom province along with climatic parameters using satellite remote sensing technology. Journal of RS and GIS for Natural Resources. 2021 Dec 22;12(4):28-46.

[11] Khodami, Gina, Pir Bavaqar, Mahtab, Ghazanfari, Hedayat. The effect of sanitary cutting treatment on the change of spectral behavior pattern of oak forests undergoing desiccation. Iranian Forest Journal, 1400; 13(1): 31-42. [In Persian].

[12] Esmizadeh, Landi, Matinfar. Using satellite images and spectral data to estimate soil organic carbon content in the forests of the Middle Zagros in Khuzestan. Environmental Science and Technology. 2023 Mar 21;25(1):95-106. [In Persian].

[13] Rezaei, Aghamohammadi Zanjerabad, Azizi, Vafainejad, Behzadi. Identification of agricultural land types in the Abbas Plain using time series analysis of Sentinel 2 satellite images. Sustainability, Development and Environment. 2023 Dec 22;4(4):1-3. [In Persian].

[14] Jalili Shaida, Murid Saeed, Banakar Ahmad, Namdar Ghanbari Reza. Spectral analysis of the periodic behavior of the time series of water level of Lake Urmia. Soil and Water Conservation Research (Agricultural Sciences and Natural Resources). 2012;19(4):25-46. [In Persian].

[15] Kokabi Fatemeh, Ghasemian Hassan, Keshavarz Ahmad. Presenting a new spatial spectral preprocessor to improve spectral analysis of hyperspectral images. Computational Intelligence in Electrical Engineering (Intelligent Systems in Electrical Engineering). 2016;7(3):97-113. [In Persian].

[16] Mousai Kordshami, Abbasi, Jafari. Study of tree pollution in urban green space based on their spectral behavior using field spectroscopy. Scientific-Research Journal of Spatial Information Technology Engineering. 2018 Sep 10;6(2):125-41. [In Persian].

[17] Ghadimi Mehrnoush, Zare Amin, Moqbel Masoumeh, Sahebi Mahmoud Reza. Evaluation of dust effects on the spectral behavior of plants using remote sensing data. Surveying Sciences and Techniques. 2019;8(4):163-176. [In Persian].

[18] Hashemi Tangestani, Majid, Shayganpour, Samira. Spectral analysis and detection of rock units of the Surian complex, northeastern Fars using data from Aster and Sentinel 2 satellite images. Iranian Journal of Remote Sensing and GIS, 2019; 11(2): 63-78. [In Persian].

می‌توان از این روش برای طبقه‌بندی خودکار در مناطق جنگلی جهت جداسازی آنها از یکدیگر استفاده کرد. این روش در زمان کم قادر به شناسایی و تفکیک گونه‌ها می‌باشد. سازمان‌هایی که مربوط به جنگل هستند، مانند منابع طبیعی و محیط زیست، می‌توانند برای مدیریت بهتر و برنامه‌ریزی‌های آبی خود از این روش بهره بگیرند.

مشارکت نویسندگان

در این مقاله نویسندگان به نسبت سهم برابر مشارکت داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

پژوهش حال حاضر مستخرج شده از پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد می‌باشد. نویسندگان از تمامی افرادی که در گردآوری داده‌ها و پردازش آنها کمک کرده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

تعارض منافع

«هیچگونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

منابع و مآخذ

[1] Darvish Sefat Ali Asghar, Babaei Kafaki Sasan, Rafiian Omid, Metaji Asadolle. Investigating the capability of UltraCam-D images in identifying tree species using object-based method in mixed-age forestry. Iranian Forest Journal. 2010;2(2):165-176. [In Persian].

[2] Mirakhorloo Khosrow. Preparation of land use and cover map in the forests of the north of the country using Landsat7 ETM+ satellite data. Iranian Forest and Poplar Research. 2003;11(3):325-358. [In Persian].

[3] Rafiian, Omid, Darvish Sefat, Ali Asghar. The role of spatial and radiometric resolution of aerial images in tree species identification using object-based classification. Iranian Forest and Poplar Research, 2014; 22(1): 121-132. [In Persian].

[4] Hashemi Ahmadi Seyed Masoud. Remote sensing studies to highlight iron ore potentials in the Sargdar region (Fars province). Land and Resources. 2011;4(1 (10th issue):63-67 [In Persian].

[5] Abbasi Mojgan, Mousai Leila, Seifi Zahra. Study of tree pollution in urban green space based on their spectral behavior. 2015. [In Persian].

[6] Imani Far Sadra, Hassanloo Mehdi. Studying the effect of spectral sensitivity function in preparing time series of vegetation indices between Landsat and Sentinel-2 satellite sensors. 2016. [In Persian].

[7] Ranjbareslamlou Soghari, Mirzaei Saham, Darvishi Balurani Ali, Mirzapour Fardin, Bahrami Hosseinali, Abbaszadeh Tehrani Nadia. Investigation of spectral reflectance behavior of Iranian oak seedlings under dust stress. 2016. [In Persian].

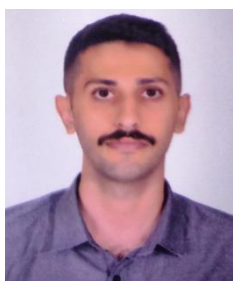
[30] Mousavi Z, Behzadi S. Introducing an Appropriate Geoportal Structure for Managing Wildlife Location Data. *International Journal of Natural Sciences Research*. 2019;7(1):32-48. <https://doi.org/10.18488/journal.63.2019.71.32.48>

[31] Norouzi E, Behzadi S. The Feasibility of Machine-learning Methods to Extract the Surface Evaporation Quantity using Satellite Imagery. *Journal of Electrical and Computer Engineering Innovations (JECEI)*. 2021 Mar 21;9(2):229-38. <https://doi.org/10.22061/jecei.2021.7563.406>

[32] Behzadi S, Jalilzadeh A. Introducing a novel digital elevation model using artificial neural network algorithm. *Civil Engineering Dimension*. 2020 Oct 6;22(2):47-51. <https://doi.org/10.9744/ced.22.2.47-51>

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES



پارسا افزالی کردمحل دارای مدرک کارشناسی ارشد مهندسی سیستم اطلاعات مکانی از دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی در سال ۱۴۰۳ می‌باشد. همچنین در سال ۱۴۰۰ مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی نقشه‌برداری از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین

طوسی اخذ کرده است. فعالیت‌های پژوهشی اخیر وی در حوزه سیستم اطلاعات مکانی و سنجش از دور بوده است. همچنین تولید الگوریتم و برنامه‌نویسی در پلتفرم گوگل ارث انجین در حوزه محیط زیست جهت پایش سیل، تغییرات اقلیمی، آلودگی هوا و مدیریت جنگل از دیگر سوابق ایشان می‌باشد.

Master student of surveying Engineering department, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran.

Parsa_afzalikord@yahoo.com.com



سعید بهزادی دارای مدرک دکتری تخصصی مهندسی عمران نقشه برداری گرایش سیستم اطلاعات مکانی از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی از تهران می‌باشد. ایشان به عنوان دانشیار گروه مهندسی نقشه برداری دانشکده مهندسی عمران دانشگاه شهید بهشتی تهران مشغول به فعالیت می‌باشد.

از سوابق پژوهشی ایشان می‌توان به چاپ بیش از ۱۰۰ مقاله در مجلات و کنفرانس‌های معتبر بین‌المللی اشاره کرد. زمینه‌های تخصصی ایشان شامل هوش مصنوعی، GIS در پزشکی و برنامه‌نویسی در سامانه‌های مختلف مکانی می‌باشد.

[19] Rasoulia, Masoumeh, Safarrad, Taher, Akbari-Nasab, Mohammad, Talebpour, Nadia. Experimental detection of turbid and clear waters using Sentinel-2 satellite images (case study of Sefid Rood Dam catchment). *Quarterly Journal of Water Resources Engineering*, 2019; 12(43): 87-99. [In Persian].

[20] Kumar S, Shwetank S, Jain K. Development of spectral signature of land cover and feature extraction using artificial neural network model. In 2021 International Conference on Computing, Communication, and Intelligent Systems (ICCCIS) 2021 Feb 19 (pp. 113-118). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCCIS51004.2021.9397172>

[21] Sharifi O, Asghari Beirami B, Mokhtarzade M. Classification of hyperspectral images by fusion of spectral and spatial features in convolutional neural networks. *Engineering Journal of Geospatial Information Technology*. 2021 Oct 10;9(2):1-27. <http://dx.doi.org/10.52547/jgit.9.2.1>

[22] Vermeulen LM, Munch Z, Palmer A. Fractional vegetation cover estimation in southern African rangelands using spectral mixture analysis and Google Earth Engine. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2021 Mar 1;182:105980. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105980>

[23] Fassnacht FE, Müllerová J, Conti L, Malavasi M, Schmidlein S. About the link between biodiversity and spectral variation. *Applied Vegetation Science*. 2022 Jan;25(1):e12643. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/avsc.12643>

[24] Yu R, Huo L, Huang H, Yuan Y, Gao B, Liu Y, Yu L, Li H, Yang L, Ren L, Luo Y. Early detection of pine wilt disease tree candidates using time-series of spectral signatures. *Frontiers in Plant Science*. 2022 Oct 13;13:1000093. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1000093>

[25] Zhang L, Gao L, Huang C, Wang N, Wang S, Peng M, Zhang X, Tong Q. Crop classification based on the spectrotemporal signature derived from vegetation indices and accumulated temperature. *International Journal of Digital Earth*. 2022 Dec 31;15(1):626-52. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17538947.2022.2036832>

[26] Jalilzadeh A, Behzadi S. Machine learning method for predicting the depth of shallow lakes using multi-band remote sensing images. *Journal of Soft Computing in Civil Engineering*. 2019 Apr 1;3(2):54-64.

[27] Norouzi E, Behzadi S. Evaluating machine learning methods and satellite images to estimate combined climatic indices. *Numerical Methods in Civil Engineering*. 2019 Aug 15;4(1):30-8.

[28] Khaledi S, Behzadi S. Monitoring and assessing the changes in the coverage and decline of oak forests in Lorestan province using satellite images and BFAST model. *Applied researches in Geographical Sciences*. 2020 Jun 10;20(57):265-80.

[29] Mousavi Z, Behzadi S. Geo-Portal Implementation with a Combined Approach of AHP and SWOT. *International Journal of Natural Sciences Research*. 2019;7(1):22-31. <https://doi.org/10.18488/journal.63.2019.71.22.31>

 behzadi.saeed@gmail.com

Associate Professor, Department of Surveying Engineering,
Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid
Beheshti University, Tehran, Iran.

Citation (Vancouver): Afzali Kordmahalleh P, Behzadi S. [Presenting a temporal-spectral signature model to identify and distinguish different plant species by using satellite images]. *J. RS. GEOINF. RES.* 2024; 2(2): 293-306

 <https://doi.org/10.22061/jrsgr.2024.10992.1068>



COPYRIGHTS

© 2024 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)