

نقشه دقیق باغات مرکبات تولید شده از تصاویر ماهواره‌ای مبنایی برای تعیین مرز جنگل

رمضانعلی خرمی^{۱*}، سیده زهرا نعیمی^۲، مجتبی محمودی^۳، مهدی محمودی پاردکلایی^۴، حمید فلاح میری^۵،

مسعود نظیفی^۶، شعبانعلی مافی^۷، اسماعیل مختارپور^۸

^{۱*} استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، ساری، ایران khorrami20166@gmail.com

^۲ گروه فیزیک، دانشگاه تهران، ایران

^۳ دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، ساری، ایران

^۴ سازمان جهاد کشاورزی، ساری، ایران

^۵ اداره کل منابع طبیعی مازندران، ساری، ایران

^۶ محقق، بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

ساری، ایران

^۷ استادیار پژوهش، بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، ساری، ایران

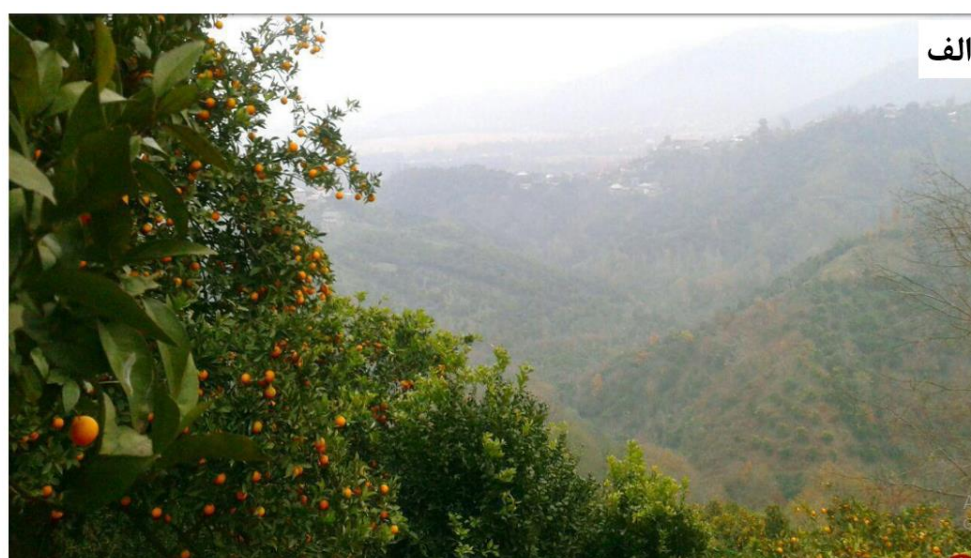
چکیده

تخریب عرصه‌های جنگلی در مناطق مرزی با اراضی اشخاص و تغییر کاربری به زمین‌های کشاورزی، ویلاسازی و مناطق مسکونی از عوامل مهم تخریب و کاهش سطح جنگل‌هاست. باغات مرکبات از بخش شرقی استان گیلان شروع شده، در استان مازندران امتداد یافته و تا بخش غربی استان گلستان گسترش یافته است. به دلیل هم‌پوشانی طیفی، تفکیک باغات مرکبات از جنگل‌ها به‌ویژه از جنگل‌کاری‌ها با استفاده از داده‌های طیفی یک زمانه با چالش‌هایی همراه می‌باشد. در حاشیه پایین‌بند جنگل، بیشترین خطای نقشه‌های تولیدشده از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به تداخل باغ‌های مرکبات و چای با جنگل و همچنین عدم تفکیک جنگل‌های دست کاشت از باغ‌های مرکبات در مازندران می‌باشد. این وضعیت موجب شده است تا صحت طبقه‌بندی کاهش یابد. در این پژوهش با استفاده از ماشین ابداعی پردازشگر تصویر و سری زمانی تصاویر سنتینل ۲، نقشه پراکنش مکانی باغات مرکبات تولید و سطح زیرکشت آن به تفکیک شهرستان برآورد شد. راستی آزمایی میدانی نقشه مرکبات تولید شده نشان داد با استفاده از تصاویر سری زمانی سنتینل ۲ و الگوریتم‌های طیفی جدید ارائه شده، باغات مرکبات از جنگل‌های طبیعی با دقت بیش از ۹۰ درصد تفکیک شده است. در واقع با تفکیک دقیق باغات مرکبات از جنگل‌ها می‌توان آمار واقعی‌تری از سطح جنگل‌ها و باغات در این مناطق ارائه داد و از نقشه‌های تولید شده می‌توان در تفکیک مستثنیات از عرصه‌های منابع ملی و رفع تداخلات نیز بهره برد.

واژگان کلیدی: تخریب عرصه‌های جنگلی، تداخل طیفی، تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲، مرز جنگل و باغات مرکبات

بیان مسأله

تخریب عرصه‌های جنگلی در مناطق مرزی با اراضی اشخاص (باغات و اراضی زراعی) و تغییر کاربری به زمین‌های کشاورزی و مناطق مسکونی از عوامل مهم تخریب و کاهش سطح جنگل‌هاست (مصطفی و مهدوی، ۱۳۹۹). در ارتفاعات پایین‌بند و در حاشیه پایینی نوار جنگل‌های هیرکانی باغات مرکبات و سایر باغات میوه، باغات چای، عرصه‌های جنگل‌کاری، اراضی زراعی و مناطق مسکونی قرار دارند (شکل‌های ۱ و ۲). کاربری‌های اراضی در این مناطق اغلب بدون فاصله و مرزی مشخص به جنگل‌ها چسبیده‌اند. باغات مرکبات از بخش شرقی استان گیلان شروع شده، در استان مازندران امتداد یافته و تا بخش غربی استان گلستان گسترش یافته است. به دلیل هم‌پوشانی طیفی بین پهن‌برگان، تفکیک باغات مرکبات از جنگل‌ها به ویژه از جنگل‌کاری‌های سوزنی برگ با استفاده از داده‌های طیفی مربوط به فصل رویش، با دشواری و چالش همراه می‌باشد (پورشکوری الهده و درویش‌صفت، ۱۳۸۵).



شکل ۱- باغات مرکبات در همسایگی جنگل

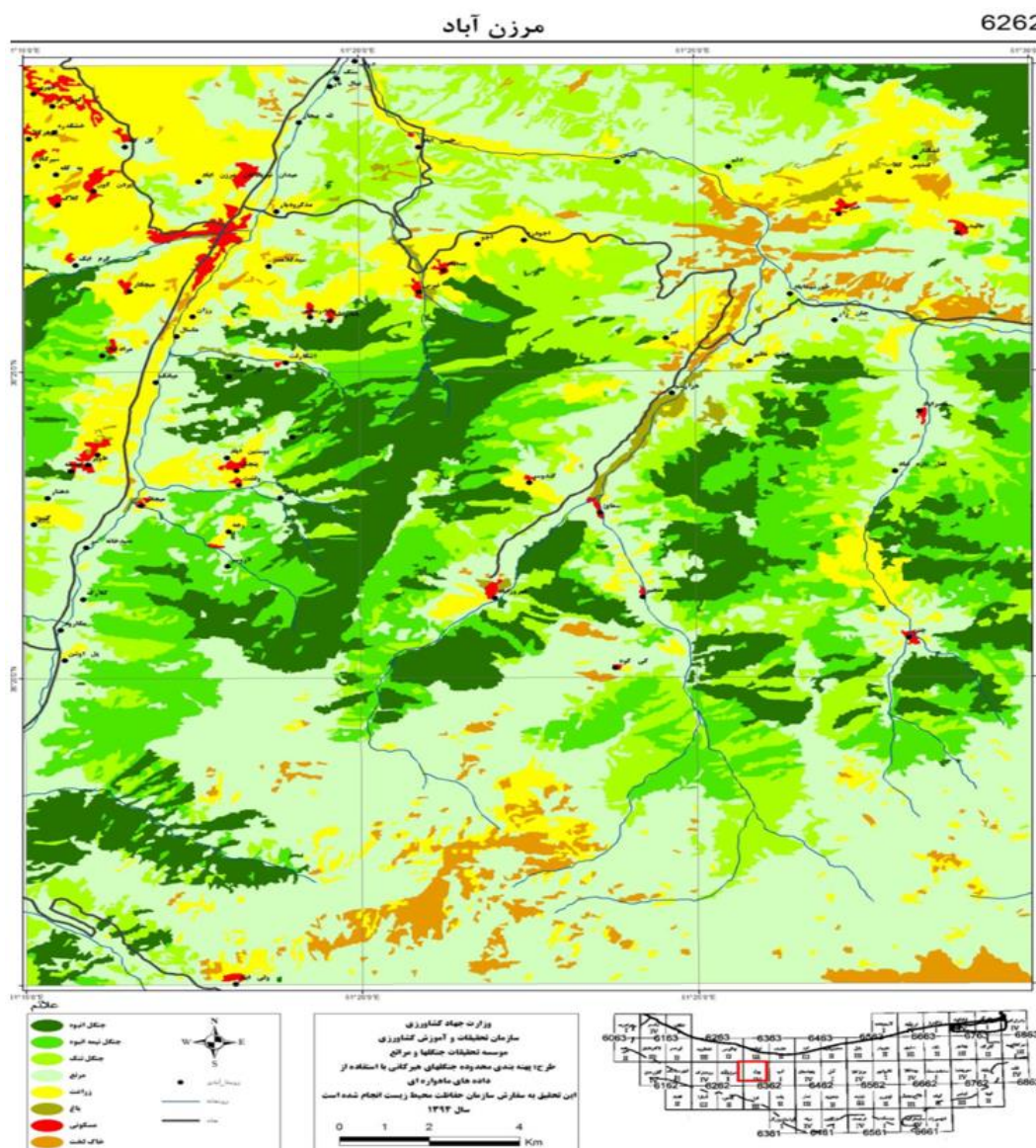


شکل ۲- باغات چای در همسایگی جنگل

براساس مشاهدات میدانی و تجربیات کارشناسی در حاشیه پایین‌دست جنگل، بیشترین خطای نقشه‌های تولید شده از تصاویر ماهواره‌ای در تداخل باغ‌های مرکبات و چای با جنگل و همچنین عدم تفکیک جنگل‌های دست کاشت از باغ‌های مرکبات در مازندران و باغ‌های میوه در گلستان مشاهده شد. کاربری باغ در قسمت پایین‌دست جنگل‌های هیرکانی در محل‌هایی که باغ‌های میوه در استان گلستان، باغ‌های مرکبات در استان مازندران و باغ‌های چای و تنباکو در استان گیلان با جنگل‌های تنک و نیمه انبوه تداخل دارند که در صحت طبقه‌بندی عرصه‌های جنگلی تنک و نیمه انبوه در پایین‌دست تأثیر منفی داشته است و کاهش صحت طبقه‌بندی ۳/۵ درصد را نشان می‌دهد (میرآخورلو و همکاران، ۱۳۹۳). سه استان شمالی کشور که جنگل‌های هیرکانی در آن واقع شده است بیش از نیمی از مرکبات کشور را تولید می‌کند. با وجود این، نقشه پراکنش مکانی و اطلاعاتی به‌هنگام از سطوح باغات میوه از جمله باغات مرکبات در این گستره موجود نیست که بتوان با استفاده از آن مرز جنگل‌ها را در پایین‌بند مشخص کرد. داده‌های موجود در این رابطه اغلب به آمار سطح باغات محدود می‌شود که معمولاً مبتنی بر خوداظهاری بوده و به‌روز و قابل استناد نیستند. به‌عبارت دیگر، یک نقشه کلی و یکپارچه از باغات مرکبات و سایر پوشش‌های پیرامونی موجود نیست که مساحت و موقعیت مکانی مرکبات و موقعیت نسبی آنها را نسبت به هم و نسبت به اراضی جنگلی مشخص کند. به‌طور کل می‌توان گفت که دو خطای مهم در فرآیند تفکیک جنگل‌ها (شامل کلیه جنگل‌ها مانند جنگل‌های زاگرس و جنگل‌های هیرکانی و ...) از باغات با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و ماشین‌های پردازشگر تصاویر نظیر SVM و RF رخ می‌دهد که در این حالت برآورد سطح جنگل‌ها در مناطق مرزی از دقت کافی برخوردار نمی‌باشد. برای مثال در جنگل‌های هیرکانی؛

(۱) بخش‌هایی از نقشه جنگل‌های واقع در حاشیه پایین‌بند که به عرصه‌های جنگلی اختصاص می‌یابند، در واقع به باغات مرکبات، چای و یا سیاه ریشه مربوط می‌باشند که به اشتباه در فرآیند پردازش تصاویر به‌عنوان جنگل شناسایی می‌شوند. زیرا ماشین‌های پردازشگر تصاویر یادشده به‌دلیل هم‌پوشانی طیفی بین جنگل‌ها و باغات به‌خوبی قادر به تفکیک آنها با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای مانند سنتینل ۲ نیستند (شکل ۳).

(۲) همچنین در نقشه‌های جنگل تولید شده با استفاده از الگوریتم‌های رایج طبقه‌بندی کننده، بخشی از عرصه‌های جنگلی به ویژه جنگل‌کاری‌ها از منابع جنگلی حذف و به اشتباه به‌عنوان باغ از عرصه‌های جنگلی خارج می‌شوند.

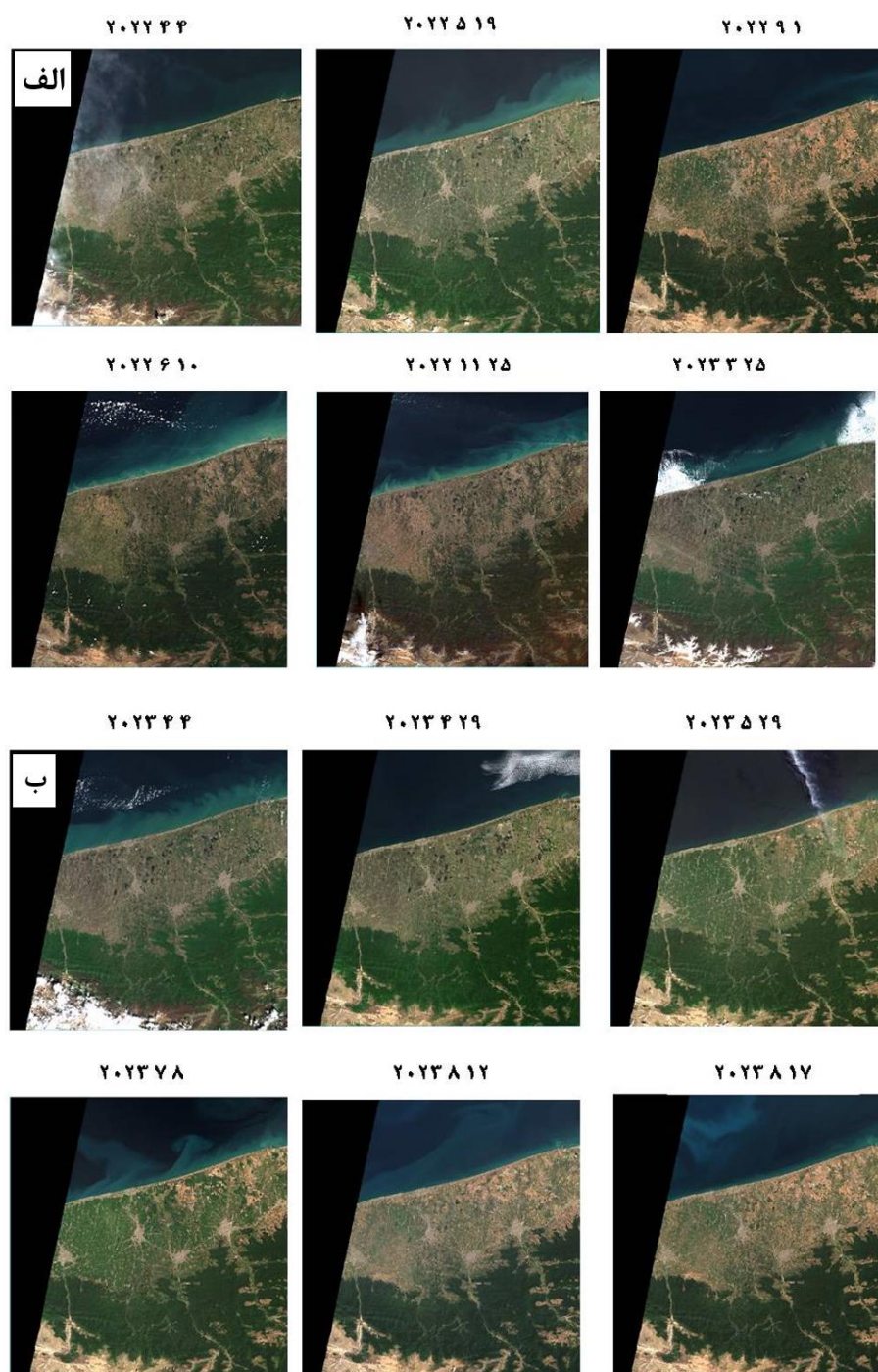


شکل ۳- نقشه محدوده جنگلی و سایر کاربری‌ها مانند باغ و جنگل در منطقه مرزن‌آباد مازندران

دستاوردها

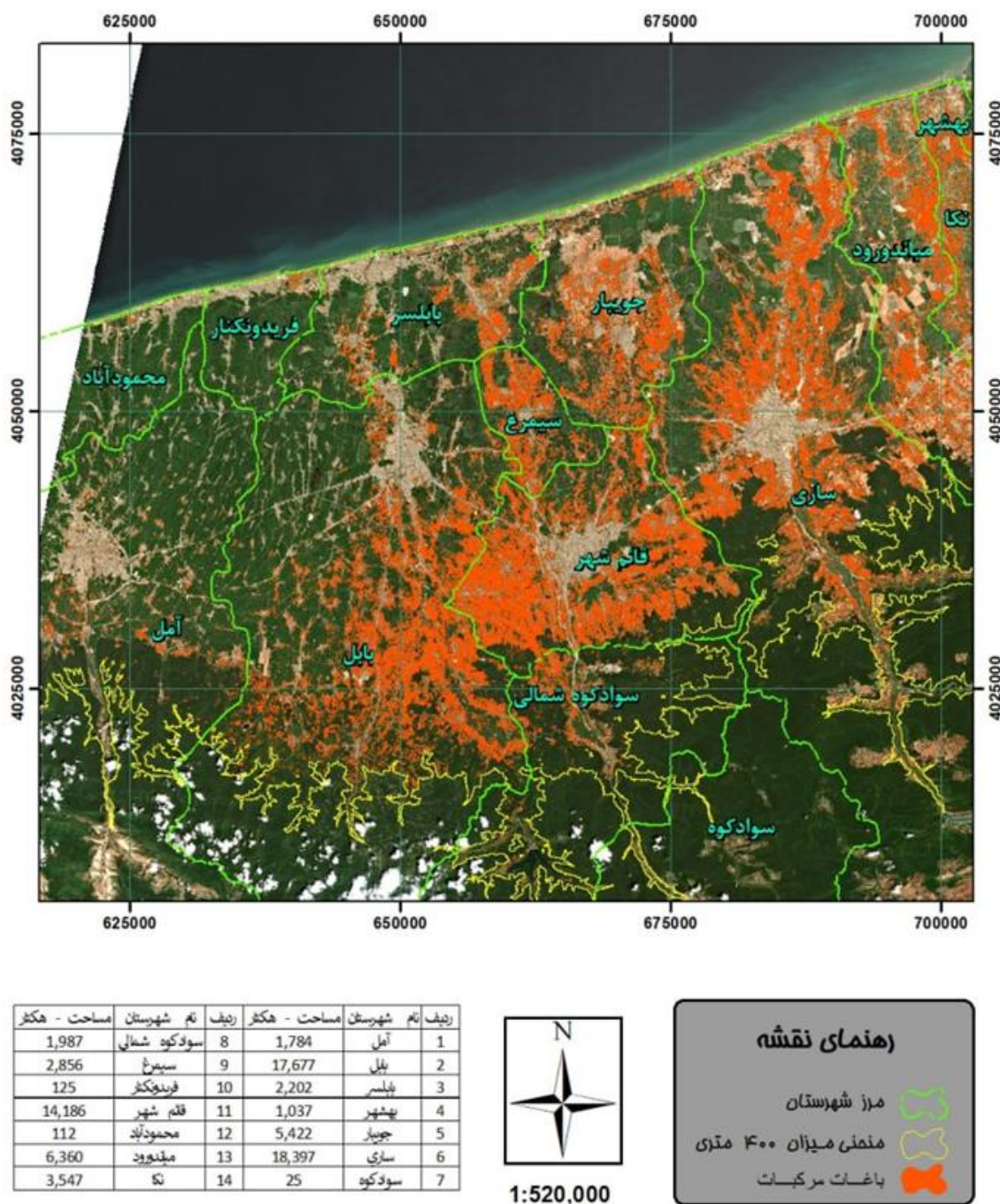
در راستای هوشمندسازی تشخیص خودکار گونه‌های درختی باغی، گونه‌های زراعی و گونه‌های درختی جنگلی، خرمی و نعیمی ماشین پردازشگر تصویر جدیدی را ابداع کردند. روابط، گزاره‌ها و الگوریتم‌های جدید طیفی ارائه شده به‌عنوان اجزای ماشین ابداعی برای پیاده‌سازی و اجرای آنها در محیط Matlab برنامه‌نویسی شد. این ماشین با پردازش تصاویر و با تشخیص خودکار گونه‌های زراعی و درختی و تولید سری زمانی نقشه پراکنش مکانی، امکان پایش اراضی زراعی، باغات و توده‌های جنگلی را در گستره وسیع با استفاده از داده‌های سکویای فضایی، هوایی و پهپاد فراهم می‌کند. تشخیص هوشمند گونه‌های زراعی و درختی از جمله باغات مرکبات بر روی سری زمانی تصاویر مانند داده‌های ماهواره‌ای سنتینل ۲ بر پایه فرضیه فنولوژی طیفی انجام شد. فنولوژی طیفی به مفهوم تغییر مقدار بازتاب طیفی یک گیاه با تغییر مراحل فنولوژی در هر یک از طول موج‌های الکترومغناطیسی است. به عبارت دیگر، ساختار بازتاب طیفی یک گیاه در هر یک از مراحل فنولوژی مثل ابتدای فصل رویش و

زمان ظهور برگ‌ها، قبل از گلدهی، گلدهی، در بازه زمانی بین گلدهی و تولید میوه، تولید میوه و بین شروع تغییر رنگ برگ‌ها تا خزان برگ‌ها تغییر می‌کند. در این تحقیق با استفاده از ماشین ابداعی پردازشگر تصویر و سری زمانی تصاویر سنتینل ۲ (شکل ۴) نقشه پراکنش مکانی باغات مرکبات تولید و سطح زیرکشت آن به تفکیک هر شهرستان برآورد شد (جدول ۱) (شکل ۵).



شکل ۴- سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ مورد استفاده

برای تولید نقشه پراکنش مکانی باغات مرکبات بخش مرکزی مازندران از آمل تا نکا



شکل ۵- نقشه پراکنش مکانی باغات مرکبات مربوط به بخش مرکزی استان مازندران

با استفاده از ماشین ابداعی پردازشگر تصویر و تصاویر سری زمانی سنتینل ۲

راستی آزمایی میدانی نقشه مرکبات تولید شده نشان داد با به کارگیری زنجیره‌ای از گزاره‌ها، روابط و الگوریتم‌های طیفی جدید ارائه شده در این پژوهش باغات مرکبات از جنگل‌های طبیعی و از جنگل‌کاری‌ها و درختان همیشه سبز مانند سوزنی برگان، زیتون و اکالیپتوس با صحت بیش از ۹۰ درصد بر روی تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ تفکیک شده است (شکل ۶). در واقع با تفکیک دقیق باغات مرکبات از جنگل‌ها بر روی تصاویر سنجنش از دور در دوره‌های مختلف و آشکارسازی تغییرات آن در بازه‌های مختلف زمانی می‌توان نقشه دقیق‌تری از جنگل‌ها تولید کرد و در کل آمار واقعی‌تری از سطح جنگل‌ها و باغات

در این مناطق ارائه داد. همچنین با استفاده از نقشه باغات مرکبات تولید شده در محل‌هایی که باغات مرکبات در همسایگی جنگل قرار دارد، مرز جنگل‌ها را به دقت مشخص کرد. علاوه بر این تولید سری زمانی نقشه باغات مرکبات می‌تواند به حل منازعات موجود بین دستگاه‌های تحقیقاتی و اجرایی در مورد میزان سطح جنگل‌های شمال در مرز پایینی کمک کند. در همین راستا تفکیک باغات مرکبات از جنگل‌ها بر روی تصاویر سنجش از دور در دوره‌های مختلف و آشکارسازی تغییرات آن در بازه‌های مختلف زمانی می‌تواند در تفکیک مستثنیات از عرصه‌های منابع ملی و رفع تداخلات نقش موثری ایفا نماید. دستاورد مربوط به نقشه باغات مرکبات تولید شده در این پژوهش، اولین نقشه باغات مرکبات در کشور می‌باشد که در سطح وسیع تولید شده است. در دهه‌های اخیر نقشه‌های کاربری اراضی و انواع نقشه‌های موضوعی اغلب با استفاده از داده‌های سنجش از دور تولید می‌شود. داده‌های سنجش از دور با ویژگی‌هایی چون تولید سریع در سطح وسیع و تکرار در بازه‌های زمانی کوتاه، دسترسی آسان و پایین بودن هزینه‌ها در مقایسه با سایر داده‌ها مانند داده‌های زمینی و عکس‌های هوایی متمایز می‌شوند.



شکل ۶- راستی آزمایی کارایی و دقت ماشین ابداعی پردازشگر تصویر با بازیابی تعدادی نقطه تصادفی استخراج شده از نقشه مرکبات تولید شده در زمین

استفاده از روش‌های متداول مانند نقشه‌برداری زمینی و عکس‌های هوایی برای تولید نقشه‌های موضوعی مانند نقشه باغات مرکبات و جنگل‌ها، به‌ویژه در سطح وسیع امکان‌پذیر نیست. زیرا اجرای این شیوه‌ها برای تولید این نقشه‌ها بسیار زمان‌بر، پرهزینه و در صورت استفاده از عکس‌های هوایی مستلزم تفسیر انبوهی از عکس‌هاست و چه بسا در فاصله تهیه عکس و نقشه‌برداری زمینی، سطوح آنها دوباره دچار تغییر شود. با پرتاب ماهواره‌های سنتینل ۲ اروپایی، عصر جدیدی در کاربرد داده‌های سنجش از دور در مطالعات جنگل‌داری شروع شده است. ماهواره Sentinel-۲ تصاویری با توان تفکیک مکانی، زمانی و طیفی بهتری در مقایسه با ماهواره‌های سری Landsat تولید می‌کند. ابعاد پیکسل‌ها در تصاویر سنتینل ۲ برابر ۱۰، ۲۰ و ۶۰ متر بوده و دارای ۱۳ باند طیفی می‌باشد. مزیت قاطع این ماهواره نسبت به ماهواره‌های نسل‌های قبل در تولید داده‌هایی با توان تفکیک زمانی بسیار زیاد است. به‌طوری‌که این ماهواره هر سه تا پنج روز یک تصویر از هر نقطه از کره زمین تولید می‌کند. یعنی از یک پارسل جنگلی و از هر نقطه دیگر کره زمین هر ماه ۶ تا ۱۰ تصویر تولید و به‌صورت رایگان در اختیار کاربران قرار داده می‌شود. این

توان تفکیک زمانی در سنتینل ۲ این امکان را به وجود آورده تا بتوان نقشه موضوعی مانند نقشه پراکنش مکانی باغات مرکبات تولید کرد (Immitzer et al., 2016).

جدول ۱- مساحت باغات مرکبات استان مازندران (در محدوده آمل تا نکا) در سال ۱۴۰۲

برآوردشده توسط ماشین ابداعی پردازشگر تصویر و سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای

شهرستان	مساحت باغات مرکبات استان مازندران (در محدوده آمل تا نکا) اعلام شده توسط مدیریت باغبانی سازمان جهاد کشاورزی استان (هکتار)	مساحت باغات مرکبات استان مازندران (در محدوده آمل تا نکا) برآوردشده توسط ماشین ابداعی پردازشگر تصویر (هکتار)
ساری	۲۰۴۴۲	۱۸۷۹۷
بابل	۲۰۶۹۰	۱۷۶۷۱
قائم‌شهر	۱۳۷۹۶	۱۴۱۸۶
میاندورود	۸۰۷۱	۶۳۶۰
جویبار	۵۷۹۶	۵۴۷۲
سیمرغ	۳۳۸۵	۲۸۵۷
بابلسر	۲۲۹۶	۲۲۰۲
سوادکوه شمالی		۱۹۸۷
آمل		۱۷۸۴
نکا		۱۵۴۷
بهشهر		۱۰۳۷
فریدونکنار		۱۷۵
محمودآباد		۱۱۲
سوادکوه		۲۵

توصیه ترویجی

- استفاده از سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای مربوط به فصل رویش به جای استفاده از تصویر یک زمانه برای تفکیک باغات مرکبات، چای و سیاه‌ریشه از جنگل
- تولید سری زمانی نقشه‌های جنگل و باغات مرکبات، چای و سیاه‌ریشه برای تعیین بهترین زمان برای تفکیک جنگل از باغات به منظور برآورد سطح دقیق‌تر جنگل‌ها
- استفاده از داده‌های سکوی فضایی با توان تفکیک مکانی، طیفی و رادیومتریک بیشتر
- به‌کارگیری زنجیره‌ای از گزاره‌ها، توابع و روابط طیفی به مثابه فیلترهایی برای تفکیک مرکبات از جنگل و گونه‌های همیشه سبز مانند سوزنی برگان، زیتون، اکالیپتوس و ...

فهرست منابع

- پورشکوری اله‌ده، ف.، درویش صفت، ع.ا. و خلیل‌پور، ع. ۱۳۸۵. تفکیک مرز شمالی جنگل‌های خزری با استفاده از تصاویر چند زمانه ماهواره‌ای. همایش ژئوماتیک ۸۵، تهران، ۸ ص.
- مصطفی، م. و مهدوی، ر. ۱۳۹۹. کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در حل اختلافات اراضی ملی. مجله ترویجی مدیریت پایدار جنگل‌های هیرکانی، ۲ (۲): ۳۷-۴۶.
- میرآخورلو، خ.، خرمی کتریمی، ر.، امین املشی، م.، ثاقب طالبی، خ. و اخوان. ر. ۱۳۹۵. پهنه‌بندی محدوده جنگل‌های هیرکانی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای. گزارش نهایی طرح پژوهشی، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، شماره مصوب 93137-09-09-04.

Immitzer, M., Vuolo, F. and Atzberger, C. 2016. First Experience with Sentinel-2 Data for Crop and Tree Species Classifications in Central Europe. *Remote Sens.*, 8 (166); doi: 10.3390/rs8030166.