

## استفاده از داده‌های ماهواره Sentinel-2 و زمینی برای مساحی و تهیه نقشه پراکنش صنوبر کاری‌های استان تهران

فاطمه احمدلو<sup>۱\*</sup>

[fatemeh\\_ahmadloo@yahoo.com](mailto:fatemeh_ahmadloo@yahoo.com)

خسرو میرآخورلو<sup>۲</sup>

محسن کلاگری<sup>۳</sup>

آزاده صالحی<sup>۱</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۴

تاریخ دریافت: ۹۹/۲/۲۵

### چکیده

**زمینه و هدف:** فقدان اطلاعات بهنگام، مستند و علمی از وضعیت موجود (سطح و پراکنش) صنوبر کاری‌های استان تهران یکی از مشکلات اصلی مدیران بخش تولید چوب برای برنامه‌ریزی و مدیریت تأمین چوب در استان و کشور است. تهیه نقشه و مشخص کردن محدوده‌های صنوبر کاری و پراکنش آنها در استان تهران برای پایش و ارزیابی تغییرات سطح صنوبر کاری در دوره‌های کوتاه‌مدت از اهداف تحقیق حاضر می‌باشند.

**روش بررسی:** پژوهش حاضر از فروردین ۱۳۹۷ تا اسفند ۱۳۹۸ به مدت ۲ سال در سطح کل استان تهران انجام شد. در این پژوهش از داده‌های چند زمانه، از ابتدا تا انتهای دوره رویش صنوبر (نیمه دوم اسفند تا آذر) سال ۲۰۱۸ میلادی، حداقل ۶ مقطع زمانی به فاصله ۳۰ تا ۴۰ روز، از داده‌های ماهواره Sentinel-2 استفاده شد. سپس ۳۵۵ عرصه صنوبر کاری با پراکنش یکنواخت در استان به عنوان نمونه تعلیمی جهت استفاده در طبقه‌کننده SVM برداشت شد. پس از آزمون و کالیبره کردن مدل SVM بر اساس فنولوژی جنس صنوبر و نمونه‌های میدانی برداشت شده، نقشه پراکنش عرصه‌های صنوبر کاری استان استخراج گردید.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد مساحت کل عرصه‌های صنوبر کاری استان تهران ۵۱۱/۱ هکتار می‌باشد که ۰/۰۴ درصد از کل مساحت استان را در برمی‌گیرد. یک درصد از کل محدوده‌های صنوبر کاری‌ها جهت کنترل میدانی به صورت کاملاً تصادفی انتخاب و پس از کنترل میدانی،

۱- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. \* (مسوول مکاتبات)

۲- مربی پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۳- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

خطای کلی نقشه تهیه شده محاسبه گردید. در این تحقیق موقعیت دقیق مکانی و مساحت صنوبرکاری‌ها با دقت قابل قبول (۹۶/۷ درصد) برآورد شد. بیشترین میزان سطح صنوبرکاری‌ها در شهرستان دماوند (۱۹۶/۸ هکتار) و کمترین آن در ورامین (۰/۲۲ هکتار) به دست آمد. **بحث و نتیجه‌گیری:** با استفاده از اطلاعات حاصل (نقشه پراکنش و مساحتی صنوبرکاری‌های استان) می‌توان در مطالعات مربوط به برنامه‌ریزی کشت و توسعه زراعت چوب برای حال و آینده استان اقدام نمود.

**واژه‌های کلیدی:** داده‌های ماهواره‌ای، صحت کلی، صنوبرکاری، مساحت، نقشه پراکنش.

## **Using Sentinel-2 satellite image data and ground data to surveying and mapping poplar plantation of Tehran province**

**Fatemeh Ahmadloo**<sup>1\*</sup>

[fatemeh\\_ahmadloo@yahoo.com](mailto:fatemeh_ahmadloo@yahoo.com)

**Khosro Mirakhorlou**<sup>2</sup>

**Mohsen Calagari**<sup>3</sup>

**Azadeh Salehi**<sup>1</sup>

Admission Date: August 25, 2020

Date Received: May 14, 2020

### **Abstract**

**Background & Objective:** The Lack of timely, documentary and scientific information from the current status (level and distribution) of poplar plantation of Tehran province is one of the main problems facing the managers of the wood production sector in the planning and management of wood supply in the province and the country. Preparing a map and determining the areas of poplar plantation and their distribution in Tehran province are the objectives of this study to monitor and evaluate changes of poplar plantation area in short-term periods.

**Material and Methodology:** The present study was conducted from April 2018 to March 2020 for 2 years in the whole of Tehran province. In this study, multi-temporal data, from the beginning to the end of the poplar growing season (second half of March to December 2018), at least 6 time periods of 30 to 40 days were used from Sentinel-2 satellite image. Then, 355 poplar plantation fields with uniformly distribution in the province were taken as a training sample for use in the SVM classifier. Post-test and calibration of SVM model based on the phenology of poplar genus and harvested field samples, poplar plantation distribution map of province was extracted.

**Findings:** The results showed that the total area of poplar plantation of Tehran province is 511.1 ha which covers 0.04% of the total area of province. One percent of the total poplar plantation fields were randomly selected for field control and after that, the overall mapping error obtained was calculated. In this study, the exact location and area of current poplar plantations were estimated with acceptable accuracy (96.7%). The highest level of poplar plantations was obtained in Damavand (196.8 ha), and the lowest in Varamin (0.22 ha).

**Discussion and Conclusions:** Using the resulting information (distribution map and mapping poplar plantation of province), can be initiated in studies on cultivation planning and development of wood farming for the present and future of the province.

**Key words:** Satellite data, Overall accuracy, Poplar plantations, Area, Distribution map.

---

1- Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. *\*(Corresponding Author)*

2- Senior Research Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

3- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

## مقدمه

مدیریت صحیح و توسعه صنوبرکاری‌ها به‌عنوان یکی از محورهای مهم برنامه‌های توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی یک کشور، باید بخش جداناپذیر برنامه جنگلداری ملی باشد. تاریخچه نسبتاً طولانی تولید چوب صنوبر در کشور و تأمین بخش عمده نیازهای چوبی حاشیه فلات مرکزی ایران از این گونه با ارزش به همراه رویکرد اخیر مسئولین به زراعت چوب به واسطه طرح توقف بهره‌برداری از جنگل، همگی دلالت بر ضرورت توسعه این فعالیت ارزشمند دارد. کمبود چوب در کشور از جمله مسائلی است که کمتر به آن توجه شده است در حالی که صنایع چوب و کاغذ و اوراق فشرده کاغذی وابستگی شدیدی به چوب دارند. در حال حاضر صنایع وابسته به چوب با ظرفیت پایین‌تری نسبت به ظرفیت اسمی خود در حال تولید هستند حتی برخی واحدهای تولید کاغذ در کشور در آستانه تعطیلی قرار گرفته‌اند و یا به‌دلیل مشکلات تهیه مواد اولیه به فعالیت‌های فصلی و موقت روی آوردند. بر اساس اظهارنظر کارشناسان کمبود چوب در کشور در حالی وجود دارد که اولاً زمین‌های مساعدی برای زراعت چوب در کشور وجود دارد و ثانیاً سالانه حدود ۲ تا ۳ میلیون متر مکعب چوب در جنگل توسط جنگل‌نشینان و روستانشینان اطراف جنگل و دام‌ها از بین می‌رود. مصرف چوب خام در صنایع سلولزی کشور، سالانه ۶ میلیون و ۶۹۰ هزار مترمکعب می‌باشد که از این مقدار حدود یک میلیون و ۲۰۰ هزار مترمکعب سهم واردات است که این رقم معادل ۱۸ درصد کل مصرف صنایع چوب می‌باشد که این واردات در قالب چوب، کاغذ و برخی فرآورده‌های چوب است. رقمی معادل ۴ میلیون و ۷۰۰ هزار مترمکعب چوب مصرفی از محل زراعت چوب، ضایعات چوبی و باغی تأمین می‌شود (۱). در رابطه با توسعه زراعت چوب در استان تهران اقداماتی انجام گرفته است.

سطح کشت صنوبر در استان تهران تا قبل از سال ۱۳۸۴ به میزان ۵۰۰ هکتار بوده است و از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۵ به میزان ۲۷۷/۷ هکتار صنوبرکاری انجام شده است (۱). سطح صنوبرکاری‌ها بر اساس میزان ارائه تعداد نهال صنوبر به کشاورزان تعیین شده است اگرچه تعیین مساحت زمانی انجام

گرفته است که هنوز استان البرز از استان تهران تفکیک نشده بود. همچنین اقدامات اولیه صنوبرکاری در اراضی زیر کشت سبزی و جالیز با فاضلاب شهری در جنوب تهران از سال ۱۳۸۷ از طرف مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور شروع شد و در سال ۱۳۹۳ کاشت صنوبر در زمین‌های متأثر از فاضلاب در ۳۰ هکتار از اراضی جنوب تهران کاشته شد (۲). سطح زراعت چوب با استفاده از گونه صنوبر به‌عنوان یکی از الگوهای اقتصادی در اراضی مستعد استان تهران بایستی ابتدا تعیین و سپس توسعه یابد. لازمه برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح و نیل به اهداف در این زمینه، آگاهی دقیق از وضعیت موجود صنوبرکاری‌ها و داشتن اطلاعات کمی و کیفی از آن، از جمله سطح صنوبرکاری‌های موجود است. با توجه به پراکندگی صنوبرکاری‌ها و همچنین وجود صنوبرکاری‌های شخصی، اطلاعاتی از سطح آن در استان تهران در دسترس نمی‌باشد. از طرفی تعیین موقعیت دقیق مکانی محدوده‌های صنوبرکاری کشور و پراکنش سطح صنوبرکاری‌های استان تهران ضروری است. گستردگی سطح منابع طبیعی، تنوع اقلیمی و شرایط محیطی همواره از عوامل محدودکننده در ارزیابی این عرصه‌ها بر پایه پیمایش‌ها و اندازه‌گیری‌های زمینی به شمار می‌آید (۳) و استفاده صحیح و کاربردی از تصاویر ماهواره‌ای را ضروری می‌سازد. یکی از جدیدترین ماهواره‌های سنجش از دور، ماهواره نوری Sentinel-2 نام دارد که توسط سازمان فضایی اتحادیه اروپا طراحی شده است. این ماهواره ضمن این‌که از توان تفکیک مکانی (۱۰، ۲۰، ۶۰ متر) و طیفی مناسبی (۱۳ باند طیفی در محدوده طیف مرئی و مادون قرمز طیف الکترومغناطیسی است) برخوردار است، دسترسی رایگان به داده‌ها و اطلاعات آن نیز باعث شده است تا این ماهواره و داده‌های به‌دست آمده از آن از پتانسیل و قابلیت مناسبی در مطالعات سنجش از دور برخوردار باشد. در زمینه تهیه نقشه محدوده‌های صنوبرکاری با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای اطلاعات بسیار کمی در کشور وجود دارد که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: محمدپور و همکاران (۱۳۹۰) روند توسعه سطح صنوبرکاری‌های منطقه شرق گیلان را در یک دهه (۱۳۷۹-۱۳۸۹) با استفاده از

ماهواره‌ها (۵، ۶ و ۹) انجام شده است ولیکن در خصوص کارایی داده‌های سنجنده Sentinel-2 در تهیه نقشه محدوده‌های صنوبرکاری کشور تاکنون نتایجی ارائه نشده است، بنابراین ادامه تحقیقات کاربردی دقیق با استفاده از داده‌های این ماهواره را که قدرت تفکیک مکانی و طیفی بیشتری نسبت به سایر ماهواره‌های ذکر شده دارد، ضرورت می‌بخشد. از اهداف اصلی تحقیق تعیین سطح صنوبرکاری‌ها و همچنین تفکیک گونه صنوبر از سایر گونه‌های مثمر و غیر مثمر در سطح استان تهران بوده که نتایج این کار می‌تواند برای مدیریت زراعت چوب در بخش اجرا مورد استفاده قرار بگیرد. تهیه نقشه و مشخص کردن محدوده‌های صنوبرکاری و پراکنش آنها در استان تهران برای پایش و ارزیابی تغییرات سطح صنوبرکاری در دوره‌های کوتاه‌مدت نیز از دیگر اهداف تحقیق می‌باشند.

### روش بررسی

#### منطقه مورد بررسی

استان تهران با مساحت ۱۳۷۶۸۲۸/۰۸۲ هکتار بین ۳۴ تا ۳۶/۵ درجه عرض شمالی و ۵۰ تا ۵۳ درجه طول شرقی واقع شده است. این استان از شمال با استان مازندران، از شرق با استان سمنان، از غرب با استان‌های قزوین و مرکزی و از جنوب با استان قم همجوار است (۱۰).

#### مراحل اجرای پژوهش

##### پردازش داده‌های ماهواره‌ای

پژوهش حاضر از فروردین ۱۳۹۷ تا اسفند ۱۳۹۸ به مدت ۲ سال در سطح کل استان تهران انجام شد. در این تحقیق از تصاویر ماهواره Sentinel-2 استفاده شده است، این ماهواره دارای مداری قطبی است و از ۱۳ باند طیفی در محدوده‌های مرئی (Visible)، مادون قرمز نزدیک (VNIR) و مادون قرمز کوتاه (SWIR) تشکیل شده است و عرض برداشت آن ۲۹۰ کیلومتر است. این باندها از لحاظ تفکیک مکانی به سه دسته تقسیم می‌شوند. باندهای ۲، ۳، ۴ و ۸ دارای تفکیک مکانی ۱۰ متر و باندهای ۵، ۶، ۷، ۸a، ۱۱ و ۱۲ دارای تفکیک مکانی ۲۰

داده‌های سنجنده Landsat و IRS در سامانه اطلاعات جغرافیایی بررسی و نشان دادند که به‌علت مسائل اقتصادی اجتماعی و مهاجرت روستائیان، افزایش سطح کشت باعث افزایش تولید چوب نشده است (۴). درویش صفت و همکاران (۱۳۹۳) قابلیت تصاویر سنجنده‌های IRS-P6- LISSIII&IV و TM در تفکیک صنوبرکاری‌های شهرستان صومعه سرا در استان گیلان را بررسی و بیان کردند در منطقه تحقیق، توجه به توان تفکیک تصاویر و استفاده از دیگر داده‌های سنجنش از دور به ویژه لندست ۸ که دارای توان تفکیک طیفی و رادیومتری بیشتر از IRS است و توجه به مقاطع زمانی مختلف و تناسب با تقویم زراعی منطقه، پیشنهاد می‌شود (۵). در تحقیقی دیگر، درویش صفت و همکاران (۱۳۹۵) قابلیت تصاویر لندست ۸ را در تهیه نقشه صنوبرکاری‌های سه منطقه از شهرهای تالش و صومعه سرا در استان گیلان بررسی کردند و نشان دادند که تصاویر لندست ۸ قابلیت متوسطی در تهیه نقشه صنوبرکاری‌ها دارند (۶).

در خارج از کشور نیز مطالعات اندکی در این زمینه انجام گرفته است. در تحقیقی قابلیت داده‌های کوئیک برد در تفکیک صنوبرکاری‌ها و دیگر توده‌های جنگلی از اراضی کشاورزی در سه قسمت کوچک کشور ایتالیا بررسی شده است (۷). این تحقیق نشان داد که تفکیک صنوبرکاری‌های جوان از دیگر پدیده‌ها به دلیل تداخل طیفی زیاد بازتاب صنوبر و دیگر پدیده‌ها امکان‌پذیر نیست. برگن و درونوا (۲۰۰۷) به بررسی توانایی سنجنده ETM<sup>+</sup> در تفکیک و تبیین الگوی توالی توده‌های صنوبر در بیش از ۴۲۰۰ هکتار صنوبرکاری در شمال میشیگان آمریکا پرداختند. در این تحقیق، نقشه پوشش صنوبر به روش طبقه‌بندی سلسله مراتبی با صحت کلی ۸۹/۹ درصد تهیه شد (۸). در مطالعه‌ای دیگر که به منظور تهیه نقشه صنوبرکاری‌ها با استفاده از تصاویر سنجنده LISSIII در کل استان گیلان با روش‌های نظارت‌شده و نظارت‌نشده انجام گرفت، قابلیت بسیار زیادی گزارش شد (۹). در زمینه تعیین راهکاری برای تهیه نقشه‌های بهنگام از صنوبرکاری‌ها و پایش دوره‌ای آن در کشور، تعداد تحقیقات اندکی با داده‌های سایر

محدوده استان مورد تحقیق به تعداد ۶ فریم (۱۰۰×۱۰۰) کیلومتر استخراج شد. سپس تصحیحات اتمسفری و هندسی همه داده‌های دانلود شده با استفاده از نرم‌افزار Sen2Cor (<https://step.esa.int/main/third-party-plugins-2/sen2cor/>) انجام شده است (۱۱). این نرم‌افزار یک پردازنده تخصصی برای انجام تصحیحات اتمسفری داده‌های Sentinel-2 می‌باشد که براساس فایل با فرمت xml (شامل اطلاعات Solar Irradiance, Physical-Gains و سایر پارامترها)، تصحیحات تصاویر را از سطح L1C به سطح L2A ارتقا می‌دهد و تمام ضرایب تصحیحات اتمسفری در این نرم‌افزار لحاظ شده است. پیش پردازش تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2 برای دستیابی به محصولی با درجه پردازشی L2A که نمایانگر بازتابش پایین اتمسفر است نیز انجام شد. این تصحیحات شامل ابر، ذرات معلق گرد و غبار و بخار آب موجود در اتمسفر و تصحیحات هندسی می‌شود. در نرم‌افزار Sen2Cor نیاز به انجام تصحیحات هندسی نیست چرا که خود نرم‌افزار اطلاعات هندسی و مختصاتی را از فایل xml می‌خواند. پس از فراخوانی داده‌های این ماهواره و بدون نیاز به انجام تصحیحات هندسی، تصحیحات رادیومتریکی مانند محاسبه رادیانس تصاویر ماهواره مذکور در سطح L1C به صورت خودکار انجام می‌شود. در مرحله بعد، فریم‌های تصحیح شده مربوط به یک تاریخ موزائیک شد و تصویر محدوده استان از فریم‌های استخراج شده به دست آمد.

#### پردازش‌های ثانویه (تجزیه و تحلیل تصاویر و نمونه‌های میدانی)

برای این منظور از نرم‌افزار ERDAS Imagine 2014 (نرم‌افزار تخصصی پردازش و تفسیر تصاویر رقومی ماهواره‌ای) استفاده شد. برای انجام پردازش ثانویه، به منظور همسان‌سازی تفکیک مکانی باندهای ۲۰ متری (b5, b6, b7, b8a) به ۱۰ متر (b2, b3, b4, b8)، ابتدا تفکیک باندهای ۲۰ متری داده‌های Sentinel-2 از تمام سری‌های زمانی به ۱۰ متر تبدیل شد. بنابراین علاوه بر باندهای ۱۰ متری، باندهای ۲۰ متری نیز به ۱۰ متری تبدیل و استفاده شد. نقشه واقعیت زمینی به روش تلفیق بازدید میدانی و تفسیر بصری تهیه شد.

متر و باندهای ۱، ۹ و ۱۰ دارای تفکیک مکانی ۶۰ متر هستند. در تحقیق حاضر ۱۱ کلاس نوع گونه‌های گیاهی وجود داشت و معمولاً تعداد باندها در طبقه‌بندی، تعداد کلاس‌ها + ۱ می‌باشد بنابراین از تمام باندها و حداقل از ۱۲ باند استفاده شد. بر اساس فنولوژی و دوره رویش صنوبر (نیمه دوم مارس تا پایان نوامبر) سال ۲۰۱۸ میلادی، داده‌های چند زمانه این ماهواره با ۶ مقطع زمانی به فاصله ۳۰ تا ۴۰ روز مورد استفاده قرار گرفت (انتهای فصل خزان در هفته آخر اسفند، ابتدای رویش جوانه‌های برگ و گل در فروردین، رویش کامل جوانه‌ها و تشکیل بذر در اردیبهشت، اوج انبوهی برگ‌ها در نیمه اول تیر، ظهورخزان برگ در نیمه دوم مهر و خزان کامل آن در نیمه دوم آبان) انتخاب شده است. مراحل رشد و فنولوژی دوره رویش صنوبر با سایر گونه‌های درختی مثمر و غیر مثمر مثل چنار، بید، گردو و غیره متفاوت است. بنابراین بازتاب طیفی متفاوتی با سایر گونه‌های ذکر شده دارد و تفکیک جنس صنوبر را از سایر گونه‌های درختی ممکن می‌سازد. انتخاب یک مقطع زمانی مثلاً در زمان اوج رویش و انبوهی برگ‌ها تفکیک صنوبر را از سایر گونه‌ها به دلیل تشابه نزدیک بازتاب طیفی با خطای بالا مواجه می‌کند، ولیکن در ۶ مقطع زمانی اختلاف بازتاب طیفی صنوبر با سایر گونه‌ها بارزتر و امکان تفکیک آن را با خطای کمتر امکان‌پذیر می‌نماید. در زمان تیرماه سایر گونه‌های پهن‌برگ نیز در اوج رویش هستند ولی در سایر مواقع همچون در یک مقطع زمانی که صنوبر در اوج رویش با برگ کامل هستند سایر گونه‌های پهن‌برگ هم در همین زمان دارای رویش کامل هستند بنابراین تفکیک گونه‌ها با یک مقطع زمانی امکان‌پذیر نیست.

#### پردازش تصاویر:

در این مرحله، تصاویر مورد پردازش‌های اولیه، ثانویه و نهایی قرار گرفت که مراحل هر کدام از آنها در ادامه توضیح داده می‌شود:

#### پردازش‌های اولیه تصاویر

برای پردازش تصاویر نخست، داده‌های سری زمانی Sentinel-2 از <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> در

عرصه‌های صنوبرکاری از سایر گونه‌های خزان‌کننده استفاده شد. برای این منظور داده‌های سری زمانی Sentinel-2 (Mar.10, May19, June27, Aug.5, Oct.13 و Nov.23) براساس فنولوژی جنس صنوبر و نمونه تعلیمی حاصل از برداشت میدانی در مدل SVM به زبان برنامه‌نویسی نرم‌افزار R به این نرم‌افزار معرفی گردید و در نهایت نقشه محدوده‌های صنوبرکاری استخراج شد.

#### پردازش‌های نهایی (استخراج نقشه)

در این مرحله، با حذف محدوده‌های غیرصنوبر، محدوده عرصه‌های صنوبرکاری استان استخراج شد. سپس با استفاده از دستور Dissolve, Eliminate در نرم‌افزار ERDAS Imagine 2014 پیکسل‌های مشابه ادغام و پیکسل‌های پرت حذف شدند و در نهایت برای کم کردن حجم فایل و سهولت استفاده در نرم‌افزار ArcMap 10.4، این نقشه به ساختار وکتوری (پلیگون) تبدیل و با استفاده از تصاویر با وضوح مناسب در Google Earth یا Bing ویرایش و اصلاحات نهایی اعمال شد. از تصاویر Sentinel-2 برای شناسایی اولیه برداشت نمونه‌های میدانی در نمونه‌برداری صنوبر با تفکیک مکانی ۱۰ متر و با دقت بالا استفاده شده است. با توجه به دقتی که مورد نیاز بود از تصاویر ماهواره‌ای موجود مانند Bing و گوگل با تفکیک مکانی ۵۰ متر نیز استفاده شد.

#### ارزیابی صحت نقشه‌های نهایی

به‌منظور برآورد آماری ارزیابی صحت کلی نقشه عرصه‌های صنوبرکاری تولید شده به تعداد ۲۸۰۶۱ پلیگون در مراحل قبل، حدود ۱ درصد از پلیگون‌های محدوده صنوبرکاری استان تهران (۳۰۱ پلیگون) به‌صورت کاملاً تصادفی با استفاده از دستور Geostatistical Analyst در نرم‌افزار ArcMap10.4 انتخاب و در عرصه کنترل شد. سپس بر اساس نتایج بازدید میدانی، طبق رابطه (۱) صحت کلی نقشه استخراج شده تعیین شد:

تعداد ۳۵۵ عرصه صنوبرکاری با پراکنش مناسب در سطح استان تهران با استفاده از تصاویر ماهواره گوگل و یا افراد محلی و کارشناسان شناسایی و با بازدید میدانی ثبت مختصات شدند. گونه‌های متمر شامل گردو و سایر گونه‌های باغی (۲ کلاس)، گونه‌های غیرمتمر شامل چنار، بید، افاقیا، عرعر، زبان گنجشک، سنجد (۶ کلاس)، گونه‌های سوزنی‌برگ شامل کاج و سرو (۲ کلاس) که مجموع کلاس‌ها ۱۱ کلاس را شامل می‌شود. طبق احتمالات، احتمال اینکه صنوبر با ۱۰ کلاس دیگر تداخل داشته باشد ۱ به ۱۱ است و در صورتی که تداخل سایر گونه‌ها در صنوبر ۱۱ به ۱ است و برداشت نمونه میدانی از سایر گونه‌ها که با صنوبر تداخل داشته باشد بسیار ضعیف بوده و از آن صرف‌نظر شد و در نتایج تأثیر چندانی طبق پایش میدانی نداشته است. سپس با پیمایش در اطراف هر قطعه صنوبرکاری شده به تعداد کافی نقاط ثبت شده و با تطبیق تصاویر ماهواره گوگل با نقاط برداشت شده، محدوده دقیق عرصه به‌دست آورده شد. پس از ترسیم پلیگون‌های صنوبرکاری در گوگل ارث با خروجی فایل به‌صورت KMZ و یا KML به ArcGIS انتقال یافته و تبدیل به لایه پلیگونی یکپارچه به فرمت shp (شیپ فایل) شدند.

سپس نمونه تعلیمی با کار میدانی با پراکنش مناسب برای تمام طبقات پوشش (زراعت سالانه، درختان خزان‌کننده، درختان همیشه سبز، صنوبر، مسکونی و سایر پوشش اراضی) به تعداد ۳۵۵ پلیگون برداشت و برای استفاده در طبقه‌بندی تصاویر وارد نرم‌افزار شد. پس از آن، تصاویر نیمه اول مهرماه با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و الگوریتم بیشترین شباهت و ترکیب باندی ۳، ۴ و ۸ برای دو طبقه با پوشش درختی و غیر درختی (سایر پوشش‌ها) طبقه‌بندی شدند، در نتیجه اراضی بدون پوشش درختی، حذف شد. در مرحله بعد، با به‌کارگیری تصویر نیمه دوم اسفند و روش مرحله قبل، محدوده‌های با پوشش درختی به دو طبقه درختان خزان‌کننده و همیشه‌سبز تفکیک شدند و اراضی با پوشش درختان همیشه‌سبز نیز حذف شد. در اراضی با پوشش درختان خزان‌کننده از مدل Support Vector Mashin (SVM) در نرم‌افزار R برای تفکیک

## یافته‌ها

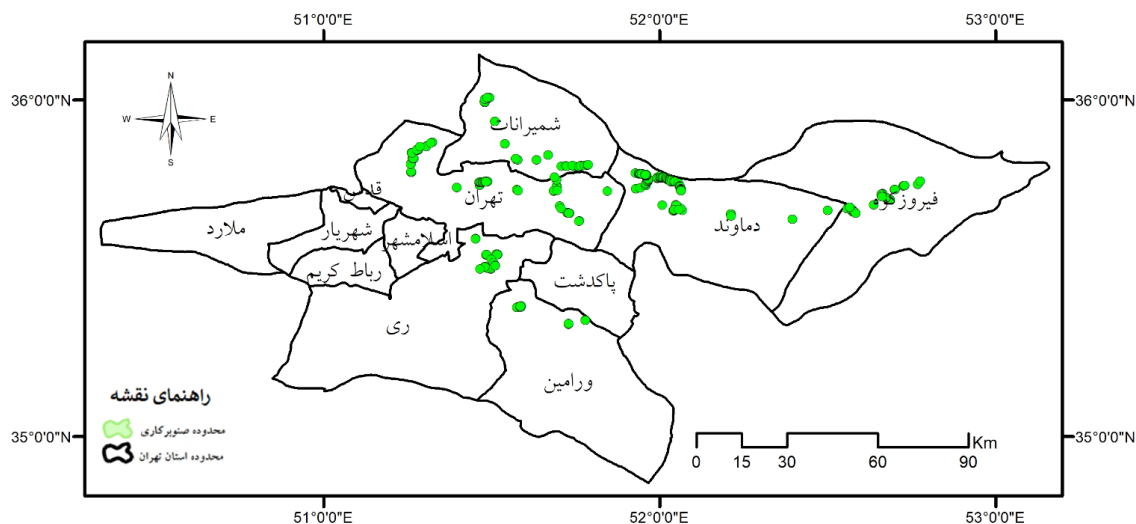
نتایج حاصل از ثبت مناطق صنوبرکاری شده در استان تهران با استفاده از دستگاه GPS و همچنین پلیگون‌های اطراف آن به محیط نرم‌افزار ArcGIS انتقال داده شد که پس از برازش‌های مورد نظر نقشه واقعیت زمینی صنوبرکاری‌های موجود استان تهران با ۳۵۵ عرصه با پراکنش در کلیه شهرستان‌ها و روستاهای حاصل از برداشت‌های میدانی ترسیم شد (شکل ۱). با استفاده از این داده‌های واقعیت زمینی، نقشه صنوبرکاری‌های موجود استان تهران با ۲۸۰۶۱ پلیگون با استفاده از داده‌های ماهواره Sentinel-2 به دست آمد (شکل ۲) که مساحت کل صنوبرکاری‌های استان تهران ۵۱۱/۱ هکتار به دست آمده است.

$$OA = \frac{1}{N} \sum p_{ii} \quad (1)$$

OA = صحت کلی، N = تعداد کل پیکسل‌های مورد مقایسه و

p<sub>ii</sub> = تعداد پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده

در گام آخر، مختصات جغرافیایی مرکز پلیگون‌های کاملاً تصادفی (۳۰۱ پلیگون) محدوده صنوبرکاری استان جهت بازدید میدانی استخراج شد. مختصات جغرافیایی در GPS ثبت و مراجعه به آن در بازدید میدانی انجام شد و پلیگون‌های اشتباه در بازدید میدانی نیز ثبت و تعیین شدند و طبق رابطه (۱) صحت کلی نقشه نهایی برآورد گردید.



شکل ۱- نقشه واقعیت زمینی صنوبرکاری‌های موجود استان تهران با ۳۵۵ عرصه

Figure 1. Ground reality map of existing poplar plantation of Tehran province with 355 fields

معادل ۵/۷ هکتار) می‌باشد. فقط ۳/۷ درصد به تعداد ۱۰۴۴ قطعه دارای مساحت بیشتر از ۵۰۰ و کمتر از ۱۰۰۰ مترمربع هستند. نمودار تعداد قطعات صنوبرکاری‌ها در طبقات مختلف سطح کشت در استان تهران در شکل ۲ نشان داده شده است.

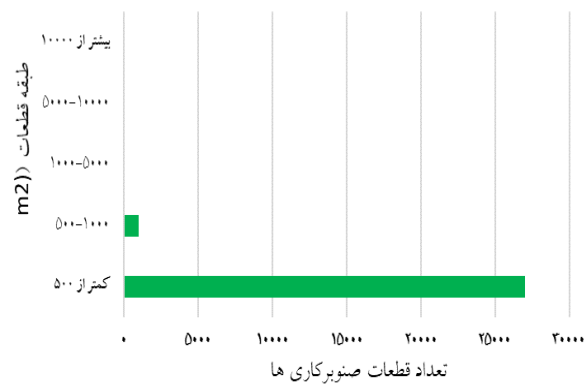
بر طبق نتایج، میزان ۹۶/۳ درصد به تعداد ۲۷۰۱۳ قطعه از صنوبرکاری‌های استان مساحت کمتر از ۵۰۰ متر مربع دارند که ۸۹/۷ درصد از سطح صنوبرکاری استان برابر ۴۵۳/۴ هکتار را شامل می‌شود (جدول ۱). بر اساس همین جدول سطوح صنوبرکاری بیشتر از ۱۰۰۰ مترمربع (۰/۱ هکتار برابر ۴ قطعه و



جدول ۱- توزیع طبقه مساحت قطعات صنوبرکاری مربوط به سال ۱۳۹۷ در استان تهران

Table 1. Distribution of area class of poplar plantation fields for 2019 in Tehran province

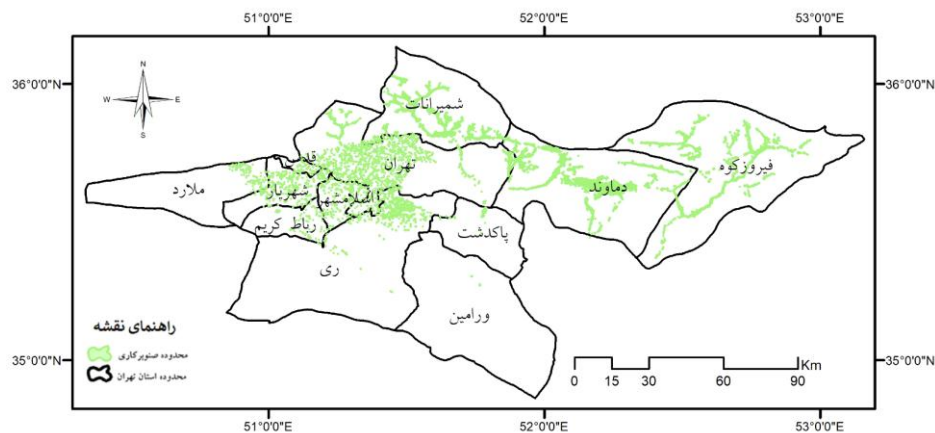
درصد از مساحت کل	مساحت کل (هکتار)	درصد از تعداد	تعداد	طبقه قطعات (m <sup>2</sup> )
۸۸/۷	۴۵۳/۴	۹۶/۳	۲۷۰۱۳	کمتر از ۵۰۰
۱۰/۲	۵۲/۲	۳/۷	۱۰۴۴	۵۰۰-۱۰۰۰
۰	۰	۰	۰	۱۰۰۰-۵۰۰۰
۰/۲	۰/۹	۰	۱	۱۰۰۰۰-۵۰۰۰۰
۰/۹	۴/۸	۰/۰۱	۳	بیشتر از ۱۰۰۰۰۰
۱۰۰	۵۱۱/۱	۱۰۰	۲۸۰۶۱	جمع



شکل ۲- تعداد قطعات صنوبرکاری‌ها در طبقات مختلف سطح کشت در استان تهران

Figure 2. Number of poplar plantation fields in different classes of cultivation area in Tehran province

نقشه کل صنوبرکاری‌های موجود استان تهران با ۲۸۰۶۱ پلیگون با استفاده از داده‌های ماهواره Sentinel-2 در شکل ۳ آورده شده است.



شکل ۳- نقشه پراکنش و موقعیت کل صنوبرکاری‌های موجود استان تهران با ۲۸۰۶۱ نقطه مربوط به سال ۱۳۹۷

Figure 3. Distribution map and total location of existing poplar plantation fields of Tehran province with 28061 points for 2019

## صحت نقشه‌های استخراج شده

بعد از بررسی محدوده‌های مشکوک به کاربری عرصه‌های صنوبرکاری با تصاویر با قدرت تفکیک و وضوحی مناسب این محدوده‌ها بر روی نقشه و ثبت مختصات منطقه نیازمند به کنترل میدانی شناسایی شدند. ارزیابی صحت نقشه‌های استخراج شده از داده‌های ماهواره Sentinel-2 با ۲۸۰۶۱ نقطه انجام شد. سپس با استفاده از Geostatistical Analyst در نرم‌افزار ArcGIS 10.4 تعداد ۱ درصد نقاط جهت کنترل میدانی به صورت تصادفی انتخاب شد که شامل ۳۰۱ نقطه بود. مختصات جغرافیایی در GPS ثبت و مراجعه به آن در بازدید میدانی انجام شد و پس از کنترل میدانی، از این ۳۰۱ نقطه، تعداد ۱۰ نقطه مشاهده شد که عرصه صنوبرکاری

نبود و توسط ماهواره Sentinel-2 اشتباه برآورد شده بود. طبق نتایج ارزیابی صحت انجام شده، صحت کلی عرصه‌های صنوبرکاری (تعداد قطعات نمونه درست طبقه‌بندی شده به کل تعداد قطعات نمونه مورد مقایسه  $\times 100$ ) معادل ۹۶/۷ درصد و خطای کلی نقشه تهیه شده ۳/۳۳ درصد برآورد شده است.

## صنوبرکاری‌های استان تهران به تفکیک هر شهرستان

مطابق جدول ۲، بیشترین میزان سطح صنوبرکاری‌ها به ترتیب در شهرستان‌های دماوند، شمیرانات و فیروزکوه وجود دارد و کمترین میزان آن در ورامین وجود دارد.

جدول ۲- تعداد کل پلیگون‌ها، میانگین، مساحت کل و درصد از کل صنوبرکاری‌ها در هر یک از شهرستان‌های استان

## تهران

Table 2. Total number of polygons, average, total area and total percentage of poplar plantation in each of the cities of Tehran province

نام منطقه	تعداد کل پلیگون‌ها	میانگین مساحت پلیگون‌ها (m <sup>2</sup> )	مساحت کل صنوبرکاری‌ها (ha)	درصد از صنوبرکاری‌های کل استان
کل استان تهران	۲۸۰۶۱	۱۸۲/۲۳	۵۱۱/۱	۱۰۰
شهرستان اسلامشهر	۲۱۵	۱۹۲/۲۹	۴/۱۳	۰/۸۱
شهرستان پاکدشت	۱۰۲	۱۵۵/۱۵	۱/۵۸	۰/۳۱
شهرستان تهران	۲۷۳۷	۱۷۶/۵۷	۴۸/۳۳	۹/۴۶
شهرستان دماوند	۱۰۸۲۱	۱۸۱/۳۸	۱۹۶/۸	۳۸/۵۱
شهرستان رباط کریم	۸۷	۱۵۵/۱۷	۱/۳۵	۰/۲۶
شهرستان ری	۹۱۳	۲۱۲/۰۳	۱۹/۳۶	۳/۷۹
شهرستان شمیرانات	۶۷۴۴	۱۷۹/۶	۱۲۱/۱۲	۲۳/۷
شهرستان شهریار	۳۴۰	۵/۸۲	۵/۸۲	۱/۱۴
شهرستان فیروزکوه	۵۸۹۳	۱۸۴/۴۱	۱۰۸/۶۷	۲۱/۲۶
شهرستان قدس	۵۷	۱۵۹/۶۵	۰/۹۱	۰/۱۸
شهرستان ملارد	۱۴۲	۲۱۳/۵۲	۳/۰۳	۰/۵۹
شهرستان ورامین	۱۰	۲۲۰	۰/۲۲	۰/۰۴

## بحث و نتیجه‌گیری

استان تهران به دلیل شرایط خاص جغرافیایی و برخورداری از تنوع زیاد در ارتفاع، شیب و جهت شرایط اقلیمی متنوعی دارد. این استان به دلیل قرار گرفتن در مرز بین دو اقلیم متضاد مرطوب در شمال و خشک و بیابانی در جنوب از نظر اقلیمی در موقعیت حساسی قرار گرفته است. در اثر بهره‌برداریهایی بی‌رویه از اراضی و بی‌توجهی به قابلیت‌ها و محدودیت‌های اقلیمی منطقه مرز بیابان در جنوب استان روندی رو به توسعه را نشان می‌دهد. برای تأمین آب مورد نیاز ظرفیت سازی منابع آب جدید از جمله آب نامتعارف کلان‌شهر تهران با رعایت ملاحظات زیست محیطی توصیه می‌شود. کانال فاضلاب شهر تهران با گذر از شهرستان ری، یک منبع آبی را ایجاد می‌کند که می‌تواند سبب توسعه زراعت چوب و کشت صنوبر شود.

در استان تهران بیشتر قطعات صنوبرکاری در اطراف جاجرود و شهرهای رودهن، بومهن و فیروزکوه قرار دارد. تقریباً تمام اراضی صنوبرکاری شده این استان به صورت نواری یا خطی در فضای سبز شهری و یا حاشیه باغ‌ها و نهرهای انتقال آب به مزارع کشت شده‌اند که چوب حاصل از استحصال این قطعات به مصرف کارگاه‌های محلی و روستایی می‌رسد. طبق نتایج ارائه شده بر اساس مشاهدات میدانی مشخص شد بیشترین خطا در عدم تفکیک کاج تهران و سایه ساختمان‌های بلند با صنوبر وجود داشت که این میزان خطا بسیار ناچیز بود (۳/۳۳ درصد) که بیانگر صحت مناسب نقشه‌های استخراج شده است و می‌توان از آن در تصمیم‌گیری‌ها، مقایسه و برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای (حفاظت، احیا و توسعه) در عرصه صنوبرکاری‌ها استفاده نمود. سلمان ماهینی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از تصاویر لندست، نقشه مناطق جنگلی استان گلستان را تهیه نمودند. آنها در نتایج این بررسی، ضریب کاپا و صحت کلی را به ترتیب ۰/۷۰ و ۹۱ درصد گزارش کردند (۱۲). رضایی بنفشه و همکاران (۱۳۸۶) در بررسی سطح عرصه‌های جنگلی منطقه ارسباران با استفاده از تصاویر لندست، تفکیک عرصه‌های جنگلی از سایر کاربری‌ها، مقدار ضریب کاپا و صحت کلی را به ترتیب ۰/۹۶ و ۹۷ درصد برآورد کردند (۱۳).

صحت کلی نقشه‌های استخراج شده از داده‌های ماهواره Sentinel-2 با ۳۵۵ عرصه کنترل زمینی در استان مقدار ۹۶/۷ درصد را نشان داد که نتیجه قابل قبولی به نظر می‌آید و در این خصوص کارایی مناسبی دارد. بنابراین می‌توان استفاده از داده‌های سری زمانی (دوره رویش ۸ ماهه) این ماهواره را برای پایش صنوبرکاری‌ها توصیه نمود. در مطالعه‌ای طبقه‌بندی گونه‌های درختی با استفاده از تصاویر سری زمانی ماهواره Sentinel-2 در جنگل تکامل یافته در مرکز سوئد توسط پرسون و همکاران (۲۰۱۸) برای تفکیک گونه‌های درختی *Larix* × *Pinus silvestris*, *Picea abies* و *Betula sp. marschlinsii* انجام گرفت. مدل نهایی که بالاترین صحت کلی (۸۸/۲ درصد) را به دست آورد، استفاده از ترکیب تمام باندها از چهار مقطع سری تصاویر ماهواره‌ای بود. پنج گونه درختی با این الگوریتم با دقت ۷۰/۹ تا ۹۵/۶ درصد شناسایی و تفکیک شدند (۱۴) که نتایج آن کارایی کمتر داده‌های سری زمانی از ماهواره Sentinel-2 را نسبت به نتایج تحقیق حاضر (صحت کلی ۹۶/۷ درصد) نشان می‌دهد.

آنچه از نتایج، نقشه و جدول‌ها و بررسی‌های میدانی استنتاج می‌شود، بیانگر و مؤید این موضوع است که قطعات صنوبرکاری در مناطق شمال استان تهران مانند داموند، شمیرانات و فیروزکوه رواج بیشتری دارد. قسمت اعظم استان تهران در ناحیه رویشی ایران و تورانی قرار گرفته و فقط سطحی ۳۴۰ هکتاری در منتهی الیه شمال شرقی استان جزء ناحیه رویشی هیرکانی قرار دارد (۱۵). اقلیم سرد و مرطوب موجود در شمال استان تهران از نظر تأمین آب برای صنوبرکاری اهمیت ویژه‌ای دارد.

هرچه به سمت جنوب و جنوب غربی استان پیش می‌رویم، سطح صنوبرکاری‌ها کاهش می‌یابد به طوری که در شهرستان‌های جنوبی استان کشت صنوبر رایج نیست. به طور کلی بیابان‌های استان در حوزه شهرستان‌های ورامین، ملارد و جنوب شهر ری واقع شده است و شهرهای شهریار، قدس،

مقاطع سری زمانی داده‌ها برای هر منطقه طبق تقویم زمانی و فنولوژی صنوبر آن منطقه استفاده شود. دوم زمان برداشت داده‌های میدانی جهت استفاده به‌عنوان نمونه‌های تعلیمی و کاربرد آن در مدل، در صورت امکان و نداشتن محدودیت کار میدانی باید زمان اوج شادابی و رویش صنوبر (نیمه دوم خرداد و نیمه اول تیرماه) انتخاب شود. همچنین توصیه می‌شود در صورت دسترسی به قطعات صنوبر کاری با سنین متفاوت از ۲ تا ۱۰ سال به تعداد تقریباً مساوی از هر طبقه سنی نمونه ثبت گردد. در صورت وجود راه‌های دسترسی مناسب در منطقه مطالعه، برای ثبت نمونه با توزیع مکانی و تعداد مناسب باید نمونه‌برداری‌ها طوری باشد که بتوان در هر ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ هکتار از منطقه یک نمونه برداشت شود. با توجه به فقدان اطلاعات مستند با دقت مناسب و به‌هنگام در زمینه مقدار و پراکنش اراضی صنوبر کاری‌ها در استانها و کشور، یافته‌های این پژوهش می‌تواند اطلاعات پایه و مبنایی با ارزش برای استفاده در پایش سطح صنوبر کاری‌ها، برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی در راستای زراعت چوب در استان و کشور باشد.

## References

1. Aminpour, T., 2017. National plan for wood farming in sixth development plan (1396-1400). Ministry of Agriculture- Jihad, Forests, Range and Watersheds Management Organization Press, Tehran.
2. Modirrahmati, A., Ghamari Zare, A., 2017. The necessity of the development of wood farming instead of vegetable farming in southern Tehran. Journal of Iran Nature, Vol. 2, No. 3, pp. 6-10. (In Persian)
3. Farzadmehr, J., Arzani, H., Darvish Sefat, A.A., Jafari, M., 2004. Investigation in estimating vegetation cover and phytomass production, using enhanced Landsat data in a semi arid region. Iranian Journal of Natural

ملارد، صفاشدت و صباشهر به‌ترتیب جزو بحران‌خیزترین نقاط در حوزه آب هستند و علت آن را می‌توان در کاهش بارندگی و عدم توزیع آن در دوره رویش و افزایش دما، افزایش تبخیر از سطح خاک و ساختار زمین‌شناسی منطقه و پوشش گیاهی عنوان کرد که در صنوبر کاری‌ها سبب کاهش رشد و عملکرد آنها می‌شود و محدودیت منابع آب سطحی و زیرزمینی، در شهرستان‌های جنوبی استان وجود دارد. وضع ظاهری زمین همراه با بالا بودن نسبی سطح ایستابی و استفاده از آب با کیفیت پایین، تفاوت در عمق آب زیرزمینی و پستی و بلندی اراضی از عوامل اصلی شور شدن اراضی جنوب تهران هستند (۱۶) که محدودیت کشت صنوبر را تشدید می‌کند. در سال‌های اخیر عرضه آب سد لتیان و ماملو به کشاورزی دشت ورامین به‌سبب تأمین آب تهران و خشکسالی‌های اخیر به کمتر از نصف (میانگین ۶۸/۸ میلیون مترمکعب) کاهش یافته است. از طرف دیگر کمبود منابع آب سطحی باعث فشار مضاعف به منابع آب زیرزمینی دشت شده است. برداشت بیش از حد منابع آب زیرزمینی، سازندهای نمکی، رسوبات تبخیری مانند گچ و استفاده از آب‌های شور و برگشتی در قسمت‌های جنوبی دشت موجب افزایش املاح آب و افت کیفی منابع آب زیرزمینی شده است (۱۷). این عوامل باعث کاهش سطح کشاورزی منطقه شده و همچنین مسائل اقتصادی - اجتماعی و نیاز کشاورزان به درآمد آبی نیز سبب شده که میزان سطح زمین کشاورزی باقیمانده و قابل زرع را به کشت محصولات زراعی اختصاص دهند و زراعت چوب با درختان صنوبر که نیاز آبی بالا و تضمین تأمین آب در دوره ۱۵-۱۰ ساله را دارند، در اولویت کشت نمی‌باشد.

بر اساس تجربیات علمی کارشناسی این تحقیق توصیه می‌شود در وهله اول در استفاده از سری زمانی داده‌ها، باید انتخاب مقاطع زمانی داده‌ها در طول ۸ ماه (دوره رویش) متناسب با فنولوژی صنوبر در استان یا منطقه مورد مطالعه باشد. در غیر این صورت از صحت نقشه‌های استخراج شده به‌شدت کاسته خواهد شد. در صورتی که منطقه مطالعه وسیع باشد و دوره رویش و فنولوژی منطقه تفاوت چشمگیری داشته باشد بهتر است محدوده مطالعه به دو یا چند منطقه مجزا تقسیم شود و

- synthesis (Tehran province) - Climatic Report. Agricultural planning and Economic Research Institute (APERI), Tehran, Iran. (In Persian)
11. Warren, M.A., Simis, S.G.H., Martinez-Vicente, V., Poser, K., Bresciani, M., Alikas, K., Spyrakos, E., Giardino, C., Ansper, A., 2019. Assessment of atmospheric correction algorithms for the Sentinel-2A MultiSpectral Imager over coastal and inland waters. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 225, pp. 267-289.
  12. Salman Mahini, A., Nadali, A., Feghhi, J., Riazi, B., 2012. Tree cover detection through Max like Classification of Land sat ETM + Images of the year 2001 in Golestan province. *Journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 14, No. 3, pp. 47-56. (In Persian)
  13. Rezaei Banafsheh, M., Rostamzadeh, H., Feyzzadeh, B., 2008. The study and evaluation of the trend of forest surface changes using the remote sensing and GIS: A case study of Arasbaran forests (1987-2005). *Geographical Research Quarterly*, Vol. 39, No. 62, pp. 143-159. (In Persian)
  14. Persson, M., Lindberg, E., Reese, H., 2018. Tree species classification with multi-temporal Sentinel-2 Data. *Remote sensing*, Vol. 10, No. 11, p. 1794.
  15. APERI, 1999b. Comprehensive studies for agricultural development provincial synthesis (Tehran province). Volume 1.: Studies of Resource and Environment, Chapter 4, Land Cover Report. Agricultural planning and Economic Research Institute (APERI), Tehran, Iran. (In Persian)
  - Resources, Vol. 57, No. 2, pp. 339-351. (In Persian)
  4. Mohammadpour, P., Kardavani, P., Ebadattalab, M., 2012. The study of wood agriculture development process in the east part of Guilan province. *Geographical Journal of Territory*, Vol. 8, No. 32, pp. 25-32. (In Persian)
  5. Darvishsefat, A.A., Ghaffari Dafchahi, F., Bonyad, A.E., 2014. Feasibility of satellite imagery for poplar plantation mapping (Case study: Sowme`eh Sara). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, Vol. 22, No. 3, pp. 392-401. (In Persian)
  6. Darvishsefat, A.A., Arjhang Choobar, R., Bonyad, A.E., Ronoud, G., 2016. Mapping the poplar plantations using Landsat-8 data (Case Study: Talesh and Sumehsara region, Guilan province). *Iranian Journal of Forest*, Vol. 8, No. 3, pp. 301-312. (In Persian)
  7. Giannetti, F., Canavesio, A., 2007. Using very high resolution satellite images to identify and classify forest patches in cultural areas. *GeoInformation in Europe*, Edited: M.A. Gomarsca, Mill press, Netherlands.
  8. Bergen, K.M., Dronova, I., 2007. Observing succession on aspen-dominated landscapes using a remote sensing-ecosystem approach. *Landscape Ecology*, Vol. 22, pp. 1395-1410.
  9. Eslami, A., Zahedi, S. 2011. Providing poplar plantation map by Indian remote sensing (IRS) satellite imagery in northern Iran. *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 6, No. 20, pp. 4769-4774 .
  10. APERI, 1999a. Comprehensive studies for agricultural development provincial

simulation of long-term effects of irrigation with Tehran treated wastewater on water and soil resources using dynamic systems modeling. Iranian Journal of soil and water research, Vol. 45, No. 3, pp. 267-281. (In Persian)

16. Yazdani Nejjhad, F., Torabi Golsefidi, H., 2013. Study of spatial variability and mapping of soil salinity in agricultural lands using kriging and GIS in south of Tehran. Iranian Journal of soil and water research, Vol. 44, No. 3, pp. 255-262. (In Persian)
17. Sohrabi Molayousef, T., Liaghat, A., Alizadeh, H., 2014. Modeling and