

## Evaluation of Persian Oak Forests Dieback Using Spot 6 (Case Study- Kohmareh District in Fars province)

Mohammadreza Negahdarsaber.<sup>1\*</sup>, Shohreh Didari.<sup>2</sup>, Mojtaba Pakparvar.<sup>3</sup>, Alireza Abbasi.<sup>4</sup>

1. Assistant Research Prof., Scientific Board, Division of Natural Resource, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran
2. Assistant Prof., Dep. of Water Engineering, Agriculture Faculty, Shiraz University, Shiraz, Iran
3. Assistant Research Prof., Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran
4. B.s, Expert of Division of Natural Resource, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran

### Abstract

Iranian oak has been affected by oak canopy level dieback in recent years. This phenomenon has led to damage a vast part of the oak forests in the Zagros arena. As to the suitable temporal and spacial resolution of the recent satellite images, it seems promising to detect the forest dieback by remote sensing. The spatial capabilities of Spot6 images with pan and spectral resolution of 1.5 and 6 m, respectively in detecting the drying of oak trees was investigated. The forest area was located on Kuhmareh district of Shiraz in Fars province. The values of different indices such NDVI, EVI, TDVI, SAVI, RNDVI, OSAVI, DVI, MSR of each tree stocks was obtained and the corresponding quantity of dryness was determined at the field. The best correlation was obtained between TDVI and the observed data. A non-linear function was built based on TDVI standard deviation to predict the dryness of more than 30% as  $y=17.92(x-0.06)^{-0.32}$  with an  $R^2 = 82\%$ . Monitoring forest areas to understand the decline or recovery of trees will be of great help to the forest management community. Therefore, using the results of this study can be a proof to compare the current situation with future periods.

**Keywords:** Oak dieback, SPOT 6, Tree desiccation map, Vegetation index.

\* Correspondence Address: Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO.  
Email: [sabersiamak@gmail.com](mailto:sabersiamak@gmail.com)  
<https://doi.org/10.52547/gisj.12.4.1>



نسخه از دور

GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران سال دوازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۹  
Vol.12, No. 4, Winter 2021 Iranian Remote Sensing & GIS

۱۸-۱

مقاله پژوهشی

## ارزیابی خشکیدگی جنگل‌های بلوط با استفاده از تصویر اسپات ۶ (مطالعه موردی: منطقه کهمره در استان فارس)

محمد رضا نگهدار صابر<sup>۱\*</sup>، شهره دیداری<sup>۲</sup>، مجتبی پاکپور<sup>۳</sup>، علیرضا عباسی<sup>۴</sup>

۱. استادیار پژوهشی بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
۲. استادیار بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۳. استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
۴. کارشناس بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۲۳

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۲۷

### چکیده

بلوط ایرانی، طی سال‌های اخیر، تحت تأثیر پدیده زوال بلوط قرار گرفته و این پدیده موجب از دست رفتن بخش‌های وسیعی از جنگل‌های بلوط در عرصه‌های زاگرس شده است. به دلیل پوشش زمانی مناسب و وضوح زمینی مطلوب تصاویر جدید ماهواره‌ای، کاربرد آنها در تشخیص این پدیده امیدبخش به نظر می‌رسد. در این تحقیق، قابلیت‌های مکانی تصاویر سنجنده اسپات ۶ با توان تفکیک مکانی ۱.۵ متر در باند پانکروماتیک و ۶ متر در باندهای چندطیفی، در تشخیص خشکیدگی درختان بلوط در منطقه جنگلی کهمره، از بخش‌های شهرستان شیراز در استان فارس، بررسی شد. مقادیر شاخص‌های گوناگون گیاهی شامل NDVI، EVI، TDVI، SAVI، RNDVI، OSAVI، MSR و DVI، با درصدهای متفاوت خشکیدگی درختان بلوط به صورت متناظر، در نمونه‌های زمینی و تصویر ماهواره‌ای ارزیابی شد. براساس نتایج به دست آمده، معادله رگرسیونی بین مقادیر انحراف معیار TDVI و خشکیدگی بیشتر از ۳۰٪، در هر یک از پایه‌های درختان بلوط، به صورت  $y=17.92(x-0.06)^{0.32}$  با ضریب تبیین  $R^2=82\%$  برآورد شد. پایش مناطق جنگلی برای درک روند زوال یا بهبودی درختان آن کمک شایان توجهی به دست‌اندرکاران مدیریت مناطق جنگلی خواهد کرد؛ بنابراین، استفاده از نتایج این تحقیق می‌تواند مدرکی برای مقایسه پایش مقاطع زمانی آینده با وضعیت موجود باشد.

**کلیدواژه‌ها:** اسپات، شاخص سبزی‌نگی، پراکنش مکانی خشکیدگی درختان، خشکیدگی بلوط.

\* نویسنده مکاتبه‌کننده: مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

## ۱- مقدمه

درختچه‌ها و گیاهان زیراشکوب و سهم اندک بازتاب شاخه‌های خشکیده، به‌روش رقومی، دشوار است و نمی‌توان نقشه دقیق پراکنش درختان سرخشکیده را با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، تهیه کرد.

تحقیقات کاربردی مشابهی، با موضوع شناسایی الگوی گسترش مکانی خشکیدگی درختان بلوط ایرانی در توده جنگلی زاگرس، انجام شده و بر قابلیت این تصاویر و شاخص‌های پوشش گیاهی، مبتنی بر باند لبه قرمز، تأکید شده است (Fallah Shamsi et al., 2011). در این زمینه، قابلیت‌های مکانی تصاویر سنجنده جدید راپیدای<sup>۲</sup> در کنار سنجنده چندطیفی استر<sup>۴</sup>، در تشخیص خشکیدگی تک‌درختان بلوط، بررسی شده و روش‌های پردازش تصویر چندسنجنده‌ای، طبقه‌بندی نظارت‌شده و آزمون‌های تفکیک‌پذیری طیفی نیز به‌کار رفته است. نتیجه بررسی صحت نقشه به‌دست‌آمده در تحقیق مذکور نشان داد که صحت کلی و ضریب کاپای نقشه خشکیدگی تک‌درختان برای تصاویر استر، به ترتیب، ۷۵٪ و ۵۶٪ بود و فنون تلفیق تصاویر چندسنجنده‌ای به‌کاررفته، به‌ویژه به‌روش گرام-اشمیت<sup>۵</sup> چندسنجنده‌ای، آماره‌های صحت را تا ۹۴٪ و ۸۸٪ افزایش داد. تصاویر راپیدای به‌تنهایی نیز، به ترتیب، معیارهای صحت کلی و ضریب کاپا را ۹۷٪ و ۹۴٪ ارائه کردند که بازگوکننده قابلیت بالای باند لبه قرمز، در شناسایی ماهیت فیزیولوژیکی پوشش‌های گیاهی مانند خشکیدگی، است (Zakeri Anaraki and Fallah Shamsi, 2014).

در پژوهشی در استان ایلام نیز، با استفاده از داده‌های ماهواره وردوی-یو<sup>۲</sup>، با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی، نقشه خشکیدگی با صحت کلی ۷۲.۸۳٪ به‌دست آمد. طبق نتایج این پژوهش، داده‌های این سنجنده به‌خوبی شدت زوال بلوط را نشان می‌دهد (Karami et al., 2016).

جنگل‌های زاگرس، که وسیع‌ترین جنگل‌های ایران به‌شمار می‌روند، به‌علت نقششان در ذخیره آب‌های زیرزمینی، حفاظت خاک و خدمات اجتماعی-اقتصادی دیگر، از اهمیت به‌سزایی برخوردارند و به همین دلیل، به اطلاعات به‌هنگام برای برنامه‌ریزی دقیق نیاز دارند (Pir Bavaghar, 2011). جنگل‌های این ناحیه در استان‌های آذربایجان شرقی و غربی، کردستان، کرمانشاه، همدان، لرستان، ایلام، خوزستان، کهگیلویه و بویراحمد و فارس گسترش دارد.

مسئله‌ای که امروزه گستره جنگل‌های بلوط زاگرس را تهدید می‌کند شیوع برخی آفات و بیماری‌ها و به‌تبع آن، خشکیدگی درختان در این جنگل‌هاست. اگرچه هنوز دلیل قطعی برای این مسئله به اثبات نرسیده است، برخی پژوهشگران عوامل مستعدکننده مانند دخالت مستمر انسان، عوامل شروع‌کننده مانند عوامل اقلیمی و عوامل شرکت‌کننده مانند آفات و امراض را سبب خشکیدگی درختان بلوط ایرانی<sup>۱</sup> می‌دانند (Hamzapour et al., 2011). در این میان، شناسایی خشکیدگی در توده‌های جنگلی موضوع مهمی است که، به‌دلیل گستردگی و تنوع توپوگرافی، تعیین آن از طریق پیمایش و عملیات میدانی به‌سهولت امکان‌پذیر نیست. از این‌رو، استفاده از فنون سنجش از دور، که هم‌زمان قابلیت‌های تشخیص مکانی و طیفی خوبی دارند، در تشخیص توده‌های آسیب‌دیده، در معرض خطر و سالم کمک مؤثری به‌شمار می‌رود. تحقیقات پژوهشگران نشان می‌دهد که استفاده از سنجنده‌های حساس به نواحی طیفی معرف رفتارهای فیزیولوژیکی گیاهان نقش مؤثر و مهمی در شناسایی بیماری‌ها و آفات گیاهی دارد (Fallah Shamsi et al., 2011).

در همین زمینه، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای کوئیک برد<sup>۳</sup>، امکان شناسایی درختان سرخشکیده در جنگل شصت‌کلانه گرگان بررسی شد (Barazmand et al., 2012). نتایج این تحقیق نشان داد که شناسایی درختان سرخشکیده پهن‌برگ، به‌دلیل بازتاب تاج‌پوشش

1. Quercus brantii Lindl
2. Quick Bird
3. Rapideye
4. ASTER
5. Gram-Schmidt
6. Worldview-2

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه طرح صیانت جنگل کهمره سرخی، با مساحت ۸۰۹۲۸ هکتار در غرب شیراز، در استان فارس، و در بخش کهمره سرخی واقع شده است (Rouyan Consult Engineer Co., 2007). توپوگرافی منطقه مطالعاتی نشان‌دهنده کوهستانی بودن این پهنه است. میانگین سالیانه بارندگی منطقه، در دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۵، در کل حوضه ۵۹۳ میلی‌متر و متوسط حداکثر، میانگین و حداقل دمای سالیانه در همین بازه زمانی، به‌زای ارتفاع متوسط حوضه، به‌ترتیب، ۲۱.۵، ۱۳.۸ و ۶.۳ درجه سانتی‌گراد بوده است. این منطقه، از اواخر مهر تا میانه اردیبهشت، مرطوب و در دیگر ماه‌های سال، خشک محسوب می‌شود. براساس اقلیم‌نمای آمبرژه، اقلیم منطقه مطالعاتی، از نیمه‌خشک معتدل در مناطق کم‌ارتفاع تا مرطوب سرد در ارتفاعات منطقه، متغیر است (Ibid.).

در منطقه کهمره شیراز، گونه غالب درختی بلوط ایرانی<sup>۴</sup> است که به‌همراه گونه‌های دیگری مانند بادامک<sup>۵</sup>، بنه<sup>۶</sup>، زالزالک<sup>۷</sup> و کیکم<sup>۸</sup> مشاهده می‌شود. بیشتر تیپ‌های موجود در منطقه را تیپ بلوط خالص، با تراکم تاج‌پوشش ۱۵ تا ۲۵٪، تشکیل می‌دهد. در مناطقی که پوشش درختی بسیار کم شده است و حالت مرتع مشجر دارد، تیپ‌های درختچه‌ای مانند ارژن- کیکم با تاج‌پوشش بین ۱ تا ۵٪ مشاهده می‌شوند (Ibid.).

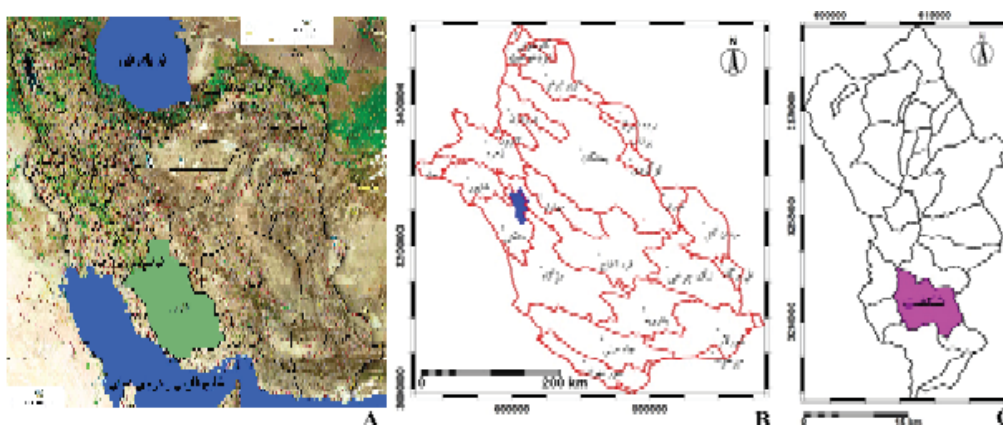
با توجه به وسعت این منطقه، در این پژوهش، سامان عرف بگدانۀ شکفت فتح‌آباد علیا و سفلا در موقعیت جغرافیایی ۲۹° ۰۷' تا ۵۲° ۱۳' طول شرقی و ۲۹° ۱۵' تا ۲۹° ۲۱' شمالی، در فاصله ۶۸ کیلومتری غرب شیراز، به مساحت ۵۸۰۷.۶ هکتار، بررسی شد که ۵۴۲۷ هکتار از سطح این سامان را جنگل تشکیل می‌دهد (شکل ۱).

مطالعات جنگل‌های درختان بلوط همیشه‌سبز<sup>۱</sup> در مناطق مدیترانه‌ای، با استفاده از داده‌های ماهواره مادیس<sup>۲</sup>، نیز نشان داد که شاخص NDVI و شاخص رشد گیاهی EVI در میزان مرگ‌ومیر و رشد زی‌توده تأثیرگذار است (Ogaya et al., 2015).

در مطالعه تعیین نقشه خشکیدگی گسترده جنگل‌های بلوط در ارتفاعات جنوب میسوری آمریکا، با استفاده از تصاویر TM لندست در سال ۱۹۹۲ و تصویر ETM+ در سال ۲۰۰۰، شاخص NDWI برای تعیین روند کاهش بلوط به‌کار رفت. صحت کلی تهیه نقشه جنگل‌های جلگه‌ای، با تصاویر سنجنش از راه دور، ۹۵٪ بود. صحت کاربر نقشه نهایی نیز بالا بود؛ اگرچه افزایش دقت تولیدکننده، به‌دلیل محدودیت در جمع‌آوری داده‌های زمینی، مشکل است. بازیابی مداوم این‌گونه مطالعات می‌تواند در مورد پیش‌بینی زوال بلوط و ارزیابی آسیب، در هنگام رخ‌دادن یک دوره تنش زیست‌محیطی، اطلاعات ارزشمندی به‌دست دهد (Wang et al., 2007).

درختان بلوط ایرانی در منطقه کهمره استان فارس، طی سال‌های اخیر، تحت تأثیر پدیده زوال قرار گرفته‌اند. این پدیده موجبات از دست‌رفتن بخش‌های وسیعی از جنگل‌های این منطقه زاگرس را فراهم آورده است. ارزیابی مکانی زوال جنگل‌های بلوط می‌تواند محققان را با علل بروز این پدیده آشنا کند و با ریشه‌یابی این مسئله، روش‌های مناسب مبارزه با آن را نشان دهد. با توجه به شیوع خشکیدگی در این جنگل‌ها و لزوم ارزیابی گستره تأثیر این پدیده، از یک‌سو، و دشواری پیمایش زمینی در دستیابی به این ارزیابی، از سوی دیگر، انجام‌شدن این تحقیق ضرورت یافت و با توجه به نیاز به مطالعه توزیع مکانی این خشکیدگی‌ها با تصاویر ماهواره‌ای، با دقت تفکیک مکانی و طیفی مناسب، و نیز به‌صرفه‌بودن تصاویر ماهواره اسپات<sup>۳</sup>، امکان به‌کارگیری این تصاویر با هدف یادشده، در این تحقیق، بررسی شد.

1. Quercus ilex
2. MODIS
3. SPOT6
4. Quercus Brantii
5. Amygdalus Scoparia
6. Pistacia Atlantica
7. Crataegus Aronia
8. Acer Monspessulanum



شکل ۱. موقعیت منطقه تحقیق در ایران (A)؛ حوزه آبریز دالکی در استان فارس (B)؛ سامان عرف شکفت (C)

### ۳-۲- داده‌ها

در این تحقیق، از تصویر ماهواره اسپات ۶ استفاده شده است. ماهواره اسپات ۶ در سال ۲۰۱۲ و ماهواره اسپات ۷ در سال ۲۰۱۴ به فضا پرتاب و در مدار شبه قطبی، با نام Peliades و با ارتفاع ۸۳۲ کیلومتر، با زاویه میل ۹۸ درجه، مستقر شدند. ماهواره‌های اسپات قادرند وسعت زیادی از سطح زمین را در یک روز، با تصاویر ماهواره‌ای اسپات ۷/۶ به عرض ۶۰ کیلومتر، برداشت کنند. هر دو ماهواره در مدار حدود شش میلیون کیلومترمربع در روز، یعنی مساحتی در حدود ده برابر کشور فرانسه، را برداشت می‌کنند. ماهواره‌های اسپات ۷/۶ در یک مدار و با فاصله ۱۸۰ درجه از هم قرار دارند و پیوسته زمین را رصد می‌کنند.

تصویر مورد استفاده مربوط به شانزدهم ماه مه ۲۰۱۷، برابر با ۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۶، با کد گذر ۴۴۱۲ استفاده شد که قدرت تفکیک زمینی آن ۶ متر در باندهای چندطیفی و ۱.۵ متر در باند پانکروماتیک است (جدول ۱). این تصویر با سفارش به شرکت‌های داخلی و پرداخت ریالی هزینه آن تهیه شد. این تصاویر دارای یک سطح از تصحیحات‌اند که شرکت ارائه‌دهنده تصویر، با کمک داده‌های زمینی، آن را تهیه کرده است. محل مورد بررسی به یکی از سامان‌های عرفی منطقه با نام شکفت، که در بردارنده روستاهای شکفت و بگدانه است، با مساحت ۱۰۰۰۰ هکتار محدود شد (شکل ۲).

### ۳-۳- روش پژوهش

#### ۳-۳-۱- عملیات میدانی

در فعالیت میدانی، ابتدا ۸۵ مجتمع درختی در کل منطقه، با پراکنش مناسب و با درصدهای متفاوت خشکیدگی، انتخاب و ضمن تهیه عکس میدانی از هر پایه، موقعیت جغرافیایی آن ثبت و مساحت تاج‌پوشش آن اندازه‌گیری شد و درصد خشکیدگی آن در خرداد ماه و تیر ماه سال ۱۳۹۶ نیز تعیین و ثبت شد. درصد خشکیدگی با قضاوت چشمی، براساس نسبت شاخه‌های خشکیده به شاخه‌های سبز و میانگین‌گیری از برداشت دو مشاهده‌کننده، مشخص شد. این تعداد قطعه نمونه با استفاده از رابطه  $n = p(1 - p) \left(\frac{t}{E}\right)^2$  (Zobeiri and Majd, 2017) به دست آمد که در آن n تعداد نمونه، p برآورد شده نسبت درختان خشکیده و نیمه‌خشکیده (۳۰٪)،  $E = 0.12$  درصد خطای برآورد و t برگرفته از جدول استیودنت  $t = 1.96$  ( $\alpha = 5\%$ ) به تعداد ۵۶ نمونه است. در هر مجتمع درختی، تک‌پایه‌ای منفرد یا چند پایه کنار هم، که تفکیک پوشش آنها با تصویر ماهواره‌ای میسر نبود، قرار داشت. در بررسی‌های دفتری، با توجه به مشابهت‌ها و نیز نبود امکان تطبیق برخی نقاط با تک‌پایه‌ها در تصویر، تعداد نقاط درست و مورد اعتماد به ۳۸ عدد تقلیل یافت که از آنها به منزله نقاط با کاربرد در تولید نقشه استفاده شد (جدول ۲). در

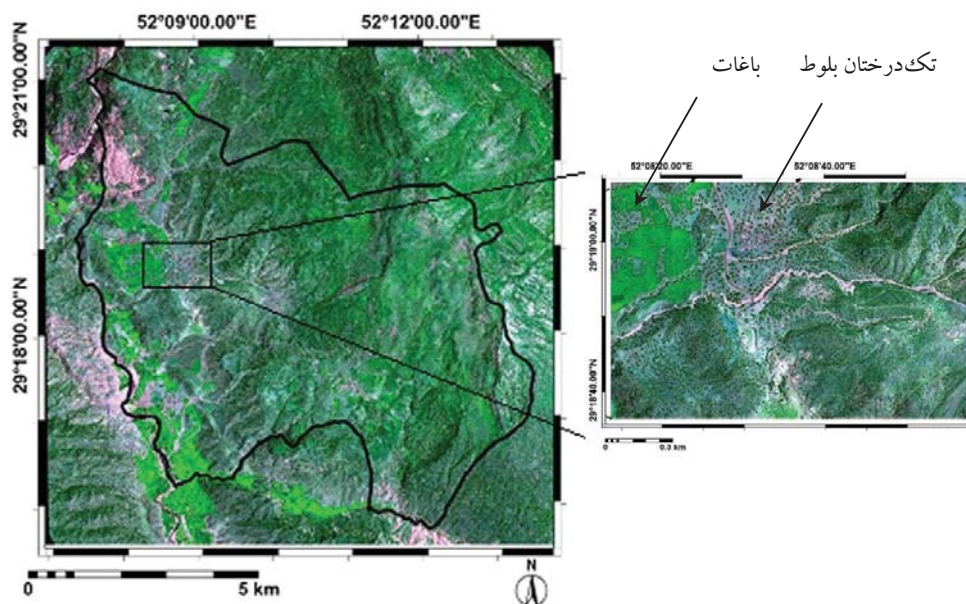
مطالعه میدانی مجدد، ۱۸ نقطه به مجموعه نقاط افزوده شد تا به منزله نقاط ارزیابی صحت به کار روند.

جدول ۱. ویژگی‌های باندهای ماهواره اسپات

نوع ماهواره	عنوان باند	محدوده طول موج، میکرومتر	وضوح زمینی، متر	معادل رنگی
اسپات ۷/۶	۱	۰.۴۵۵-۰.۵۲۵	۶	آبی
	۲	۰.۵۳۰-۰.۵۹۰	۶	سبز
	۳	۰.۶۲۵-۰.۶۹۵	۶	قرمز
	۴	۰.۷۶۰-۰.۸۹۰	۶	فروسرخ نزدیک
	پانکروماتیک	۰.۴۵۰-۰.۷۴۵	۱.۵	طیف گسترده

جدول ۲. اطلاعات برداشت میدانی متناظر با تصویر اسپات ۶

شماره درخت	مختصات UTM(Z39)		شماره درخت	ابعاد تاج (متر)		درصد خشکیدگی	مختصات UTM(Z39)		شماره درخت
	X	Y		عرض	طول		X	Y	
۱	۶۱۲۰۲۶	۳۲۴۷۳۸۹	۲۰	۷	۴	۲۰	۶۱۲۰۲۶	۳۲۴۷۳۸۹	۱
۲	۶۱۱۹۸۵	۳۲۴۷۴۰۵	۲۱	۹	۷.۵	۲۰	۶۱۱۹۸۵	۳۲۴۷۴۰۵	۲
۳	۶۱۱۹۲۵	۳۲۴۷۳۸۷	۲۲	۴.۵	۳	۷۰	۶۱۱۹۲۵	۳۲۴۷۳۸۷	۳
۴	۶۱۱۹۳۸	۳۲۴۷۳۵۶	۲۳	۱۵	۱۲	۲۵	۶۱۱۹۳۸	۳۲۴۷۳۵۶	۴
۵	۶۱۱۹۳۲	۳۲۴۷۳۷۵	۲۴	۷.۵	۶	۴۰	۶۱۱۹۳۲	۳۲۴۷۳۷۵	۵
۶	۶۱۱۸۰۴	۳۲۴۷۴۲۳	۲۵	۸	۷	۲۰	۶۱۱۸۰۴	۳۲۴۷۴۲۳	۶
۷	۶۱۱۷۷۶	۳۲۴۷۳۷۲	۲۶	۷	۷	۳۵	۶۱۱۷۷۶	۳۲۴۷۳۷۲	۷
۸	۶۱۱۷۱۴	۳۲۴۷۳۷۲	۲۷	۴	۴	۲۰	۶۱۱۷۱۴	۳۲۴۷۳۷۲	۸
۹	۶۱۱۷۰۰	۳۲۴۷۳۸۳	۲۸	۸.۵	۶	۲۵	۶۱۱۷۰۰	۳۲۴۷۳۸۳	۹
۱۰	۶۱۱۶۵۸	۳۲۴۷۳۲۸	۲۹	۴	۴	۲۰	۶۱۱۶۵۸	۳۲۴۷۳۲۸	۱۰
۱۱	۶۰۹۱۸۲	۳۲۴۴۴۳۳	۳۰	۸.۵	۵	۴۰	۶۰۹۱۸۲	۳۲۴۴۴۳۳	۱۱
۱۲	۶۰۹۱۶۲	۳۲۴۴۳۷۴	۳۱	۶.۵	۵	۴۰	۶۰۹۱۶۲	۳۲۴۴۳۷۴	۱۲
۱۳	۶۰۹۱۹۷	۳۲۴۴۳۹۸	۳۲	۸	۵	۳۰	۶۰۹۱۹۷	۳۲۴۴۳۹۸	۱۳
۱۴	۶۰۹۱۸۷	۳۲۴۴۳۴۲	۳۳	۷.۵	۷.۵	۳۰	۶۰۹۱۸۷	۳۲۴۴۳۴۲	۱۴
۱۵	۹۰۹۱۹۸	۳۲۴۴۳۳۱	۳۴	۸.۵	۵	۵۰	۹۰۹۱۹۸	۳۲۴۴۳۳۱	۱۵
۱۶	۶۱۱۲۶۴	۳۲۴۳۷۰۳	۳۵	۶	۵	۳۵	۶۱۱۲۶۴	۳۲۴۳۷۰۳	۱۶
۱۷	۶۱۱۲۲۴	۳۲۴۳۶۵۹	۳۶	۸	۷	۴۰	۶۱۱۲۲۴	۳۲۴۳۶۵۹	۱۷
۱۸	۶۱۱۲۰۲	۳۲۴۳۶۶۰	۳۷	۸	۶	۳۵	۶۱۱۲۰۲	۳۲۴۳۶۶۰	۱۸
۱۹	۶۱۱۱۵۰	۳۲۴۳۷۳۶	۳۸	۱۲	۱۰	۳۵	۶۱۱۱۵۰	۳۲۴۳۷۳۶	۱۹



شکل ۲. تصویر RGB341 ماهواره اسپات ۶، دربردارنده سامان عرف شکفت و برشی نزدیک از تصویر که نشان‌دهنده تک‌پایه‌های بلوط است

### ۲-۳-۳- پردازش تصویر

به دلیل تصحیح هندسی از سوی شرکت ارائه‌دهنده تصاویر، احتیاجی به انجام‌شدن این نوع تصحیحات نیست. با این حال، شش نقطه زمینی با جی‌پی‌اس دقیق دوفرکانسه از نقاط شاخص برداشت، در تصویر بازبینی و صحت انطباق هندسی، تأیید شد. خطای نهایی هندسی تصویر برابر با ۰.۱ سلول تصویر به دست آمد. با توجه به اینکه تصویر مورد استفاده دارای باند پانکروماتیک با توان تفکیک ۱.۵ متر و باندهای مرئی و فروسرخ نزدیک با توان تفکیک ۶ متر است، خطای هندسی تصویر ۱۵ سانتی‌متر زمینی می‌شود. تصحیح اتمسفری روی این تصاویر نیز با روش FLAASH<sup>۱</sup> در محیط نرم‌افزار ENVI5.3 انجام شد. پارامترهای استفاده‌شده برای تصحیح در جدول ۳ نشان داده شده است.

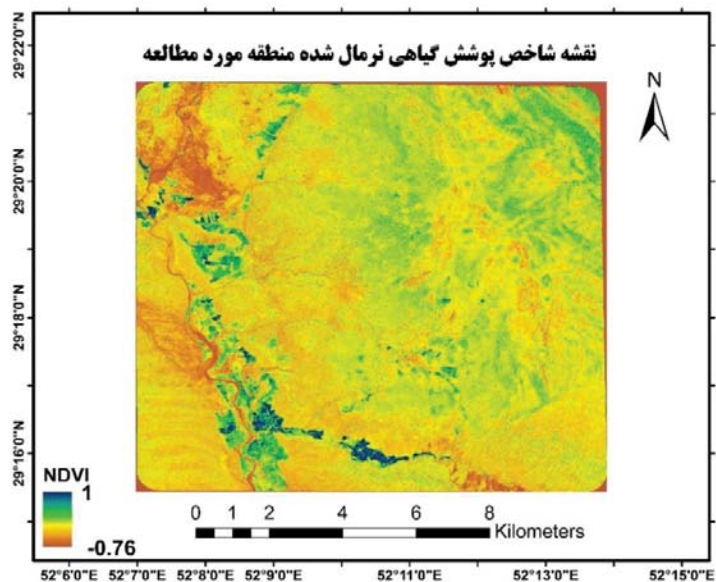
برای تعمیم وضوح باند پانکروماتیک به سایر باندها، از تابع فیوژن در محیط نرم‌افزار Envi استفاده شد و با شیوه پن - شارپنینگ<sup>۲</sup> و روش پیشنهادی گرام - اشمیت، ضمن حفظ اطلاعات باندهای مرئی و فروسرخ نزدیک، وضوح آنها به ۱.۵ متر بهبود داده شد

(Maurer, 2013). بنابراین، در تصویر حاصل، تک‌پایه‌های درختان را می‌شد مشاهده کرد (شکل ۲). سپس، نقشه NDVI و دیگر شاخص‌های گیاهی منطقه مورد مطالعه، با استفاده از باندهای فیوژن‌شده، تهیه شد (شکل ۳).

جدول ۳. پارامترهای استفاده‌شده برای تصحیح اتمسفری تصویر با روش FLAASH، در محیط نرم‌افزار ENVI5.3

شرح	پارامتر
695 km	ارتفاع سنسور
1.755 km	میانگین ارتفاع منطقه
Mid-Latitude Summer	مدل اتمسفری
Rural	مدل آتروسل
2-Band(K-T)	بازیابی آتروسل
5/16/2017	تاریخ تصویر

1. Fast Line-of-Sight Atmospheric Analysis of Hypercubes
2. Pan-Sharpning



شکل ۳. نقشه NDVI منطقه مورد مطالعه

علت این است که، در تک‌پایه‌های مورد بررسی، ایجاد اختلاف در سبزی‌نگی پیکسل‌ها به خشکیدگی بخشی از تاج‌پوشش و در نتیجه، افت میزان شاخص سبزی‌نگی در همان پیکسل‌ها استناد داده شده است. به همین اعتبار، اگر انحراف معیار شاخص در یک تک‌پایه درختی زیاد شود، نشان از ایجاد خشکیدگی در بخشی از تاج آن خواهد داشت.

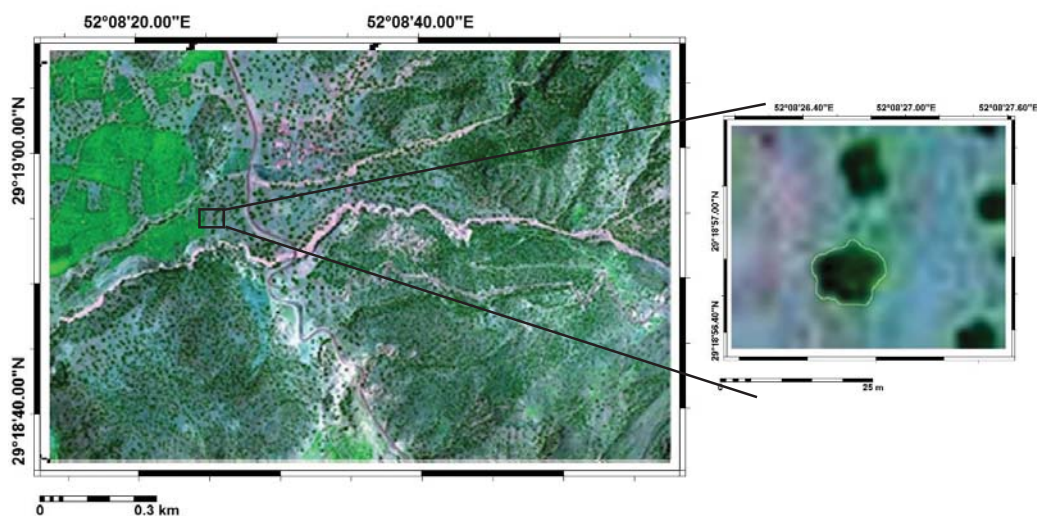
مطابق جدول ۴، در هر پلی‌گون مربوط به هر تک‌پایه، ارقام شاخص‌های مورد نظر به‌دست آمد و اطلاعات آماری مربوط به هر تک‌پایه استخراج و محاسبه شد. این اطلاعات شامل میانگین، حداقل، حداکثر و انحراف معیار شاخص‌های متفاوت در پیکسل‌های مختص به هر تک‌پایه می‌شوند. سپس، بین هریک از مجموعه‌های یادشده با داده‌های میدانی درصد خشکیدگی برداشت‌شده با جی‌پی‌اس، ارتباط رگرسیونی برقرار شد تا امکان تهیه نقشه خشکیدگی، با کمک معادلات رگرسیونی، بررسی شود.

### ۳-۳-۳- بررسی همبستگی بین درصد خشکیدگی و آماره‌های شاخص‌های گوناگون

برای تهیه نقشه خشکیدگی درختان بلوط با استفاده از تصویر اسپات ۶، داده‌های تک‌پایه‌های درختان به‌کار رفت. بدین‌منظور، محل هریک از نقاط میدانی، که مکان یک تک‌پایه درختی بود، روی تصویر تعیین و محدوده‌ای از پیکسل‌های تصویر، که به هر تک‌پایه مربوط می‌شد، جدا و به‌صورت پلی‌گون مرتبط با هر تک‌پایه شناسایی شد. درختان انتخابی شامل طیف وسیعی از نمونه‌ها، از نظر درصد خشکیدگی و مساحت، بودند (شکل ۴).

پس از آن، مقادیر شاخص‌های گوناگونی مانند NDVI، SAVI، EVI، OSVI، TDVI و... به‌کار رفت. باید بیان شود شاخص‌های سبزی‌نگی معمولاً برای بررسی پوشش زنده به‌کار می‌رود؛ حال آنکه، در تحقیق حاضر، برای جداسازی خشکیدگی به‌کار رفته است.





شکل ۴. تصویر اسپات ۶ با بزرگ‌نمایی مجتمع درختی متناظر با قطعه بازدید میدانی

جدول ۴. شاخص‌های پوشش گیاهی مورد استفاده

شماره	شاخص	توضیح	معادله
1	NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$
2	EVI	Enhanced Vegetation Index	$EVI = 2.5 * \frac{(NIR - Red)}{(NIR + 6 * Red - 7.5 * Blue + 1)}$
3	TDVI	Transformed Difference Vegetation Index	$TDVI = \sqrt{0.5 + \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}}$
4	SAVI	Soil Adjusted Vegetation Index	$SAVI = \frac{1.5 * (NIR - Red)}{(NIR + Red + 0.5)}$
5	RNDVI	Renormalized Difference Vegetation Index	$RDVI = \frac{(NIR - Red)}{\sqrt{(NIR + Red)}}$
6	OSAVI	Optimized Soil Adjusted Vegetation Index	$OSAVI = \frac{1.5 * (NIR - Red)}{(NIR + Red + 0.16)}$
7	DVI	Difference Vegetation Index	$DVI = NIR - Red$
8	MSR	Modified Simple Ratio	$MSR = \frac{\left(\frac{NIR}{Red}\right) - 1}{\left(\sqrt{\frac{NIR}{Red}}\right) + 1}$

\*NIR به معنی باند فرسرخ نزدیک (باند ۴) و Red به معنی باند قرمز (باند ۳) اسپات ۶ است.

#### ۴-۳-۳- ارزیابی صحت

به منظور ارزیابی دقت مدل‌های رگرسیونی مورد بررسی، پارامترهای میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب تبیین ( $R^2$ )، خطای استاندارد (SE) و معیار اطلاعاتی آکائیک ( $AIC$ )<sup>۱</sup>، برای معادله رگرسیونی، به کار رفت. معیار اطلاعاتی آکائیک معیاری برای سنجش مناسب بودن معادله برازش داده شده شمرده می‌شود. این معیار، میان دقت مدل و پیچیدگی آن، تعادل برقرار می‌کند. معادلات آنها بدین صورت است:

$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2\right)} \quad (۱) \text{ رابطه}$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (۲) \text{ رابطه}$$

$$SE = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (۳) \text{ رابطه}$$

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2\right)} \quad (۴) \text{ رابطه}$$

$$AICC = 2k - 2\ln(l) \quad (۵) \text{ رابطه}$$

در این روابط  $\hat{y}_i$  و  $y_i$  به ترتیب، مقادیر برآورد شده و اندازه گیری شده اند؛  $\bar{y}$  میانگین مقادیر اندازه گیری شده،  $\sigma$  انحراف معیار،  $n$  تعداد مشاهدات،  $k$  تعداد پارامترهای مدل آماری و  $L$  مقدار حداکثر تابع درست‌نمایی برای مدل برآورد شده است. در ریشه میانگین مربع خطا، خطاها پیش از میانگین گیری به توان دو می‌رسند؛ بنابراین، خطاهای بزرگ وزن تقریباً بالایی می‌یابند. به طور کلی، هر چه مقدار RMSE، SE و AICC کمتر و مقدار  $R^2$  بیشتر باشد، مدل دقت مطلوب‌تری خواهد داشت.

#### ۵-۳-۳- اعمال معادله رگرسیون به کل تصویر

از آنجا که معادله رگرسیونی براساس محدوده پلی‌گون تک‌پایه‌ها محاسبه شد، به منظور اعمال معادله به کل تصویر، محدوده تک‌پایه‌ها در کل تصویر باید به طریقی جداسازی شود. با توجه به اینکه خشکیدگی‌های سردرختی در میانه مجموعه کانوپی رخ می‌دهد؛ به منظور جداسازی بخش سبز درختان، از شاخص

NDVI استفاده شد که بیشترین قابلیت را برای جداسازی پوشش سبز تک‌پایه‌ها از محیط مجاور غیرزنده دارد. برای به دست آوردن بهترین آستانه NDVI که قادر به جداسازی تک‌پایه‌ها باشد و با توجه به مقدار میانگین مشاهده شده NDVI در درخت با خشکیدگی ۰.۱۰۰٪ (برابر با ۰.۰۲)، نقشه NDVI برای ارقام بین ۰.۱۶ تا ۰.۳۴ با گام‌های ۰.۰۲ ماسک شد و پس از تبدیل به فرم برداری، پلی‌گون‌ها استخراج شدند. نتیجه پلی‌گون‌های حاصل در هر مرحله، در محل نقاط میدانی، با پلی‌گون‌هایی که به صورت چشمی در سطح زیر پوشش هر درخت رقومی شده بود، مقایسه شد. براساس مساحت پلی‌گون‌های حاصل، مشخص شد کدام آستانه قادر است بیشترین تعداد تک‌پایه‌ها را تفکیک کند و نیز نزدیک‌ترین مجموع مساحت را به نسبت درختان نمونه برداری داشته باشد. سپس، NDVI ماسک شده با آن آستانه برای جداسازی تک‌پایه‌ها به کار رفت و با ساخت لایه پلی‌گونی از آن، مقادیر پارامترهای مورد نیاز از تصاویر اصلی استخراج و برای اعمال معادله رگرسیون آماده شد. در مراحل رگرسیون، پارامترهای میانگین، بیشینه، کمینه و انحراف معیار ارقام شاخص مناسب تعیین شده در مرحله قبل، مربوط به تک‌پایه‌های حاصل از آستانه گیری، محاسبه شد.

#### ۴- نتایج

پارامترهای آماری مربوط به پلی‌گون تک‌پایه‌های درختان در هریک از شاخص‌های مورد بررسی و درصد خشکیدگی آنها در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه، در خشکیدگی‌های با درصد پایین، خشکیدگی بیشتر از نوع سردرختی بوده است، بازتاب شاخه‌های سبز زیرین آنها مانع از تشخیص درستشان می‌شود. نتایج نشان داد که خشکیدگی‌های کمتر از ۳۰٪ روابط معنی‌داری با پارامترهای آماری محاسبه شده نشان نمی‌دهند.

1. Akaike information criterion

در رابطه (۶)،  $X$  انحراف معیار و یا دامنه شاخص در پلی گون مربوط به درخت،  $y$  درصد خشکیدگی و  $a$ ،  $b$  و  $c$  ضرایب ثابت معادله‌اند. این معادله در تمامی شاخص‌ها برآزش داده شد و پارامترهای آماری نیز، برای تحلیل دقت نتایج، به دست آمد. نتایج معادله رگرسیونی بین درصد خشکیدگی و دامنه شاخص و انحراف معیار در هر درخت، به ترتیب، در جدول‌های ۶ و ۷ آمده است. طبق نتایج، شاخص‌های TDVI، RNDVI و NDVI، از لحاظ دقت در هر دو حالت کاربرد دامنه و انحراف معیار شاخص‌ها در معادله، به ترتیب، در رده‌های اول تا سوم قرار داشته‌اند. با بررسی نتایج در هر دو حالت کاربرد دامنه و انحراف معیار شاخص‌ها، مشاهده می‌شود معادله حاصل از انحراف معیار و دامنه شاخص TDVI، در پلی گون مربوط به هر درخت و درصد خشکیدگی آنها، بهترین نتیجه را داشته است (شکل‌های ۵ و ۶). در نهایت، معادله حاصل از انحراف معیار شاخص TDVI در پلی گون مربوط به هر درخت، به منزله دقیق‌ترین معادله از بین شاخص‌های مورد ارزیابی، انتخاب شد (RMSE=6.4، R2=92.3% و AICC=70.93).

به همین دلیل، بررسی خشکیدگی‌های بالاتر از ۳۰٪ مدنظر قرار گرفت. با بررسی ضریب تبیین روابط رگرسیونی خطی ( $R^2$ ) بین پارامترهای آماری محاسبه‌شده برای پلی گون مربوط به تک‌پایه‌های نمونه‌برداری‌شده با درصد خشکیدگی در هریک از آنها (جدول ۵)، مشاهده شد که تقریباً در بیشتر شاخص‌ها دامنه، انحراف معیار و مقدار حداکثر بیشترین همبستگی را داشتند. اما خشکیدگی رخ داده در منطقه، همان‌طور که پیش‌تر نیز بیان شد، بیشتر از نوع خشکیدگی سردرختی است؛ بنابراین، مقدار حداکثر شاخص نمی‌تواند به درستی معرف وضعیت درخت باشد زیرا ممکن است بخشی از درخت کاملاً سبز باشد اما بخشی از آن دچار خشکیدگی شده باشد. بنابراین، پارامترهای دامنه و انحراف معیار برای تحلیل روابط رگرسیونی به کار رفت.

با استفاده از نرم‌افزار Curve Expert Professional، ۸۲ مدل متفاوت رگرسیونی به داده‌ها برآزش داده شد. با بررسی معادلات برآزش‌یافته، مدلی انتخاب شد که در تمامی شاخص‌ها، بیشترین دقت را داشته و از لحاظ فیزیکی نیز، توجیه‌پذیر باشد. معادله مدل انتخابی بدین صورت است:

$$y = a(x - b)^c \quad \text{رابطه (۶)}$$

جدول ۵. ضریب تبیین روابط رگرسیونی خطی ( $R^2$ ) بین نسبت خشکیدگی بیشتر از ۳۰٪ با پارامترهای آماری شاخص‌های متفاوت در پلی گون تک‌پایه‌های درختان بلوط

شاخص	انحراف معیار	میانگین	دامنه	حداکثر	حداقل
MSR	۹۵.۴۵	۵۵.۱۱	۱۹.۴۸	۲۱.۴۳	۰.۴۰
NDVI	۳۱.۴۷	۸۸.۱۱	۶.۵۰	۷۳.۴۷	۰.۲۰
EVI	۵۹.۲۵	۶۸.۷	۳۵.۳۱	۷۸.۲۴	۰.۶۰
TDVI	۰.۴۴۶	۹۷.۱۱	۸۳.۴۹	۱۲.۴۹	۰.۱۰
SAVI	۶۵.۳۰	۳۵.۱۰	۰.۴۳۳	۵۲.۳۸	۰.۰۱۰
RNDVI	۷۵.۳۴	۸۵.۱۰	۲۶.۳۷	۷۹.۴۰	۰.۰۶۰
OSAVI	۲۳.۴۰	۲۴.۱۱	۱۹.۴۳	۳۷.۴۵	۰.۱۰
DVI	۱۷.۱۵	۰.۶۷	۳۴.۱۶	۱۲.۱۸	۴۴.۰

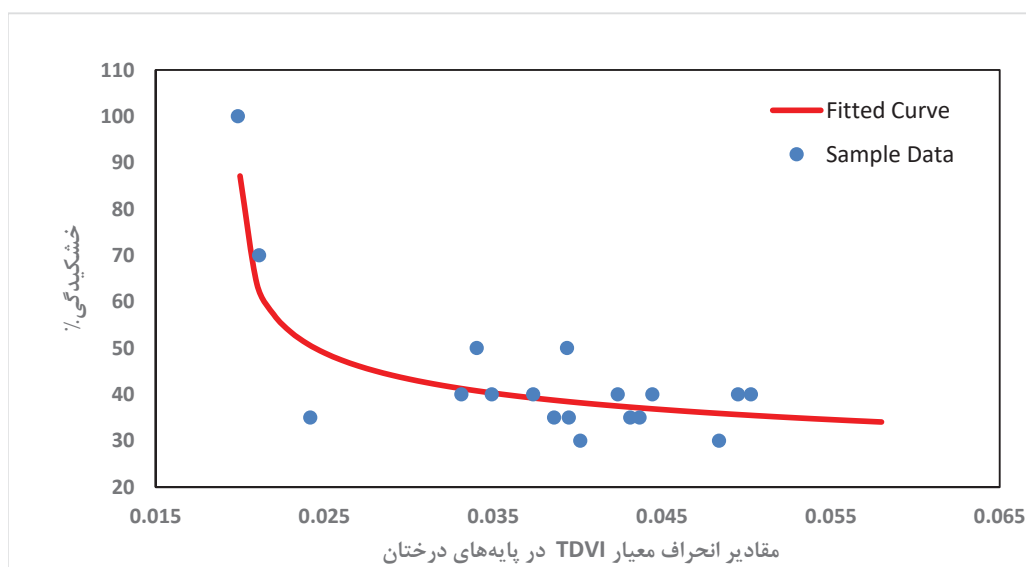
ارزیابی خشکیدگی جنگل‌های بلوط با استفاده از تصویر اسپات ۶...

جدول ۶. ضرایب معادله و پارامترهای ارزیابی دقت معادله رگرسیونی بین درصد خشکیدگی و دامنه شاخص در هر درخت

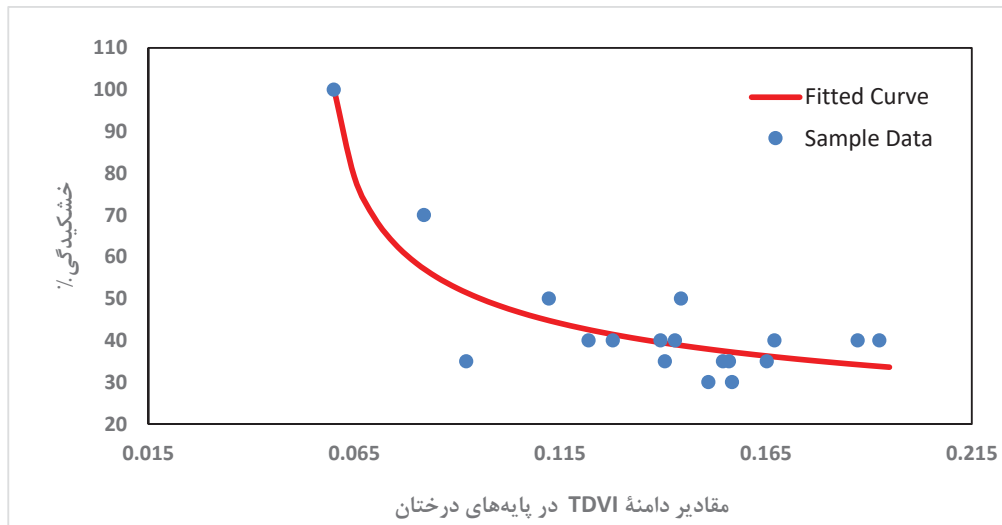
Rank	a	b	c	RMSE	SE	R <sup>2</sup>	AICC	Index
۱	۱۷.۹۲	۰.۰۶	۰.۳۲-	۶.۴۶	۷.۵۵	۸۲.۶۰	۷۳.۸۴	TDVI
۲	۱۸.۸۱	۰.۰۵	۰.۲۷-	۶.۵۸	۷.۶۳	۸۱.۷۷	۷۴.۶۷	RNDVI
۳	۲۲.۱۰	۰.۰۹	۰.۳۱-	۶.۵۵	۷.۷۵	۸۱.۱۹	۷۵.۲۳	NDVI
۴	۲۰.۱۴	۰.۰۷	۰.۳۰-	۶.۵۸	۷.۷۶	۸۱.۱۷	۷۵.۲۶	OSAVI
۵	۱۹.۲۰	۰.۰۶	۰.۲۶-	۶.۶۳	۷.۷۷	۸۱.۱۱	۷۵.۳۱	SAVI
۶	۲۲.۵۸	۰.۰۵	۰.۱۹-	۶.۷۷	۸.۲۳	۷۸.۸۱	۷۷.۳۸	EVI
۷	۲۹.۷۶	۰.۱۶	۰.۲۷-	۶.۶۱	۸.۲۷	۷۸.۶۰	۷۷.۵۶	MSR
۸	۱۵.۷۰	۰.۰۳	۰.۲۳-	۸.۰۵	۱۱.۵۹	۵۷.۹۴	۸۹.۷۲	DVI

جدول ۷. ضرایب معادله و پارامترهای ارزیابی دقت معادله رگرسیونی بین درصد خشکیدگی و انحراف معیار شاخص در هر درخت

Rank	a	b	c	RMSE	SE	R <sup>2</sup>	AICC	Index
۱	۱۸.۷۷	۰.۰۲	۰.۱۸-	۶.۴۰	۶.۸۸	۹۲.۳۰	۷۰.۹۳	TDVI
۲	۱۹.۰۵	۰.۰۲	۰.۱۷-	۶.۵۲	۷.۰۳	۹۱.۹۰	۷۱.۷۵	RNDVI
۳	۱۹.۸۴	۰.۰۳	۰.۲۰-	۶.۵۵	۷.۰۶	۸۴.۳۷	۷۱.۹۰	NDVI
۴	۱۹.۰۱	۰.۰۳	۰.۱۹-	۶.۶۴	۷.۳۵	۸۳.۱۰	۷۳.۳۱	OSAVI
۵	۱۹.۲۹	۰.۰۲	۰.۱۷-	۶.۶۵	۷.۴۸	۸۲.۴۹	۷۳.۹۴	SAVI
۶	۱۰.۱۵	۰.۰۱	۰.۵۴	۶.۷۴	۸.۲۳	۷۸.۷۹	۷۷.۳۹	EVI
۷	۲۴.۰۷	۰.۰۶	۰.۲۰-	۸.۳۵	۱۲.۴۱	۷۱.۹۷	۹۲.۱۷	MSR
۸	۱۲.۵۳	۰.۰۱	۰.۲۱-	۳۷.۷۲	۱۳.۹۶	۳۸.۹۳	۹۶.۴۳	DVI



شکل ۵. ارتباط رگرسیونی مقادیر انحراف معیار TDVI پایه‌های درختی با درصد خشکیدگی



شکل ۶. ارتباط رگرسیونی مقادیر دامنه TDVI پایه‌های درختی با درصد خشکیدگی

مساحت‌ها کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌شود. نتایج حاصل از حدود آستانه‌های متفاوت در شکل‌های ۸ و ۹ نشان داده شده است. به‌علت اختلاف بسیار زیاد در مساحت‌های جداشده مربوط به تک‌پایه‌ها در حدود آستانه پایین و بالا، برای نمایش بهتر تغییرات، از محور عمودی لگاریتمی استفاده شده است. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که، در حد آستانه ۰.۳، مساحت‌ها و همچنین تعداد تک‌پایه‌های جداشده نزدیک‌ترین نتیجه را با مقادیر حاصل از درختان نمونه‌برداری شده دارند؛ از این‌رو، این حد آستانه برای کاربرد در معادله رگرسیون و تهیه نقشه خشکیدگی استفاده شد. هرچند در نواحی مرتفع همچنان مشکل تفکیک تک‌پایه‌ها کاملاً از بین نرفت (شکل ۷).

پس از آن، با استفاده از رابطه رگرسیونی به‌دست‌آمده بخشی از منطقه انتخاب و نقشه خشکیدگی آن تهیه شد. در این منطقه، به‌دلیل نبود پوشش زیراشکوب درختی، تک‌پایه‌ها تفکیک‌پذیر بودند (شکل ۱۰). در تهیه این نقشه، مقدار انحراف معیار TDVI در پلی‌گون‌های جداشده در مرحله قبل محاسبه شد و سپس، براساس رابطه رگرسیونی، درصد خشکیدگی آنها به‌دست آمد. شایان ذکر است که در

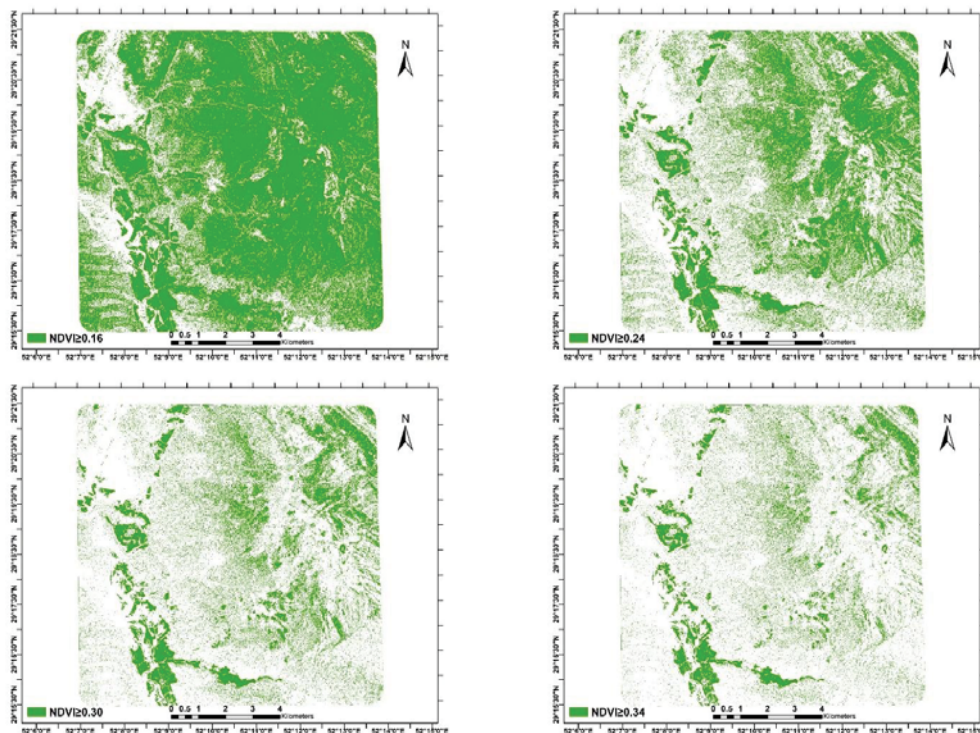
به‌منظور تهیه نقشه خشکیدگی با استفاده از معادله رگرسیونی به‌دست‌آمده، باید پلی‌گون مربوط به هر درخت شناسایی و جدا شود. همان‌طور که قبلاً بیان شد، برای این کار، حد آستانه‌های متفاوت NDVI روی تصویر اعمال شد و نتایج جداسازی تک‌پایه‌ها در محل نقاط نمونه‌برداری شده، برای کل درختان و نیز درختان با خشکیدگی ۳۰٪، بررسی شد (شکل‌های ۷، ۸ و ۹، و جدول ۸). نتایج جدول ۸ و شکل ۷ نشان می‌دهد که در حد آستانه‌های پایین، به‌دلیل وجود پوشش سبز زیراشکوب، امکان جداسازی تک‌پایه‌ها، به‌ویژه در نواحی مرتفع (شمال و شرق منطقه)، به‌درستی فراهم نمی‌آید و بخش‌های وسیعی از منطقه به‌صورت یکپارچه جداسازی می‌شود. در این شرایط، چنانچه مقدار مساحت جداشده در محل نمونه‌برداری به‌دست آید، اعداد بسیار بزرگی حاصل می‌شود زیرا تنها تصویر موجود از منطقه، با بازه زمانی مناسب برای بررسی، در اردیبهشت در دسترس بود که تهیه شد. در این زمان، پوشش زیراشکوب درختان در نواحی یادشده مانع از جداسازی تک‌پایه‌ها با استفاده از حدود آستانه پایین برای NDVI می‌شود. در حد آستانه‌های بالای NDVI نیز، به‌دلیل حذف بخشی از پوشش سبز درختان،

تهیه این نقشه، در پلی‌گون‌های حاصل، مقدار انحراف معیار TDVI بزرگ‌تر از ۰.۰۶۵ به منزله حد آستانه درختان خشکیده در نظر گرفته شد. رقم انحراف معیار

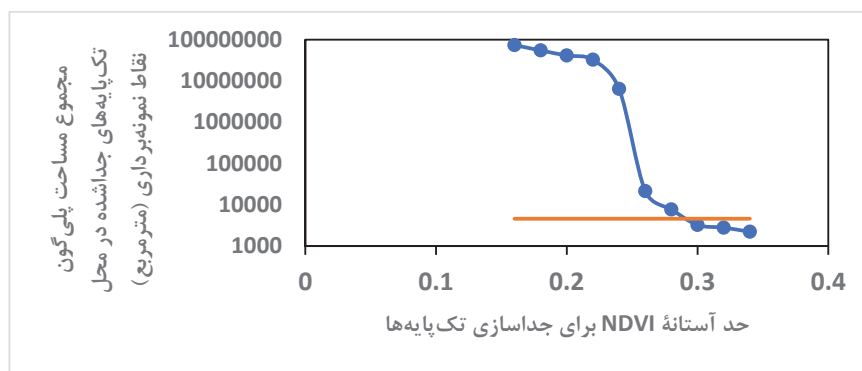
یاد شده براساس نتایج رگرسیون انتخاب شد و ارقام بالاتر از آن در شیب تند منحنی خشکیدگی قرار می‌گیرد (شکل ۶).

جدول ۸. نتایج حاصل از اعمال حد آستانه‌های متفاوت NDVI روی تصویر، در جداسازی تک‌پایه‌ها در محل نقاط نمونه‌برداری شده

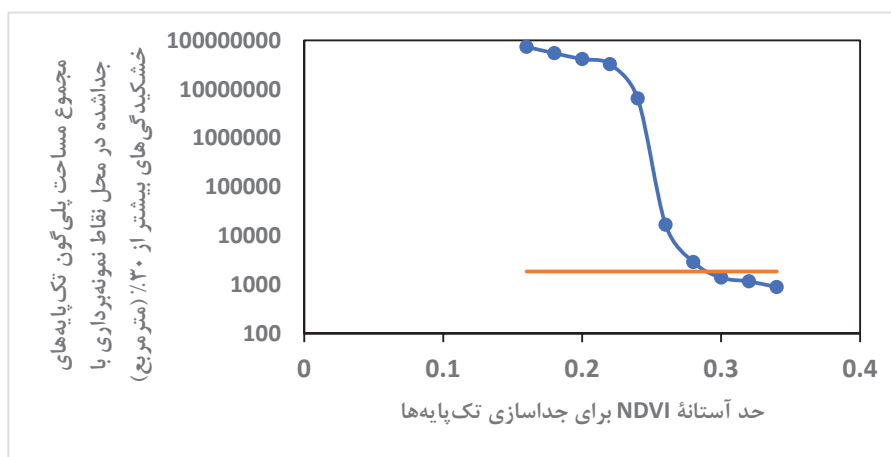
حد آستانه NDVI	مجموع مساحت کل تک‌پایه‌های جداسازی شده	مجموع مساحت تک‌پایه‌های جداسازی شده با خشکیدگی بیشتر از ۳۰٪	تعداد کل تک‌پایه‌های جداسازی شده با خشکیدگی بیشتر از ۳۰٪	تعداد کل تک‌پایه‌های جداسازی شده
۰.۱۶	۷۴۰۱۵۵۶۸.۶۴	۷۳۶۰۳۷۷۵.۵۷	۶	۹
۰.۱۸	۵۴۷۸۹۴۰۲.۸۰	۵۴۴۸۶۶۶۶.۴۲	۱۲	۲۰
۰.۲	۴۱۲۵۴۵۰۸.۷۹	۴۱۲۳۷۶۱۶.۲۶	۱۳	۲۴
۰.۲۲	۳۲۵۲۸۸۲۱.۶۳	۳۲۵۱۶۵۹۴.۸۴	۱۴	۲۹
۰.۲۴	۶۴۳۴۹۶۲.۹۹	۶۴۲۷۳۰۸.۷۱	۱۴	۳۰
۰.۲۶	۲۱۴۱۹.۸۰	۱۶۷۸۷.۱۴	۱۵	۳۱
۰.۲۸	۷۷۱۵.۷۷	۲۸۷۶.۸۳	۱۵	۳۲
۰.۳	۳۲۴۹.۹۸	۱۳۸۶.۰۸	۱۶	۳۳
۰.۳۲	۲۷۹۲.۸۳	۱۱۵۹.۶۵	۱۶	۳۲
۰.۳۴	۲۲۲۰.۱۸	۸۸۹.۹۸	۱۶	۳۱
نقاط نمونه‌برداری که به صورت دستی رقومی شده‌اند	۴۵۹۱.۹۴	۱۸۵۴.۵۰	۱۸	۳۸



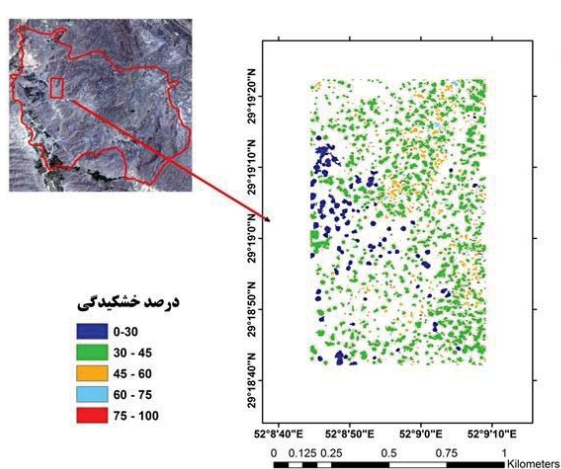
شکل ۷. نتایج حاصل از اعمال حد آستانه‌های متفاوت NDVI (بالا-راست: ۰.۲۴، بالا-چپ: ۰.۱۶، پایین-راست: ۰.۳۴، پایین-چپ: ۰.۳۰) روی تصویر، در جداسازی تک‌پایه‌ها



شکل ۸. نمودار نتایج مساحت کل تک پایه‌های جدا شده، حاصل اعمال حد آستانه‌های متفاوت NDVI روی تصویر در محل نقاط نمونه برداری شده (خط قرمز نشان دهنده مساحت کل نقاط نمونه برداری است که به صورت دستی رقومی شده‌اند و برابر است با ۴۵۹۱۰۹۴ مترمربع، به منظور نمایش بهتر تغییرات محور عمودی لگاریتمی استفاده شده است)



شکل ۹. نمودار نتایج مساحت کل تک پایه‌های جدا شده، حاصل اعمال حد آستانه‌های متفاوت NDVI روی تصویر در محل نقاط نمونه برداری شده با خشکیدگی بیشتر از ۳۰٪ (خط قرمز مساحت کل نقاط نمونه برداری با خشکیدگی بیشتر از ۳۰٪ را نشان می‌دهد که به صورت دستی رقومی شده‌اند و برابر است با ۱۸۵۴۰۵۰ مترمربع، به منظور نمایش بهتر تغییرات محور عمودی لگاریتمی استفاده شده است)



شکل ۱۰. نقشه خشکیدگی بخشی از سامانه عرف شکفت

## ۵- بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش پیش رو، با هدف شناخت روش‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای، برای تشخیص و پهنه‌بندی خشکیدگی درختان بلوط در بخشی از جنگل‌های زاگرس در استان فارس انجام شد. آنچه بر پیچیدگی چنین تحقیقی افزوده این است که خشکیدگی درختان بلوط، در این منطقه، به صورت پهنه‌ای نبوده است و تک‌پایه‌ها درگیر معضل خشکیدگی‌اند و شناسایی آنها، از میان درختان سالم، نیاز به تصاویر با وضوح زمینی بالا و کاربرد تصاویر مناسب سری‌های زمانی دارد.

با روشی که در این تحقیق برای داده‌های اسپات ۶ استفاده شد، امکان ایجاد ارتباط بین داده‌های انحراف از معیار TDVI تک‌پایه‌ها و داده‌های میدانی خشکیدگی آنها فراهم شد. شایان ذکر است که زمان تصویر مورد پردازش اردیبهشت ماه بود و این زمانی است که، به‌ویژه در ارتفاعات منطقه، پوشش کف فراوان و سرسبز است؛ به همین دلیل، امکان تفکیک تک‌پایه‌های درختان به‌خوبی میسر نیست و به‌تبع آن، در این مناطق، ارتباط مورد نظر با اشکال مواجه است زیرا، چنانچه نتوان تک‌پایه‌ها را جدا کرد، میزان خشکیدگی محاسبه‌شده دارای ارتباط منطقی با خشکیدگی تک‌پایه‌ها نخواهد بود. اما در مناطق کم‌ارتفاع، که خشکی محیط و گرما سبب حذف پوشش سبز کف می‌شود، نتایج مطلوب و مورد اعتمادی به‌دست می‌آید. بنابراین، تصاویر اواخر فصل رویش و تا پیش از نزول بارش‌های پاییزه، یعنی اواخر شهریور تا اواخر مهر، برای این منظور قابلیت بهتری داشتند. باید گفته شود، از ابتدای تحقیق، چنین فرضی مدنظر بود اما، به‌دلیل نداشتن امکان دسترسی به هیچ‌یک از انواع تصاویر ماهواره‌ای با دقت مکانی زیاد در این بازه زمانی، به‌ناچار نزدیک‌ترین تاریخ در دسترس مورد توجه قرار گرفت تا میزان موفقیت کاربرد چنین ایده‌ای در این منطقه، دست‌کم در مورد مناطق کم‌شیب، ارزیابی شود.

در تحقیقات برازمند<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۲) نیز، مشخص شد که پوشش علفی و زیراشکوب در مناطق تنک ارتفاعات سبب ایجاد گمراهی در تشخیص تاج‌پوشش درختی می‌شود. نکته نهایی دارای اهمیت این است که تاریخ تصویر باید طوری انتخاب شود که پوشش زیراشکوب حداقل باشد و پوشش درختی نیز وارد مرحله خزان نشده باشد تا، بدین ترتیب، بتوان تک‌پایه‌ها را با دقت جداسازی کرد. با توجه به مشاهدات زمینی انجام‌شده در محل اجرای این تحقیق، به‌دلیل به‌حداقل‌رسیدن پوشش زیراشکوب در این منطقه در بازه زمانی مرداد تا نیمه شهریور، انتظار می‌رود از کاربرد تصاویر در این بازه نتایج بهتری حاصل شود. چنانچه ملاحظه می‌شود، از ارقام خود شاخص‌ها فقط برای جداسازی تک‌پایه‌ها استفاده شده که استفاده‌ای کاملاً به‌جاست؛ چرا که ارتباط کاملی با پوشش زنده سبزیگی دارند. اما در هر تک‌پایه، انحراف معیار شاخص به‌کار رفته است تا بتوان میزان اختلاط پیکسل‌های زنده را از غیرزنده، در یک تک‌پایه، مشخص کرد. کاربرد این مفهوم در این تحقیق نوآوری بوده و به نتیجه نیز رسیده است.

نتایج این تحقیق نشان داد جداسازی پایه‌های دارای خشکیدگی کمتر از ۳۰٪ با دقت آماری معنی‌دار روی تصاویر امکان‌پذیر نبود. با اینکه نقشه‌ای تولید می‌شود، نمی‌توان به ارقام حاصل از آن اعتماد کرد. شایان ذکر است که این نکته نمی‌تواند مانع بزرگی تلقی شود زیرا خشکیدگی زیر ۳۰٪، حتی در بازدید میدانی نیز، به‌حد مطلوبی مشاهده نمی‌شد؛ مگر اینکه مشاهدات در کنار درخت و کاملاً از نزدیک صورت می‌گرفت. اگرچه، حتی اگر بتوان خشکیدگی بیشتر از ۳۰٪ را شناسایی کرد و به‌صورت نقشه ارائه داد، نتیجه مطلوبی به‌دست آمده است که در پژوهش پیش رو هم حاصل شد. موفقیتی که در مناطق کم‌شیب به‌دست آمده نتیجه نوآوری این تحقیق بوده است که در

1. Barazmand



جنگلی چه بسا راهکارهای مناسبی برای مدیران عرصه‌های جنگلی فراهم آورد.

سال‌های بعد، به‌دست خود ما و یا دیگر محققان، می‌تواند آزمون و تکمیل شود.

نتایج پژوهش جاری نشان داد، در استفاده از تصویر ماهواره‌ای اسپات ۶ با وضوح ۱.۵ متر و با روش به‌کاررفته در این تحقیق، امکان شناسایی خشکیدگی درختان کوچک، با قطر تاج‌پوشش کمتر از ۳ متر، با دقت مطلوبی وجود نداشت. با توجه به اندازه پیکسل ۱.۵ متر، در عمل، قطر تاج‌پوشش ۳ متر و معادل حداکثر ۲ پیکسل خواهد بود و انحراف معیار TDVI محاسبه‌شده آن تک‌پایه درخت، از نظر آماری، معنی‌دار نخواهد بود زیرا نماینده خوبی برای واقعیت سرسبزی یا خشکیدگی درخت محسوب نمی‌شود. این مسئله از محدودیت‌های تحقیق حاضر بود که، در پژوهش‌های آینده، باید به آن توجه داشت و برای بررسی خشکیدگی تک‌پایه‌ها، از تصاویر با تفکیک مکانی مطلوب‌تر استفاده کرد. از محدودیت‌های دیگر این تحقیق، فقدان تصاویر مطلوب در زمان و مکان تحقیق است. متأسفانه، در زمان انجام‌شدن این تحقیق تصاویر رایج‌آی، وُردوی‌یو-۲ و کوئیک برد، که وضوح مکانی بالایی دارند، در دسترس نبود؛ بنابراین، تصاویر اسپات مناسب‌ترین تصویر در دسترس از منطقه محسوب می‌شدند که از آنها استفاده شد. تصاویر دارای تفکیک مکانی زیاد، در تحقیقات ذاکری انارکی و فلاح شمسی<sup>۱</sup> (۲۰۱۴) و کرمی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۶)، همبستگی و دقت بسیار خوبی را در تشخیص خشکیدگی نشان دادند اما هزینه زیاد تصاویر، به‌خصوص در تحقیقات با مقیاس مکانی وسیع، مشکل‌آفرین خواهد بود؛ به‌ویژه آنکه دقت به‌دست‌آمده در این پژوهش، با استفاده از تصاویر اسپات ۶، در حد قابل قبولی برآورد شد. بدیهی است که پایش مناطق جنگلی، برای درک روند زوال یا بهبودی درختان آن، کمک شایان توجهی به دست‌اندرکاران مدیریت مناطق جنگلی خواهد کرد؛ بنابراین، استفاده از نتایج این تحقیق می‌تواند مدرکی برای مقایسه پایش مقاطع زمانی آینده با وضعیت موجود باشد. ضمن آنکه بررسی‌های اکولوژیک (به‌ویژه مسائل اقلیمی) و نحوه ارتباط آنها با تغییرات پوشش

#### ۶- منابع

- Allen, C.D., 2009, **Climate-Induced Forest Dieback: An Escalating Global Phenomenon**, Unasylva (English ed.) 2009, Vol.60, No.231/232, PP. 43–49.
- Barazmand, S., Shataee Joybari, Sh. & Abdi, O., 2012, **Recognition Possibility of Treescanopy Die Back Using High Resolution Satellite Image of Quick Bird (Case Study: Shastkolate Forest, Gorgan)**, Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(4), PP. 466–477 (In Persian).
- Fallah Shamsi, S.R., Negahban, M., Ahmadi, Sh., Soleimani, H., Moeinoldin, M. & Ranjbar, E., 2011, **Identification of Spatial Extension Pattern in Iranian Oak Forests Using Remote Sensing Techniques**, Proceeding of The First National Conference of Zagros Forests, Shiraz.
- Hamzapour, M., Kya-daliri, H. & Bordbar, S.K., 2011, **Preliminary Study of Manna Oak (Quercus Brantii Lindl.) Tree Decline in Dashte-Barm of Kazeroon, Fars Provinc**, Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(2), PP. 352–363 (In Persian).
- Haywood, A. & Stone, C., 2011, **Mapping Eucalypt Forest Susceptible to Dieback Associated with Bell Miners (Manorina Melanophys) Using Laser Scanning, SPOT 5 and Ancillary Topographical Data**, Ecological Modelling, 222(5), PP. 1174–1184.

1. Zakeri Anaraki and Fallah Shamsi  
2. Karami

- Karami, O., Fallah, A., Shataei, Sh. & Latifi, H., 2016, **Investigation on the Feasibility of Mapping of Oak Forest Dieback Severity Using Worldview-2 Satellite Data (Case Study: Ilam Forests)**, Journal of Forest and Poplar Research, 25(3), PP. 452–462 (In Persian).
- Maurer, T., 2013, **How to Pan-Sharpen Images Using the Gram-Schmidt Pan-Sharpen Method – a Recipe**, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XL-1/W1, ISPRS Hannover Workshop 2013, 21–24 May 2013, Hannover, Germany.
- Ogaya, R., Barbeta, A., Başnou, C. & Peñuelas, J., 2015, **Satellite Data as Indicators of Tree Biomass Growth and Forest Dieback in a Mediterranean Holm Oak Forest**, Annals of forest Science, 72(1), PP. 135–144.
- Pir Bavaghar, M., 2011, **Evaluation of Capability of IRS-P6 Satellite Data for Predicting Quantitative Attributes of Forests (Case Study: Northern Zagros Forests)**, Iranian Journal of Forest, Vol. 3, No. 4, PP. :277–289 (In Persian).
- Rouyan Consult Engineer Co., 2007, **Physiography Studies of Kohmareh-Sorkhi Region of Fars province** (In Persian).
- Wang, C., Lu, Z. & Haithcoat, T.L., 2007, **Using Landsat Images to Detect Oak Decline in the Mark Twain National Forest, Ozark Highlands**, Forest Ecology and Management, 240(1–3), PP. 70–78.
- Zakeri Anaraki, S. & Fallah Shamsi, S.R., 2014, **An Investigation on Persian Oak (Quercus Brantii Lindl) Single Tree Defoliation Mapping, Using Rapideye and Aster-L1B Satellite Imageries**, Iranian Journal of Forest, Vol. 5, No. 4, PP. 443–456 (In Persian).
- Zobeiri, M. & Majd, A., 2017, **An Introduction to Remote Sensing Technology Its Application in Natural Resources**, Tehran University Publication.