



تأثیر تیمار برش بهداشتی بر تغییر الگوی رفتار طیفی جنگل‌های بلوط دچار خشکیدگی

ژینا خدای^۱، مهتاب پیرباوقار^{۲*} و هدایت غضنفری^۳

^۱ کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج.
^۲ دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و عضو مرکز پژوهش و توسعه جنگلداری زاگرس شمالی، دانشگاه کردستان، سنندج.
^۳ دانشیار فقید گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و عضو مرکز پژوهش و توسعه جنگلداری زاگرس شمالی، دانشگاه کردستان، سنندج.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۲۵، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۳)

چکیده

از جمله مشکلات جنگل‌های زاگرس پدیده زوال یا خشکیدگی درختان بلوط است که بررسی و کنترل آن از عوامل مهم جلوگیری از نابودی جنگل‌هاست. یکی از راهکارهای ارائه شده برای کنترل این پدیده، اجرای برش بهداشتی است. داده‌های سنجش از دور قابلیت پایش مناطق درگیر این پدیده را فراهم آورده است. هدف از این تحقیق بررسی رفتار طیفی جنگل‌های آلوده به زوال بلوط قبل و بعد از اجرای برش بهداشتی در جنگل‌های شهرستان گیلانغرب است. برای پایش الگوی رفتار طیفی پس از اجرای برش بهداشتی، از تصاویر ماهواره لندست ۸ یک سال قبل از اجرای برش بهداشتی (۱۳۹۲) تا سال ۱۳۹۷ استفاده شد. پس از تصحیح اتمسفری تصاویر، با استفاده از نسبت‌گیری طیفی شاخص‌های گیاهی NDVI، NDVI، SAVI و NDWI تهیه شدند. ۳۰ نقطه به صورت تصادفی و پراکنده در سطح منطقه انتخاب و ارزش طیفی باند مادون قرمز نزدیک و شاخص‌های گیاهی در محل نقاط انتخابی استخراج شد. نتایج نشان‌دهنده روند صعودی نمودار رفتار طیفی بعد از اجرای برش بهداشتی تا آخرین سال پایش (۱۳۹۷) است. نتایج آزمون مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار است ($p < 0.01$). رفتار طیفی شاخص‌های پوشش گیاهی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و مقدار بارندگی نیز قرار می‌گیرد، اما با توجه به روند افزایشی مقادیر باند مادون قرمز نزدیک و شاخص‌ها در طول سال‌های پس از اجرای برش بهداشتی، می‌توان بخش زیادی از تغییرات را حاصل اجرای برش بهداشتی و بهبود وضعیت جنگل‌ها قلمداد کرد.

واژه‌های کلیدی: برش بهداشتی، زوال بلوط، لندست ۸.

مقدمه

سالانه تعداد زیادی از عشایر و روستاییان است. درختان بلوط در منطقه رویشی زاگرس به شدت توسط عوامل متعدد تهدید می‌شوند و شدت تخریب در بعضی مناطق بسیار زیاد است. تنش‌های زیستی و غیرزیستی مثل تغییر اقلیم و افزایش شدت گرما، تخریب مستمر عرصه‌های طبیعی توسط انسان و دام، بهره‌برداری بی‌رویه، آتش‌سوزی، خشکسالی‌های دهه اخیر، ریزگردها

جنگل‌ها از مهم‌ترین منابع در حفظ و تعادل بیولوژیکی به شمار می‌روند. جنگل‌های زاگرس که دومین اکوسیستم جنگلی طبیعی کشور محسوب می‌شوند، اهمیت بسیاری در تأمین منابع آبی و تعادل اقلیمی کشور دارند. این جنگل‌ها کارکرد تولید چوب ندارند، اما محصولات غیرچوبی آنها تأمین‌کننده درآمد

قرمز نزدیک با بیشترین بازتاب، مهم‌ترین باند در الگوی رفتار طیفی گیاهان است؛ این باند اطلاعات مهمی را در خصوص حد سلامت و شادابی پوشش گیاهی ارائه می‌دهد. مقدار انعکاس و در نتیجه خصوصیات طیفی هر یک از اجزای گیاهان نیز با توجه به ساختار برگ و مقدار فتوسنتز، متفاوت است (Bareta et al., 1995). به همین دلیل در پایش و بررسی گیاهان مختلف با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌توان از این ویژگی بهره گرفت و با استفاده از باندهای طیفی مختلف، بسته به هدف تحقیق، شاخص‌های گیاهی مناسب را محاسبه و از آنها برای ارزیابی و پایش گیاهان استفاده کرد. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که تغییر در وضعیت و سلامت تاج پوشش گیاهان سبب تغییر در بازتاب طیفی آنها می‌شود (Bareta et al., 1995). شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال‌شده^۱ (NDVI) از متداول‌ترین و گسترده‌ترین شاخص‌های گیاهی مرتبط با سلامت جنگل است. (Gooshbor et al., 2006) به بررسی شناسایی مناطق آسیب‌دیده توسط آفت جوانه‌خوار بلوط در جنگل‌های مریوان با استفاده از روند تغییرات شاخص NDVI پرداختند. نتایج حاکی از کاهش معنی‌دار شاخص NDVI در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد در سال‌های پس از شیوع آفت بود. (Walter & Platt, 2013) نیز برای بررسی حد شیوع سوسک کاج‌های کوهستانی در سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ استفاده از شاخص NDVI را مؤثر بیان کرده‌اند. (Barazmand et al., 2012) و Kelly (2002) در پژوهش خود در زمینه امکان تشخیص سرخشیدگی تاج درختان به نقش شاخص گیاهی NDVI به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها اشاره کردند. (Babst et al., 2010) نیز به این نتیجه رسیدند که شاخص NDVI شاخص مناسبی برای پایش تغییرات ناشی از شیوع بیماری در جنگل‌های شمال سوئد است.

و ضعف فیزیولوژیکی درختان به دلیل هجوم آفات برگ‌خوار، شرایط را برای آفات ثانویه همانند سوسک‌های چوب‌خوار و قارچ *Biscogniauxia mediterraneum* عامل بیماری زغالی بلوط در منطقه مهیا کرده که سبب زوال بخشی از درختان بلوط ایرانی شده‌اند (Tavakoli & Piroozi, 2011). یکی از مهم‌ترین دلایل خشکیدگی بوم‌سازگان جنگلی زاگرس، تغییر عوامل اقلیمی و تبخیر و تعرق در طی زمانی کوتاه است که بر وسعت بحران زوال یا خشکیدگی درختان بلوط افزوده است (Fallah & Haidari, 2018).

بررسی و ارزیابی خشکیدگی در جنگل از عوامل مهم و اساسی در مدیریت بهینه برای مقابله با زوال جنگل است (Hosseinzadeh & Pourhashemi, 2015). لازمه مدیریت پایدار منابع طبیعی ارزشمند به‌ویژه جنگل‌ها، فراهم آوردن داده‌های کمی، به‌روز و دارای صحت زیاد از وضعیت فعلی آنهاست. امروزه فناوری سنجش از دور و تصاویر با توان تفکیک مکانی متوسط، از ابزارهای کارآمد دسترسی به این‌گونه اطلاعات ارزشمند برای پایش و کنترل سلامت جنگل در سطح توده است. تحقیقات بسیاری در زمینه پایش سلامت جنگل و بررسی بیماری‌ها و آفات مختلف جنگل با استفاده از داده‌های سری زمانی ماهواره‌ای لندست انجام گرفته است (Babst et al., 2010; Crosby et al., 2012; Walter & Platt, 2013; Wang et al., 2007). بنابراین انتظار می‌رود برای بررسی الگوی رفتار طیفی جنگل‌های برودار تحت اجرای برش بهداشتی، استفاده از داده‌های با توان تفکیک مکانی متوسط و چندزمانه ماهواره‌های لندست ۸، مؤثر و کارآمد باشد. بررسی الگوی رفتار طیفی جنگل‌های آلوده به زوال بلوط، قبل و بعد از اجرای تیمار برش بهداشتی، می‌تواند اطلاعات مناسبی در زمینه اثرهای این تیمار بر وضعیت پوشش گیاهی منطقه در اختیار مدیران قرار دهد. نسبت بازتاب امواج الکترومغناطیس در محدوده طیف‌های مختلف را رفتار طیفی می‌نامند. باند مادون

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

منطقه پژوهش با ارتفاع ۱۱۵۰ تا ۱۳۰۰ متر در بخشی از جنگل‌های زاگرس، در روستای قمرآلی در ۱۶ کیلومتری جنوب شهرستان گیلانغرب استان کرمانشاه با مساحت ۱۷۵ هکتار واقع شده است (شکل ۱). برش بهداشتی در منطقه در اسفند ۱۳۹۲ (فوریه ۲۰۱۴) انجام گرفت. میانگین تعداد اصله در هکتار در منطقه پژوهش ۱۱۰ تا ۱۵۰ اصله است و سهم درختان بیمار از کل درختان ۳۰ درصد تخمین زده شده است (General department of natural resources of Kermanshah province, 2012).

در این منطقه براساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی شهرستان گیلانغرب میانگین بارندگی سالیانه ۴۵۲/۷ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه ۲۲ درجه سانتی‌گراد است. گونه‌های گیاهی منطقه شامل برودار (*Quercus brantii* Lindl)، بنه (*Pistacia atlantica*) و زالزالک (*Crataegus azarolus* L) است که تیپ غالب آن را برودار-بنه تشکیل می‌دهد و میانگین تاج‌پوشش درختان ۲۵ تا ۳۰ درصد است (General department of natural resources of Kermanshah province, 2012).

شیوه اجرای پژوهش

- برداشت میدانی داده

با توجه به موضوع پژوهش و در راستای اهداف تعریف‌شده برای جمع‌آوری داده‌ها به منظور شناسایی منطقه و مقدار عملکرد برش‌های بهداشتی، جنگل‌گردشی صورت گرفت. با استفاده از سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS^۴) محدوده منطقه تحت اجرای برش بهداشتی برداشت شد. از آنجا که منطقه در قسمتهایی دارای لکه‌های فاقد درخت است، ۳۰

در تحقیقات (Walter & Crosby et al. (2012) و Platt (2013) و Wang et al. (2007) از شاخص تفاوت نرمال‌شده رطوبت یا آب^۱ (NDWI یا NDMI) نیز به‌عنوان شاخصی مناسب برای پایش خشکیدگی درختان استفاده شده است. در پژوهش‌های یادشده، مقدار شاخص تفاوت نرمال‌شده رطوبت در شرایط خشکیدگی درختان تا حد چشمگیری کمتر گزارش شده است. در بررسی امکان تشخیص سرخشکیدگی تاج درختان در برخی تحقیقات به‌خصوص در جنگل‌های با تراکم تاج‌پوشش کم، شاخص‌های کاهش‌دهنده اثر خاک همانند شاخص تفاوت وزنی پوشش گیاهی^۲ (WDVI) و شاخص پوشش گیاهی تعدیل‌کننده خاک^۳ (SAVI) نیز می‌توانند مؤثر باشند. خشکیدگی خطری جدی برای اکوسیستم‌های جنگلی زاگرس به شمار می‌رود. با توجه به اجرای عملیات برش بهداشتی در مناطقی از جنگل‌های استان کرمانشاه که در چند سال اخیر در معرض این پدیده قرار گرفته‌اند، بازدیدها و مشاهده‌های میدانی بیانگر این است که این روش تا حدی توانسته از گسترش پدیده خشکیدگی به جنگل‌های مجاور جلوگیری کند. همچنین در مناطقی که عملیات برش بهداشتی اجرا شده افزایش محسوس زادآوری از طریق جست گروه‌ها به‌خوبی مشاهده می‌شود.

با توجه به اینکه تاکنون تحقیقات محدودی در زمینه بررسی خشکیدگی در جنگل‌های زاگرس انجام گرفته (Zakery Anaraki & Fallah Shamsi, 2014)، در این پژوهش در بخشی از جنگل‌های شهرستان گیلانغرب با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ مربوط به سال‌های مختلف قبل و بعد از اجرای برش بهداشتی، اثرهای اجرای برش‌های بهداشتی بر رفتار الگوی طیفی این جنگل‌ها بررسی شد. براساس نتایج چنین پژوهش‌هایی و تأیید قوی تأثیر برش‌های بهداشتی در افزایش زادآوری و رویش شاخ‌وبرگ‌های جدید و همچنین کاهش انتشار خشکیدگی درختان به جنگل‌های مجاور، می‌توان اجرای آن را در سطح وسیع پیشنهاد کرد.

1. Normalized Difference Water or Moisture Index (NDWI, NDMI)

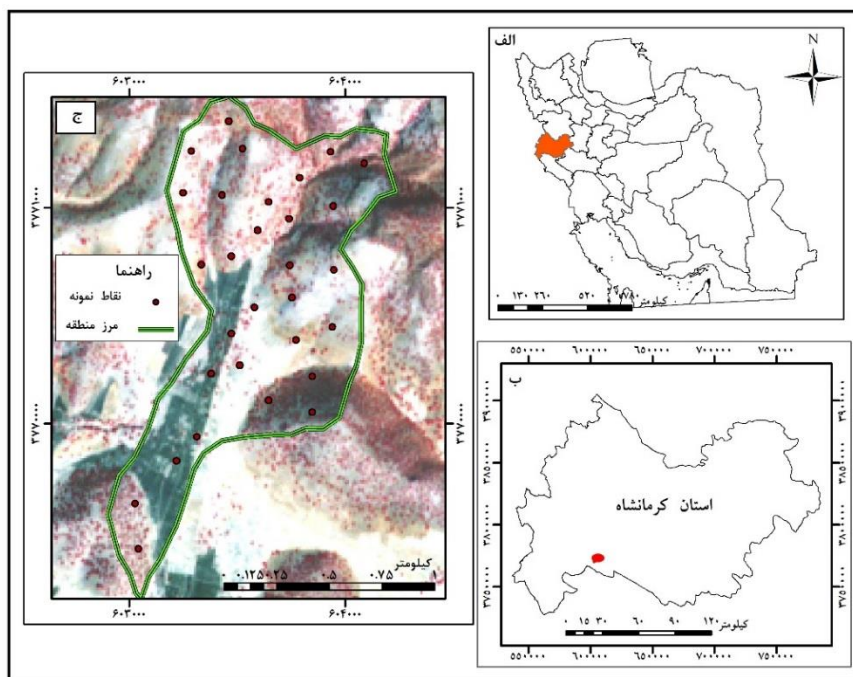
2. Weighted Difference Vegetation Index (WDVI)

3. Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)

4. Global Positioning System

نقاط به‌منظور همپوشان نبودن در یک پیکسل تصاویر ماهواره‌ای و پراکنش در کل منطقه، دست‌کم ۱۰۰ متر در نظر گرفته شد.

نقطه در بخش‌های جنگلی به‌طور تصادفی و پراکنده در سطح منطقه انتخاب و ثبت شد. بررسی روند تغییرات الگوی رفتار طیفی جنگل‌ها در محل پیکسل مرتبط با نقاط ثبت‌شده در عرصه انجام گرفت. فاصله



شکل ۱- موقعیت منطقه تحقیق در ایران (الف)، استان کرمانشاه (ب)، و موقعیت نقاط تحت بررسی در منطقه (ج)

برخی مناطق وجود دارد، برای اجتناب از تداخل طیفی پوشش زراعت زیرآشکوب کف جنگل، از تصاویر بعد از برداشت محصول (تصاویر ماه آگوست- مرداد و شهریور) استفاده شد.

- تصحیح اتمسفری داده‌ها

تصحیح اتمسفری دقیق تصاویر مربوط به سال‌های مختلف برای بررسی تغییرات پوشش‌های سطح زمین بسیار ضروری است. هدف از تصحیحات اتمسفری، حذف اثرهای اتمسفری ایجادشده در تصاویر ماهواره‌ای است. در این پژوهش ابتدا از روش تصحیح اتمسفری به روش $COST^2$ استفاده شده است. روش $COST$ یک روش تصحیح مبتنی بر تصویر است.

- داده‌های ماهواره‌ای

در این تحقیق از داده‌های تصاویر ماهواره‌های چندزمانه لندست ۸ مربوط به ماه‌های مرداد و شهریور ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷ (آگوست ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۸) مربوط به گذر و ردیف ۳۶-۱۶۷ در سطح تصحیحات استاندارد ۱ (LIT) استفاده شد. تصاویر ماهواره لندست از طریق سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا^۱ (USGS) دریافت شد (جدول ۱). در این پژوهش از باندهای طیفی قرمز (RED)، مادون قرمز نزدیک (NIR) و مادون قرمز طول موج کوتاه (SWIR) سنجنده OLI با اندازه تفکیک مکانی ۳۰ متری و توان تفکیک رادیومتری ۱۶ بیتی برای تهیه شاخص‌های گیاهی استفاده شد.

از آنجا که در منطقه تحقیق، زراعت زیرآشکوب در

1. United States Geological Survey
2. Cosine Of Sun zenith angle (COST)

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای و باندهای طیفی استفاده شده

نام ماهواره	نام سنجنده	تاریخ تصویربرداری	باندهای طیفی استفاده شده	محدوده طول موج (میکرومتر)	اندازه تفکیک مکانی (متر)
لندست ۸	OLI	۱۸ آگوست ۲۰۱۸	قرمز	۰/۶۴ - ۰/۶۷	۳۰
لندست ۸	OLI	۱۵ آگوست ۲۰۱۷	مادون قرمز نزدیک	۰/۸۵ - ۰/۸۸	۳۰
لندست ۸	OLI	۱۲ آگوست ۲۰۱۶	مادون قرمز طول موج کوتاه	۱/۴۵ - ۱/۵۷	۳۰
لندست ۸	OLI	۱۰ آگوست ۲۰۱۵			
لندست ۸	OLI	۷ آگوست ۲۰۱۴			
لندست ۸	OLI	۴ آگوست ۲۰۱۳			

در این روش از تجسم زاویه خورشید به مثابه شاخصی قابل قبول برای تقریب اثر جذب توسط گازهای جوی و پراکندگی ریلی^۱ استفاده می‌شود (Mahiny & Turner, 2007). سپس از تصحیح اتمسفری به روش رگرسیونی، برای استانداردسازی و قابل قیاس بودن تصاویر مربوط به زمان‌های مختلف استفاده شد. این روش در مناطقی کاربرد دارد که پدیده‌هایی با انعکاس بسیار کم (آب صاف، سایه) وجود دارند. در این روش که بیشتر برای تحلیل تصاویر چندزمانه کاربرد دارد، ابتدا یک تصویر به عنوان تصویر مبنا انتخاب می‌شود و سپس ویژگی‌های طیفی تمامی تصاویر براساس یک مدل رگرسیونی خطی به مقیاس تصویر پایه تبدیل می‌شود (Tyagi et al., 2011).

تصحیح اتمسفری تصاویر در محیط نرم‌افزار TerrSet انجام گرفت.

- ایجاد شاخص‌های گیاهی

مقدار عددی شاخص NDVI، بین ۱- و ۱ است. با افزایش تراکم پوشش گیاهی، مقدار ارزش این شاخص افزایش می‌یابد (Rouse et al., 1974). شاخص SAVI یک شاخص خط خاک است که سبب کم شدن اثر خاک بر بازتاب باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک می‌شود. مقدار شاخص SAVI نیز همچون شاخص NDVI بین مقادیر ۱- و ۱ متغیر است (Huete, 1988). این شاخص اصلاح شده شاخص NDVI است. برای کاهش اثر خاک پس‌زمینه، از یک ضریب ثابت تطبیقی (L) در فرمول NDVI استفاده می‌شود که مقدار آن با توجه به اطلاعات اولیه در رابطه با تراکم پوشش گیاهی منطقه تعیین می‌شود. مقدار این ضریب برای تراکم تاج پوشش کم، ۱ و برای تراکم تاج پوشش متوسط، ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود. در این پژوهش به دلیل تراکم تاج پوشش متوسط تا کم منطقه و خشکیدگی درختان، مقدار آن ۱ در نظر گرفته شده است (Huete, 1988). شاخص Wdvi نیز از جمله شاخص‌های خط خاک است و

ایجاد شاخص‌های گیاهی مناسب از تصاویر تصحیح شده در راستای فراکافت‌های بهتر انجام می‌گیرد. شاخص‌ها تبدیل‌های محاسباتی هستند که براساس رفتار طیفی اشیای مختلف تعریف می‌شوند. با توجه به پیشینه پژوهش (Crosby et al., 2012;

نقاط نمونه‌برداری با استفاده از نرم‌افزار TerrSet استخراج شد و نمودار الگوی رفتار طیفی در سال‌های مختلف رسم و بررسی شد.

- روش تحلیل

به‌منظور بررسی معنی‌دار بودن تغییرات ارزش شاخص‌ها از نظر آماری در دامنه زمانی ابتدا و انتهای دوره، ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌های ارزش‌های طیفی سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۷ با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. سپس از آنجا که داده‌ها دارای توزیع نرمال بودند، میانگین مقادیر طیفی سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۷ با استفاده از آزمون تی جفتی در نرم‌افزار SPSS مقایسه شد.

برای مناطقی که تراکم پوشش گیاهی کم است قابلیت زیادی دارد (Clevers, 1989).

شاخص تفاوت نرمال‌شده آب یا رطوبت (NDMI / NDWI) به تغییرات محتوای رطوبتی برگ‌ها و تاج‌پوشش گیاهی حساس است. این شاخص در بررسی تنش‌های تاج‌پوشش جنگل کاربرد دارد.

- بررسی الگوی رفتار طیفی باندهای طیفی

از آنجا که باند مادون قرمز نزدیک بیشترین انعکاس را در پوشش گیاهی دارد، علاوه بر شاخص‌های گیاهی انتخاب‌شده، این باند نیز بررسی شد. به‌منظور بررسی الگوی رفتار طیفی باند مادون قرمز نزدیک و شاخص‌های گیاهی در فرایند اجرای برش‌های بهداشتی، ارزش‌های طیفی مربوط در محل هر یک از

جدول ۲- شاخص‌های گیاهی استفاده‌شده

نام شاخص	فرمول	مرجع
NDVI	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	Rouse et al, 1974
SAVI	$SAVI = \frac{NIR - RED}{(NIR + RED + L)} \times (1 + L)$	Huete, 1988
WDVI	$WDVI = NIR - aRED$	Clevers, 1989
NDWI	$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$	Gao, 1996

L: ضریب ثابت تطبیقی که در این پژوهش براساس تراکم کم و وجود خشکیدگی ۱ در نظر گرفته شده است. NIR: باند مادون قرمز نزدیک، RED: باند قرمز، a: شیب خط خاک و SWIR: مادون قرمز طول موج کوتاه

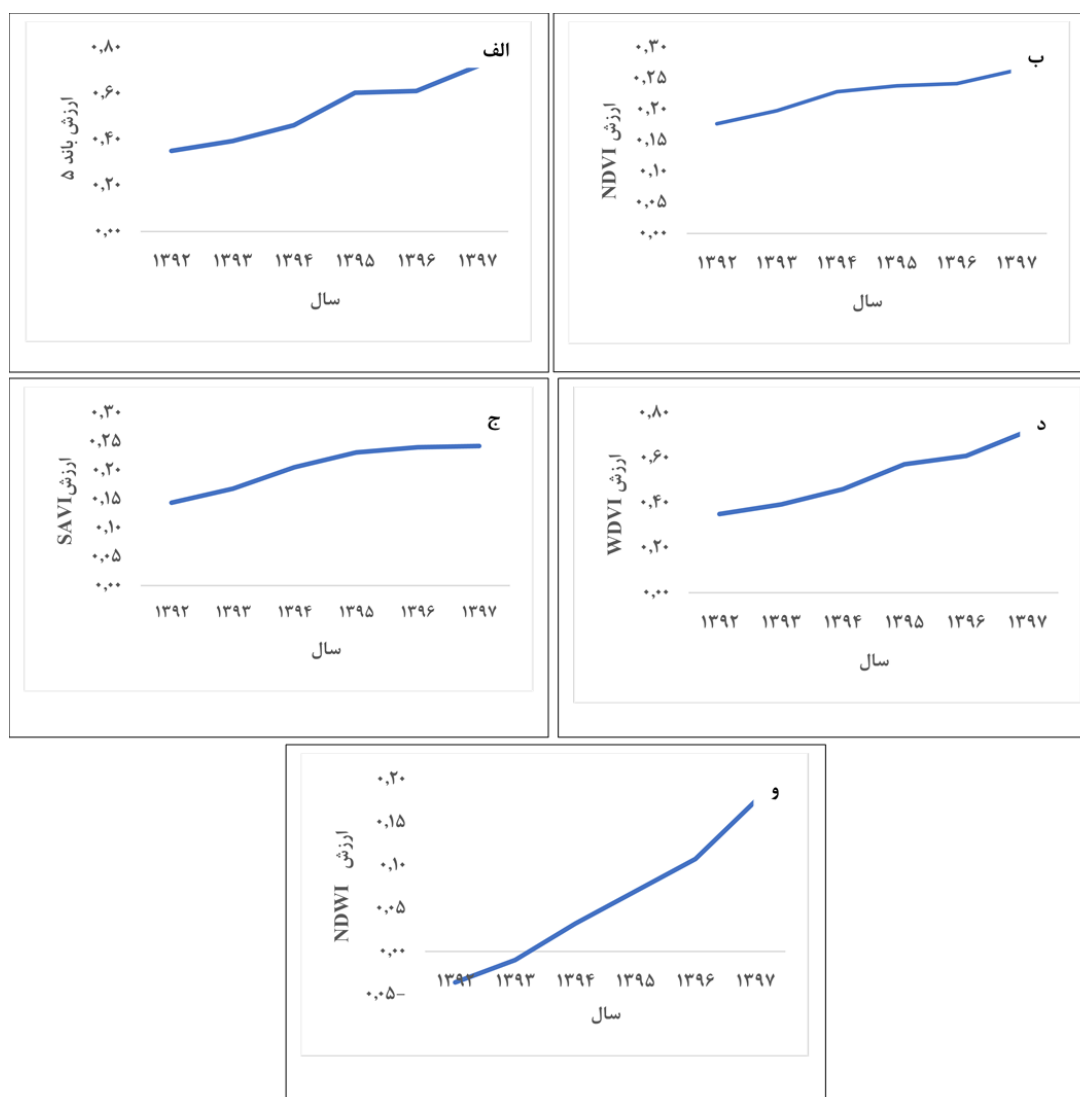
نتایج

-نتایج بررسی الگوی رفتار طیفی باندهای اصلی و شاخص‌های گیاهی

با توجه به شکل ۲ الف می‌توان دریافت که بازتاب باند مادون قرمز نزدیک از سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷ به‌ویژه از سال ۱۳۹۴ به بعد افزایش یافته است. شاخص NDVI در اولین فصل رویشی پس از اجرای

برش (سال ۱۳۹۳) تغییر زیادی نداشته، اما در سال‌های پس از انجام برش سیر صعودی داشته است (شکل ۲ ب).

در منطقه تحقیق، از سال اجرای برش بهداشتی (۱۳۹۳) مقدار شاخص SAVI نیز افزایش یافته است (شکل ۲ ج).



شکل ۲- نمودار میانگین ارزش باند مادون قرمز نزدیک (الف)، شاخص‌های NDVI (ب)، SAVI (ج)، WDWI (د) و NDWI (ه) استخراج‌شده از تصاویر ماهواره‌ی لندست ۸ در سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷ در ۳۰ نقطه‌ی بررسی‌شده

(۱۳۹۲) و همچنین سال اجرای برش‌های بهداشتی تا حدی منفی است؛ اما از سال ۱۳۹۴ به بعد مقدار آن مثبت است که تا سال ۱۳۹۷ افزایش پیدا کرده است (شکل ۲ و).

-نتایج تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

نتایج آزمون نرمال بودن داده‌های سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۷ با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نشان داد که پراکنش همه‌ی داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت می‌کند (سطح معنی‌داری $p > 0.05$) (جدول ۳).

از سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۳ مقدار شاخص WDWI تغییر چندانی نداشته، اما از سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۷ با شیب بیشتری سیر صعودی خود را ادامه داده است (شکل ۲ د).

شاخص تفاوت نرمال‌شده‌ی آب یا رطوبت (NDMI or NDWI) تنها شاخصی است که در منطقه‌ی تحت بررسی دربرگیرنده‌ی مقادیر منفی نیز است. با توجه به شکل ۲ می‌توان مشاهده کرد که مقدار عددی این شاخص در سال قبل از اجرای برش

جدول ۳- نتیجه آزمون کولموگروف- اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن داده‌ها

مقدار آماره	سال	باند طیفی یا شاخص
۰/۱۰۸	۱۳۹۲	NIR
۰/۱۲۴	۱۳۹۷	
۰/۱۲۴	۱۳۹۲	NDVI
۰/۱۵۲	۱۳۹۷	
۰/۱۳۵	۱۳۹۲	SAVI
۰/۱۲۹	۱۳۹۷	
۰/۱۱۲	۱۳۹۲	WDVI
۰/۱۲۳	۱۳۹۷	
۰/۰۸۱	۱۳۹۲	NDWI
۰/۰۹۴	۱۳۹۷	

نتایج آزمون تی جفتی نشان داد که تفاوت میانگین باند مادون قرمز نزدیک و شاخص‌های طیفی بررسی شده بین سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۷ معنی‌دار است ($p < 0/01$) (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین باندها و شاخص‌های گیاهی سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۷

باند طیفی یا شاخص	T محاسبه شده	P	میانگین (۱۳۹۲)	میانگین (۱۳۹۷)	اشتباه معیار (۱۳۹۲)	اشتباه معیار (۱۳۹۷)
NIR	-۲۳/۰۸۶	<0/01	۰/۳۵۷	۰/۷۲۵	۰/۰۰۴	۰/۰۱۰۵
NDVI	-۲۷/۰۱۹	<0/01	۰/۱۷۷	۰/۲۶۴	۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۶۲
SAVI	-۳۵/۲۱۵	<0/01	۰/۱۴۴	۰/۲۴۲	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۴۷
WDVI	-۵۱/۳۳۴	<0/01	۰/۳۵۰	۰/۷۱۹	۰/۰۰۴۴	۰/۰۱۰۴
NDWI	-۱۵۰/۵۲۴	<0/01	-۰/۱۰۶	۰/۲۶۶	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۳۳

بحث

در پایش مناطق جنگلی استفاده شده است (Babst et al., 2010; Gooshbor et al., 2016). از آنجا که بازتاب طیف‌های نوری از گیاهان با نوع این گیاه، خصوصیات سطح برگ، ساختار برگ، محتوای آب درون بافت‌ها و دیگر عوامل ذاتی تغییر می‌کند (Chang et al., 2016) و مقدار بازتاب از پوشش گیاهی با خصوصیات شیمیایی و مورفولوژیکی سطح اندام‌ها یا برگ‌ها تعیین می‌شود (Zhang et al., 2012)، در این پژوهش تلاش شده تا با بررسی الگوی رفتار طیفی جنگل‌های آلوده به زوال بلوط تحت اجرای برش بهداشتی بتوان تا حدی تأثیر این اقدام را در راستای

استفاده از علم سنجش از دور و داده‌های ماهواره‌ای در پایش مناطق جنگلی و بررسی وضعیت سلامت جنگل‌ها در سال‌های اخیر بسیار متداول است. تعیین توانایی‌ها و محدودیت‌های روش‌ها در علوم مختلف منابع طبیعی در وضعیت‌ها و مناطق مختلف، همواره می‌تواند نویدبخش اقدامات جدید در راستای پایش این منابع باشد. از تصاویر لندست با آرشیو زمانی طولانی‌مدت، توان تفکیک مکانی متوسط، توان تفکیک زمانی مناسب، وسعت گسترده مکانی و توانایی چندطیفی بودن آن، به‌طور گسترده

یافته‌اند. (Wilson et al., 1998) نیز در پژوهش خود در زمینه پایش جنگل‌های درگیر با بیماری مرگ نارون به این نتیجه رسیدند که مقدار انعکاس طول موج مادون قرمز نزدیک گیاه سالم بیشتر از گیاه بیمار است. این نتایج با یافته‌های (Vogelman et al., 2009) در زمینه پایش سلامت جنگل نیز همسوست.

شاخص‌های پوشش گیاهی به‌منظور به حداکثر رساندن حساسیت به ویژگی‌های پوشش گیاهی طراحی شده‌اند و در عین حال بسته به ماهیت خود، عوامل منفی مانند بازتاب خاک پس‌زمینه، اثر روشنایی نور در نتیجه توپوگرافی یا اثرهای جوی را به حداقل می‌رسانند. شاخص NDVI، یکی از شاخص‌های بسیار متداول و مفید در پایش پوشش گیاهی است که در بیشتر پژوهش‌ها کاربرد و کارایی زیادی داشته است (Barazmand et al., 2012; Gooshbor et al., 2016). در پژوهش حاضر، روند مثبتی در مقدار این شاخص پس از اجرای برش بهداشتی مشاهده شده است. زوال بلوط به‌علت آسیب به برگ و خشکیدگی شاخ‌وبرگ و تاج درختان، با کاهش بازتاب باند مادون قرمز، سبب کاهش مقدار شاخص‌هایی همانند NDVI، SAVI و WdVI نیز می‌شود. شاخص SAVI و WdVI جزو شاخص‌های خط خاک محسوب می‌شوند که با توجه به ضریب‌ها در مناطق کم‌تراکم از نظر پوشش گیاهی، در برخی موارد سبب بهبود نتایج می‌شوند. بررسی تغییرات مقدار این شاخص‌ها پس از حدود ۴/۵ سال از اجرای برش بهداشتی نیز از نظر آماری معنی‌دار بود.

از بین شاخص‌های تحت بررسی، بیشترین تغییرات توسط شاخص تفاوت نرمال‌شده آب یا رطوبت نشان داده شد. در صورت دچار شدن جنگل به تنش خشکسالی، حمله حشرات و بیماری، تغییرات مهم بیوفیزیکی رطوبت برگ در درختان اتفاق می‌افتد. با استفاده از این شاخص می‌توان درختانی را که دچار مرگ‌ومیر و خشکیدگی در اثر خشکسالی شدید و تهاجم آفت شدند تشخیص داد (Wang et al., 2007). NDWI نسبت به NDVI به‌مقدار کمتری تحت تأثیر

سلامت جنگل بررسی کرد. هنگامی که بیماری و استرس‌های فیزیولوژیکی به‌طور مستقیم بر خواص بازتاب تک‌برگ تأثیر می‌گذارند، به‌دلیل حساسیت کلروفیل به اختلالات فیزیولوژیکی، تغییرات اولیه اغلب در ناحیه طیف مرئی مشاهده می‌شود (Knipling, 1970)، اما بنیان اصلی برای تشخیص شرایط استرس در یک توده گیاهی توسط سنجنده‌ها، تغییر در مشخصات بازتاب تک‌برگ‌ها نیست، بلکه کاهش بازتاب کل سطح برگ‌های یک درخت و حتی توده، توسط سنجنده‌ها پایش می‌شود. این کاهش ممکن است ناشی از نابودی مستقیم برگ‌ها، تغییر در جهت قرارگیری آنها یا توقف رویش کلی گیاه باشد، در چنین مواردی، کاهش بازتاب مادون قرمز به‌دلیل کاهش حجم برگ‌ها و افزایش اثر بازتاب پس‌زمینه، بسیار بیشتر از طول موج‌های مرئی است (Knipling, 1970). بنابراین در پایش سلامت جنگل، طول موج مادون قرمز نزدیک بسیار حائز اهمیت است. در این پژوهش در ابتدا مقدار انعکاس باند مادون قرمز نزدیک بررسی شد. برای پوشش گیاهی سالم، مقدار انعکاس طول موج مادون قرمز نزدیک، به‌دلیل ساختار سلولی برگ‌ها به‌ویژه مزوفیل اسفنجی بسیار بیشتر از دیگر طول موج‌هاست. در وضعیتی که گیاه سالم و کلروفیل موجود است، باند مادون قرمز نزدیک از بیشترین بازتاب برخوردار است. از موارد کاهش مقدار انعکاس این باند، خشکیدگی، کمبود آب و آتش‌سوزی را می‌توان نام برد. در پژوهش حاضر، بررسی الگوی رفتار طیفی طول موج مادون قرمز نزدیک نشان داد که مقدار این طول موج در اولین دوره رویشی پس از اجرای برش بهداشتی (۱۳۹۳) تغییر چندانی نداشته است، اما تحلیل آماری نشان داد که تفاوت میانگین بازتاب طول موج مادون قرمز نزدیک، حدود ۴/۵ سال پس از اجرای برش بهداشتی (۱۳۹۷) در مقایسه با سال قبل از برش از نظر آماری معنی‌دار است ($p < 0/01$). به نظر می‌رسد که این مقدار افزایش بازتاب به‌دلیل جست‌گروه‌ها و برگ‌های سبز و جدیدی است که پس از برش بهداشتی رویش

توجه به روند افزایشی مقادیر باند مادون قرمز نزدیک و همچنین همه شاخص‌ها در طول سال‌های پس از اجرای برش بهداشتی، می‌توان بخش زیادی از تغییرات را حاصل اجرای برش بهداشتی و بهبود وضعیت جنگل‌ها قلمداد کرد. این نتیجه با یافته‌های تحقیق میدانی (Najafifar et al. 2018) که با هدف بررسی توانایی برش‌های بهداشتی در جنگل‌های مله‌سیاه استان ایلام انجام گرفت، همخوانی دارد و می‌توان از نتایج چنین پژوهش‌هایی برای مناطقی که به اجرای برش‌های بهداشتی نیاز است، استفاده کرد.

با توجه به نتایج، پژوهش حاضر نشان داد که الگوی رفتار طیفی باند مادون قرمز و شاخص‌های گیاهی پس از اجرای برش بهداشتی روند صعودی دارد و مقدار تغییرات مقادیر طیفی بعد از گذشت حدود ۴/۵ سال از برش بهداشتی از نظر آماری معنی‌دار است. همچنین نتایج بررسی شاخص‌های گیاهی مختلف نشان داد که شاخص تفاوت نرمال‌شده آب یا رطوبت که به خشکی حساسیت بیشتری دارد، نشان‌دهنده بیشترین تغییرات رفتار طیفی است.

اثرهای اتمسفری قرار می‌گیرد (Gao, 1996). در تحقیق (Crosby et al. 2012) درباره سرخشکیدگی بلوط در ارتفاعات Ozark، نتیجه گرفته شد که شاخص تفاوت نرمال‌شده رطوبت، بیشترین ارتباط را با سرخشکیدگی درختان دارد. (Walter & Platt 2013) و (Wang et al. 2007) نیز به قابلیت این شاخص در پایش وضعیت سلامت پوشش گیاهی تأکید دارند.

با توجه به نتایج می‌توان دریافت همه شاخص‌های استفاده‌شده نتایج مثبتی دال بر عملکرد برش‌های بهداشتی نشان می‌دهند، زیرا همه آنها از سال بعد از اجرای برش بهداشتی سیر افزایشی داشته‌اند. بعضی از شاخص‌ها این تغییرات را محسوس‌تر نشان داده‌اند، اما در هر حالت، هیچ کدام از آنها بدون تغییر نبوده‌اند یا سیر کاهشی نشان نداده‌اند. این تغییرات بعد از حدود یک سال و نیم از اجرای برش بهداشتی (سال ۱۳۹۴ به بعد) به دلیل استقرار بهتر جست‌ها و شاخه و برگ‌های نورسته، روند مشخص‌تری دارد.

رفتار طیفی شاخص‌های پوشش گیاهی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و مقدار بارندگی نیز قرار می‌گیرد، اما با

References

- Babst, B., Esper, J., & Parlow, E. (2010). Landsat TM/ETM+ and tree-ring based assessment of spatiotemporal patterns of the nautumnal moth (*Epirrita autumnata*) in northernmost Fennoscandia. *Remote Sensing of Environment*, 114, 637–646.
- Barazmand, S., Shataee Joybari, Sh., & Abdi, O. (2012). Recognition possibility of trees dieback using high resolution satellite image of QuickBird (Case study: Shastkolateh forest, Gorgan). *Iranian Journal of Forest and Polar Research*, 19(4), 466-477.
- Bareta, F., Clevers, J.G.P.W., & Steven, M.D. (1995). The robustness of canopy gap fraction estimates from red and near-infrared reflectances: A comparison of approaches. *Remote Sensing of Environment*, 54(2), 141-151.
- Chang, L., Peng-Sen, S., & Shi-Rong, L. (2016). A review of plant spectral reflectance response to water physiological changes. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 40(1), 80–91.
- Clevers, J.G.P.W. (1988). The derivation of a simplified reflectance model for the estimation of leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 35, 53- 70.
- Crosby, K.M., Fan, Z.H., Spetich, M., Leininger, D.T., & Fan, X. (2012). Remote Sensing of Forest Health Indicators for Assessing Change in Forest Health. In K. Merry, P. Bettinger, T. Lowe, N. Nibbelink, J. Siry (Eds.). *Proceedings of the 8th Southern Forestry and Natural Resources GIS Conference*, Warnell School of Forestry and Natural Resources, University of Georgia, Athens, GA.

- Fallah, A., & Haidari, M. (2018). Investigating of oak decline in diameter classes in Sarab-Kazan forests of Ilam. *Iranian Journal of Forests*, 9(4), 499-510.
- Gao, B.C. (1996). NDWI- a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3), 257-266.
- General department of natural resources of Kermanshah province (2012). *Oak Drought Assessment Report*.
- Gooshbor, L., Pir Bavaghar, M., Amanollahi, J., & Ghobari, H. (2016). Monitoring infestations of oak forests by *Tortrix viridana* (Lepidoptera: Tortricidae) using remote sensing. *Plant Protection Sciences*, 52(4), 270-276.
- Hosseinzadeh, J., & Pourhashemi, M. (2015). An investigation on the relationship between crown indices and the severity of oak forest decline in Ilam. *Iranian Journal of Forest*, 7(1), 57-66.
- Huete, A.R. (1998). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25(3), 295-309.
- Kelly, N.M. (2002). Monitoring sudden oak death in California using high-resolution imagery. In Standiford, Richard B., et al, tech. (Eds.). *Proceedings of the Fifth Symposium on Oak Woodlands: Oaks in California's Challenging Landscape*. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-184, Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, US Department of Agriculture, 184, 799-810.
- Knipling, E.B. (1970). Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 1(3), 155-159.
- Mahiny, A.S., & Turner, B.J. (2007). A comparison of four common atmospheric correction methods. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 73(4), 361-368.
- Najafifar, A., Hosseinzadeh, J., Pourhashemi, M., & Hosseini, A. (2018). Investigation on the role of sanitary cuts in survival and vitality of exposed dieback Persian oak trees in Zagros Forests (Case Study, Melahsiah Forest, Ilam Township). *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 25(3), 49-60.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., & Deering, D.W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, In S.C. Freden, E.P. Mercanti, & M. Becker (eds). *Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Volume I: Technical Presentations, NASA SP-351, NASA*, (pp. 309-317). Washington, D.C.
- Tavakoli, M., & Piroozi, F. (2011). Preliminary study of the causes of oak drought in the forests of Bloran-Koohdasht. *Proceedings of the National Conference on central Zagros Forests, Capabilities and Bottlenecks*, 1-6.
- Tyagi, P., & Bhosle, U. (2011). Atmospheric correction of remotely sensed images in spatial and transform domain. *International Journal of Image Processing*, 5(5), 564-579
- 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), 70-78.
- Walter, J.A., & Platt, R.V. (2013). Multi-temporal analysis reveals that predictors of mountain pine beetle infestation change during outbreak cycles. *Forest Ecology and Management*, 302, 308-316.
- Wilson, B.A., Luther, J.E., & Stuart, T.D.T. (1998). Spectral reflectance characteristics of dutch elm disease. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 24(2), 200-205.
- Zakery 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 Forests*, 5(4), 443-456.
- Zhang, C., & Kovacs, J.M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*, 13(6), 693-712.



Research Article

The effect of sanitation cutting treatment on the spectral signature pattern of oak decline forests

Zh. Khodami¹, M. Pir Bavaghar^{2*}, and H. Ghazanfari³

¹M.Sc. of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, I. R. Iran

²Associate Prof., Dept. of Forestry & the Center for Research & Development of Northern Zagros Forestry, University of Kurdistan, I. R. Iran

³The Late Associate Prof., Dept. of Forestry & the Center for Research & Development of Northern Zagros Forestry, University of Kurdistan, I. R. Iran

(Received: 15 November 2020, Accepted: 12 January 2021)

Abstract

One of the problems of Zagros forests is the phenomenon of oak dieback, that its control is one of the important factors to prevent the destruction of forests. One of the proposed solutions to control this phenomenon is implementation of sanitary cutting. Remote sensing data has made it possible to monitor the areas involved in this phenomenon. The purpose of this study was to investigate the spectral behavior of exposed dieback forests before and after sanitary cutting in Guilan_e_Gharb forests. To monitor the pattern of spectral behavior, Landsat 8 satellite images were used from one year before sanitary cutting (2013) to 2018. After atmospheric correction of satellite images, NDVI, WDVI, SAVI and NDWI vegetation indices were prepared using spectral ratios of the main bands. A total of 30 points were selected scattered throughout the region and the spectral value of near-infrared band and vegetation indices were extracted at the selected points. The results showed that the spectral behavior had an upward trend until the last year of monitoring. The results of comparison of means test on the data of 2013-2018 showed that the differences between the means of all bands were statistically significant. Although the spectral behavior of vegetation indices is also affected by climate change and rainfall, but due to the increasing trend of near-infrared and vegetation indices during the years after sanitation cutting, a large part of the changes can be contributed to the result of sanitary cutting and improvement of the forest conditions.

Keywords: Sanitary cutting, Oak dieback, Landsat.