اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴

The 1st National Conference on
Geospatial Information Technology
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
19 - 20 January 2016

مقایسه منحنی انعکاس طیفی سطح رو و پشت برگ سبز و زرد گونه‌های شالک، توت و انجیر با استفاده از طیف‌سنجی زمینی و شاخص‌های گیاهی

حامد کاچار[1*]، احمد معدنچی[2]، مهدی مدیری[3]، حمید عنایتی[4] و علیرضا وفسیان[5]

۱- کارشناسی ارشد مهندسی سنجش از دور، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۲- کارشناسی ارشد مهندسی الکترونیک، مجتمع دانشگاهی آمایش و پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر
۳- دانشیار، مجتمع دانشگاهی آمایش و پدافند غیرعامل ، دانشگاه صنعتی مالک اشتر
۴- کارشناسی ارشد فتوگرامتری، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۵- کارشناسی ارشد ژئودزی، دانشکده فنی، دانشگاه تبریز

چکیده :

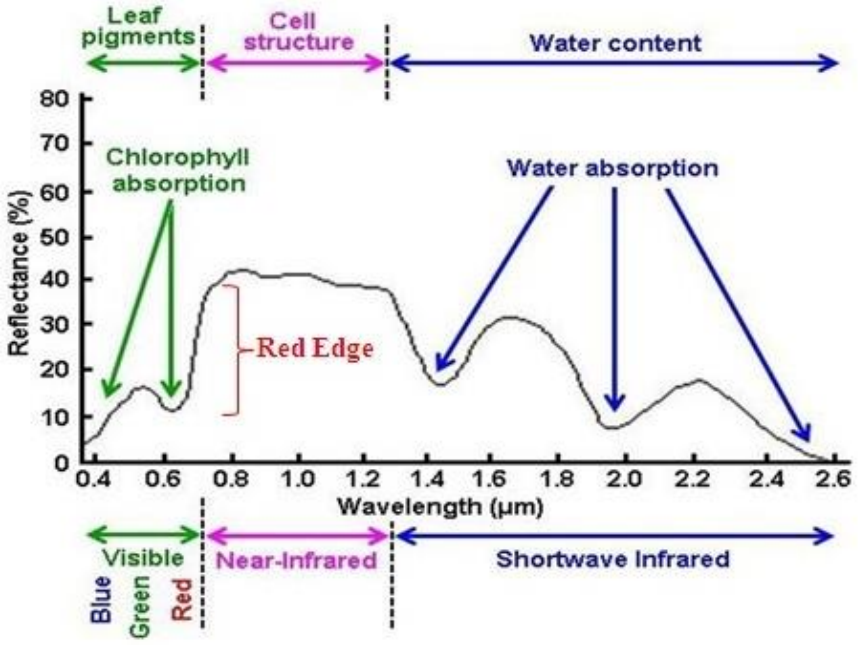
با توجه به یکسان نبودن زاویه برگ‌ها، شاخه‌ها و فضای درونی تاج‌پوشش درختان، بازتاب ثبت‌شده در سنجنده‌های سنجش از دوری از توده وتاج‌پوشش درخت، علاوه بر سطح رویی برگ می‌تواند متاثر از سطح پشت‌برگ نیز باشد. ازاین‌رو، بررسی بازتاب طیفی سطح پشت‌برگ علاوه بر بازتاب طیفی سطح روی‌برگ، امری اجتناب‌ناپذیر و منطقی محسوب می‌گردد. همچنین، در مطالعات و کاربردهای سنجش از دور، فصول نقش تعیین‌کننده‌ای را ایفا می‌نمایند، لذا هدف از پژوهش حاضر اندازه‌گیری و مقایسه‌ی بازتاب طیفی سطح رو و پشت برگ سبز و زرد(خزان‌زده)، می‌باشد. در این پژوهش، برای اندازه‌گیری‌های طیفی، از دستگاه طیف‌سنجی LAMBDA 950 استفاده شد. شاخص‌های طیفی SIPI، NDI و PSRI نیز بمنظور مقایسه‌ی منحنی‌های انعکاس طیفی اندازه‌گیری‌شده، بکار گرفته شد. ارزش‌های بدست‌آمده از محاسبه شاخص NDI ، حاکی از آن است که در محدوده‌ی مرئی، جذب طیفی کلروفیل در سطح پشت‌برگ کمتر از سطح روی برگ سبز در هر سه گونه است. مقادیر شاخص‌های SIPI و PSRI برای نمونه‌برگ‌های زرد نسبت به سبز در هر سه گونه بیش‌تر است.

واژه‌های کلیدی : طیف‌سنجی زمینی، شاخص‌های طیفی، سطح رو و پشت برگ سبز و زرد (خزان‌زده)

نویسنده مکاتبه کننده : حامد کاچار
آدرس پستی : ایران، تهران، خیابان ولیعصر، تقاطع میرداماد، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده نقشه‌برداری
تلفن : ۸۸۸۸۲۹۹۱
آدرس پست الکترونیک : hamedkachar@gmail.com

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر با توجه به توسعه‌ی روزافزون نسل جدید سنجنده‌های سنجش از دوری (سنجنده‌های هوایی و فضایی ابرطیفی) و با افزایش قدرت تفکیک طیفی در حدود ۱۰-۱ نانومتر، آگاهی دقیق از انعکاس طیفی پدیده‌ها، امری لازم، ضروری و اجتناب‌ناپذیر محسوب می‌گردد و راهکار اساسی برای آگاهی یافتن از چگونگی انعکاس طیفی پدیده‌ها، استفاده از علم طیف‌سنجی زمینی می‌باشد. امروزه طیف‌سنجی زمینی جایگاه ویژه‌ای را در سنجش از دور به خود اختصاص داده و به منظور تولید اثر انگشت طیفی و در نهایت ایجاد کتابخانه‌های طیفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اهمیت پوشش گیاهی، در طی سال‌های گذشته مطالعات زیادی در مورد تهیه خصوصیات طیفی پدیده‌های مختلف به ویژه پوشش گیاهی انجام شده است[۱،۲،۳و۴]. خصوصیات طیفی گیاهان در طول موج‌های مختلف تحت تاثیر ساختار درون و برون سلولی برگ، همچنین وجود، غلظت و ترکیب مواد بیوشیمیایی از جمله کلروفیل، نیتروژن و میزان آب موجود در گیاه و عوامل مورفولوژیک می‌باشد. وضعیت بسیاری از این عوامل نیز به مراحل مختلف در طول دوره رویش برگ بستگی دارد[۵]. پژوهش‌های انجام شده، نشان داده که هر یک از عوامل یاد شده در یک یا چند طول موج خاص دارای اثر بارزتری می‌باشد. به طور کلی مشخصه طیفی برگ همه گیاهان در سه محدوده مشخص و بارز طول موج بررسی می‌گردد: ۱- محدوده طول موج مرئی از ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر، ۲- محدوده مادون قرمز نزدیک از ۷۰۰ تا ۱۳۰۰ نانومتر و ۳- محدوده مادون قرمز میانی و دور از ۱۳۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر(شکل۱).



شکل۱: منحنی انعکاس طیفی گیاهان

در محدوده مرئی، منحنی انعکاس طیفی برگ تحت تاثیر جذب طیفی رنگدانه‌هایی از قبیل کلروفیل، کارتنوئید، گزانتوفیل و آنتوسیانین‌ها می‌باشد. حداکثر انعکاس در بخش مرئی در طول موج ۰/۵۵ میکرومتر (سبز) می‌باشد. در محدوده‌ی ۷۴۰-۶۸۰ نانومتر، انعکاس طیفی پوشش گیاهی به یکباره افزایش پیدا می‌کند. شیب شدید منحنی در این محدوده، دیواره‌ای را به وجود می‌آورد که به لبه قرمز و محدوده‌ی طیفی مربوط به آن، به محدوده لبه قرمز معروف است(شکل۱)[۶]. محدوده لبه قرمز به عنوان بارزترین محدوده در تمایز مشخصه طیفی پوشش گیاهی از پدیده‌های دیگر و همچنین حساس‌ترین منطقه به میزان غلظت کلروفیل، نیتروژن و ساختار سلولی برگ و متغیرهایی در رابطه با ساختار تاج پوشش گیاه از جمله شاخص سطح برگ و همچنین شرایط سلامت گیاه از نظر استرس و آلودگی می‌باشد[۷]. افزایش انعکاس در این محدوده ناشی از وضعیت ساختار سلولی گیاه می‌باشد[۸]. در محدوده مادون قرمز

نزدیک، عامل اصلی تاثیرگذار بر جذب طیفی، ساختار درونی برگ می‌باشد. در این محدوده از میزان جذب نور کاسته شده و نور رسیده به برگ تا عمق بیش‌تری در بافت برگ نفوذ می‌کند، که منتج به افزایش میزان انعکاس و عبور می‌شود. در طی مراحل رشد گیاه در طول دوره رویش، تغییرات بسیار مهم و بارزی در محدوده مادون قرمز نزدیک دیده می‌شود، به طوریکه با تکامل رویش برگ و نزدیک شدن به فصل خزان، از هوای موجود در مزوفیل برگ و میزان رطوبت آن کاسته می‌شود. تغییرات ایجاد شده در فضای درون سلولی برگ منجر به افزایش انعکاس طیفی می‌شود. زمانی که گیاه دچار استرس خشکی می‌شود، نیز گیاه با چنین پاسخ‌های طیفی مواجه می‌گردد[۹]. چگونگی انعکاس طیفی گیاه در محدوده مادون قرمز میانی و دور (۲۵۰۰-۱۳۰۰ نانومتر) تحت تاثیر رطوبت برگ و مواد شیمیایی از جمله سلولز، لیگنین، پروتئین و نشاسته می‌باشد[۱۰]. زمانی که گیاه دچار استرس کم‌آبی می‌گردد، انعکاس و عبور طیفی در این محدوده طیفی افزایش پیدا می‌کند و پاسخ طیفی گیاه در اثر استرس خشکی در محدوده مادون قرمز میانی و دور نسبت به محدوده‌های مرئی و مادون قرمز نزدیک سریع‌تر می‌باشد[۹].

اساس تولید داده‌های سنجش از دوری و تصاویر ماهواره‌ای، ثبت بازتاب طیفی پدیده‌های مختلف می‌باشد. با توجه به این که بازتاب ثبت شده در سنجنده‌های سنجش از دوری از توده وتاج پوشش درخت، می‌تواند به علت تفاوت زاویه‌برگ‌ها، شاخه‌ها و همچنین فضای درونی تاج پوشش، با بازتاب نمونه برگ همان درخت متفاوت باشد، از این رو ضروری است که علاوه بر بازتاب طیفی سطح رویی برگ، سطح زیرین برگ نیز مورد بررسی قرار گیرد. همچنین، در مطالعات و کاربردهای سنجش از دور، فصول نقش تعیین‌کننده‌ای را ایفا می‌نمایند، لذا در پژوهش حاضر علاوه بر بازتاب طیفی سطح رویی و سطح زیرین برگ سبز، بازتاب طیفی برگ‌های زرد شده(خزان‌زده) بواسطه‌ی تغییر فصل نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مقاله‌ی حاضر در چهار بخش اصلی تدوین شده است. در بخش نخست، مقدمه‌ای در ارتباط با اهمیت طیف‌سنجی زمینی، شکل استاندارد منحنی طیفی گیاهان و عوامل تاثیرگذار بر منحنی انعکاس طیفی گیاهان ارائه گردید. در بخش دوم، پس از معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه، روند و چگونگی انجام آزمایشات طیف‌سنجی زمینی تشریح می‌گردد. نتایج آزمایشات در بخش سوم ارائه می‌شود. در بخش چهارم، به بحث در خصوص نتایج حاصل و ارائه‌ی پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی پرداخته خواهد شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه‌ی مورد مطالعه

باغ گیاهشناسی ملی ایران که از جمله مراکز آموزشی- تحقیقاتی می‌باشد، که در آن مجموعه‌هایی از گیاهان به صورت زنده به منظور انجام بررسی‌های اکولوژیکی، مطالعات و تحقیقات سازگاری و حفاظت از گونه‌های در معرض انقراض نگهداری می‌شوند، به عنوان منطقه‌ی مورد مطالعه انتخاب (شکل۲) و نمونه‌ها از این باغ جمع‌آوری شد. باغ گیاهشناسی ملی ایران به وسعت ۱۴۵ هکتار در دامنه‌ی جنوبی رشته کوه البرز مرکزی در اراضی چیتگر، در شمال غربی تهران (محدوده‌ی شهرداری منطقه‌ی ۲۲)، در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۱ دقیقه‌ی شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۹ دقیقه‌ی شرقی، در ارتفاع ۱۳۲۰ متری از سطح دریا، واقع گردیده است. لازم به ذکر است که این باغ به عنوان جامع‌ترین، بزرگ‌ترین و زیباترین باغ گیاهشناسی در منطقه‌ی خاورمیانه (با وسعت ۱۴۵ هکتار) شناخته می‌شود.

۲-۲- طیف‌سنجی

طیف‌سنجی یا طیف‌نگاری در مفهوم عام آن عبارت است از تهیه منحنی بازتاب پدیده یا پدیده‌های مورد نظر در محدوده طول موج‌های مشخص[۱۱]. طیف‌سنجی می‌تواند به دو صورت زمینی و تصویری صورت گیرد. اندازه‌گیری به

روش طیف‌سنجی زمینی می‌تواند در آزمایشگاه و یا در محیط‌های واقعی، انجام پذیرد. اسپکتروفتومترها و اسپکترورادیومترها برای این اندازه‌گیری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. بر حسب این که اندازه‌گیری در طبیعت و یا در شرایط آزمایشگاهی است، منبع نور می‌تواند به ترتیب نور طبیعی (خورشید) و یا نور مصنوعی (لامپ) باشد. لازم به ذکر است، در پژوهش حاضر، طیف‌سنجی زمینی در آزمایشگاه انجام شده و در ادامه، روند انجام آزمایش‌ها تشریح می‌شود.

شکل۲: باغ گیاهشناسی ملی ایران

۲-۲-۱- دستگاه طیف‌سنجی

در پژوهش حاضر از دستگاه (طیف‌سنجی) اسپکتروفتومتر LAMBDA 950 (شکل۳)[۱۲]، با دامنه طول موج طیفی کامل ۳۳۰۰-۱۷۵ نانومتر استفاده شد. مشخصات کلی دستگاه طیف‌سنج LAMBDA 950 در جدول۱، درج شده است. لازم به ذکر است برای کالیبره نمودن دستگاه طیف‌سنج از صفحه‌ی سفید مبنای اسپکترولون که به شکل یک لوح فشرده می‌باشد، استفاده شده است.

شکل۳: دستگاه اسپکتروفتومتر LAMBDA 950

جدول۱: مشخصات کلی دستگاه اسپکتروفتومتر LAMBDA 950 [۱۲]

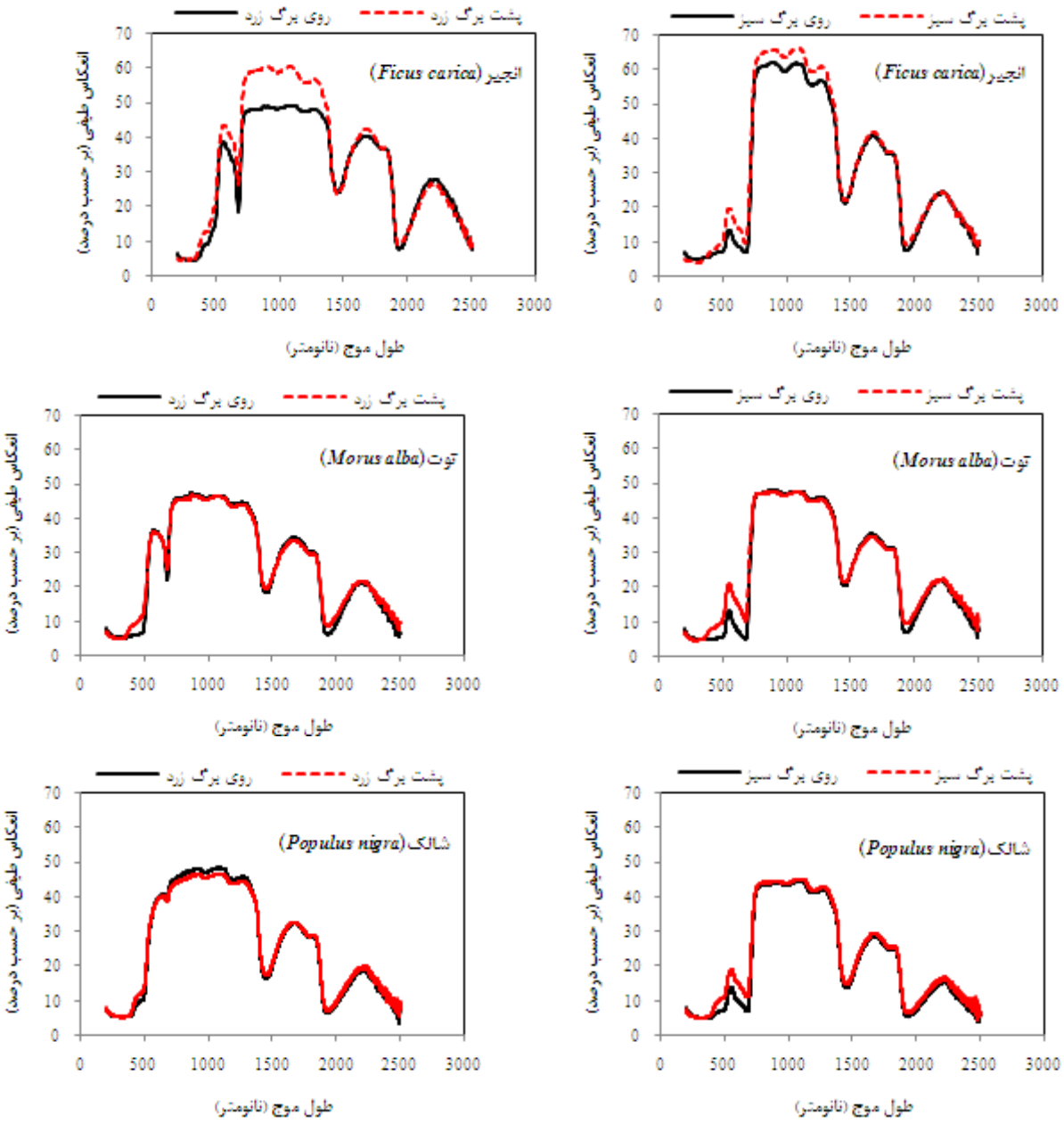
عنوان	مشخصات
منبع تابش	لامپ تنگستن- هالوژن، لامپ دوتریم
نوع نمونه	مایع در حالت جذب، جامد در حالت انعکاس
آشکارساز	فوتومولتی پلایر مدل R6872 برای طول موج UV/VIS آشکارساز Pbs برای محدوده‌ی طول موج NIR
قدرت تفکیک (UV/VIS)	nm۰/۰۵≤
قدرت تفکیک ناحیه‌ی (NIR)	nm۰/۲≤
ابعاد دستگاه(W×D×H)	mm۳۰۰mm×۷۴۰mm×۱۰۲۰

۲-۲-۲- نمونه‌ها و اندازه‌گیری طیفی

به منظور فراهم آوردن شرایط یکسان نمونه‌برداری، شاخه‌ها و نمونه‌برگ‌ها در جهتی که تاج بیش‌ترین میزان نـور را در طول روز دریافت می‌کند، قطع و بـرای حفـظ طـراوت و جلـوگیری از کـاهش آب موجـود در بـرگ، نمونـه‌بـرگ‌هـای جداسازی‌شده(جدول۲) توسط کمپلکس یخ و آب به آزمایشگاه منتقل و در نهایت انـدازه‌گیـری‌هـا بـا قـدرت تفکیـک طیفی ۵ نانومتر با استفاده از دستگاه LAMBDA 950، انجام شد (شکل۴).

جدول۲: نمونه برگ‌های گونه‌های انجیر، توت و شالک

	انجیر (Ficus carica)	توت (Morus alba)	شالک (Populus nigra)
روی سبز			
پشت سبز			
روی زرد			
پشت زرد			



شکل۴: منحنی‌های انعکاس طیفی رو و پشت نمونه برگ‌های سبز و زرد گونه‌های انجیر، توت و شالک

با توجه به شکل۴، تغییرات محسوسی در محدوده‌ی مرئی برای منحنی‌های انعکاس طیفی رو و پشت برگ سبز هر سه گونه دیده می‌شود. بیشتر بودن انعکاس طیفی سطح زیرین نسبت به سطح روی برگ سبز در هر سه گونـه‌ی فـوق، در محدوده‌ی مرئی، می‌تواند ناشی از جذب طیفی کمتر رنگدانه‌ها در سطح زیرین باشد. در محدوده‌ی مادون قرمز نزدیـک تفاوت چندانی میان انعکاس طیفی رو و پشت برگ‌های سبز و زرد گونه‌های توت و شـالک دیـده نمـی‌شـود؛ امـا بـرای نمونه‌برگ سبز و زرد انجیر، میزان بازتاب طیفی سطح زیرین نسبت به سطح بالایی آن در محدوده مادون قرمز نزدیـک بیش‌تر است. از آنجا که مشخصه طیفی گیاه در محدوده مادون قرمز نزدیک، عمـدتا مربـوط بـه سـاختار سـلولی گیـاه است، لذا تفاوت ساختار درون‌سلولی نمونه برگ‌های گونه‌ی انجیر نسبت به گونه‌هـای تـوت و شـالک، مـی‌توانـد عامـل اصلی تفاوت انعکاس طیفی سطح رو و پشت برگ سبز و زرد گونه‌ی انجیر در محدوده‌ی مادون قرمز نزدیک باشد.

منحنی‌های انعکاس طیفی نمونه برگ‌های زرد در مقایسه با منحنی‌های انعکاس طیفی نمونه‌برگ‌های سبز هر سه گونه، در محدوده‌ی لبه‌ی قرمز بسیار متفاوت است. طبق شکل۴، شیب لبه‌ی قرمز در منحنی‌های انعکاس طیفی برگ‌های زرد همه‌ی گونه‌ها (بویژه گونه‌ی شالک) نسبت به شیب شدید لبه‌ی قرمز در منحنی‌های انعکاس طیفی نمونه‌برگ‌های سبز، بسیار کاهش یافته است و به نظر می‌رسد، علت این امر افزایش غلظت کارتنوییـد و یا کاهش چشمگیر کلروفیل بواسطه‌ی تاثیر فصل خزان باشد.

۲-۳- شاخص‌های طیفی

ساختار شاخص‌های طیفی به نحوی است که کنتراستی بین یک طول موج مبنا با حداقل حساسیت نسبت به رنگدانه مورد نظر و طول موج دیگری (طول موج شاخص) که حداکثر حساسیت را نسبت به آن رنگدانه دارد، ایجاد می‌کند. محاسبه‌ی این شاخص‌های طیفی بسته به هدف مورد نظر می‌تواند با استفاده از منحنی‌های طیفی اولیه، فیلتر شده و یا تبدیل‌های مختلف از جمله مشتق اول و دوم منحنی طیفی و حذف پیوستار (CR[1]) محاسبه شود[۸]. در مقاله‌ی پیش رو، از تعدادی شاخص‌های طیفی که رابطه‌ی آماری خوبی را با غلظت کلروفیل و نسبت کارتنوئید به کلروفیل دارند، استفاده شده است (جدول۳).

جدول۳: شاخص‌های طیفی مورد استفاده در این پژوهش

شاخص طیفی	رابطه	منبع
SIPI[2]	$SIPI=\frac{R_{800}-R_{445}}{R_{800}-R_{680}}$	[۱۳]
NDI[3]	$NDI=\frac{R_{750}-R_{705}}{R_{750}+R_{705}}$	[۸]
PSRI[4]	$PSRI=\frac{R_{680}-R_{500}}{R_{750}}$	[۱۵]

R: انعکاس طیفی در یک طول موج

شاخص طیفی SIPI، دارای حساسیت زیادی به جذب طیفی نسبت رنگدانه کارتنویید به کلروفیل می‌باشد. همچنین در مقابل تغییرات متغیرهایی در تاج مانند شاخص سطح برگ نیز بسیار حساس می‌باشد. افزایش ناگهانی و بیش از حد ارزش این شاخص طیفی بیانگر افزایش غلظت کارتنوییـد و یا کاهش چشمگیر کلروفیل می‌باشد که می‌تواند نشان‌دهنده‌ی استرس در گیاه باشد. بنابراین در سنجش از دور ابر طیفی برای پایش وضعیت سلامت پوشش گیاهی، تعیین استرس فیزیولوژیکی گیاه و بررسی میزان تولید محصولات کاربرد دارد[۲و۱۳].

در شاخص NDI، از طول موج‌های محدوده لبه قرمز، حساس به غلظت کلروفیل، استفاده می‌شود. این شاخص به علت جذب کلروفیل در طول موج‌های ۷۰۵ و ۷۵۰ نانومتر، نسبت به دامنه وسیعی از تغییرات غلظت کلروفیل در برگ حساس می‌باشد[۸]. شاخص گیاهی NDI، در کشاورزی دقیق، دیده‌بانی جنگل و تعیین استرس پوشش گیاهی کاربرد دارد و محدوده‌ی این شاخص از ۱- تا ۱+ می‌باشد، اما به طور معمول میزان آن برای گیاهان سبز از ۰/۲ تا ۰/۹ می‌باشد[۱۴].

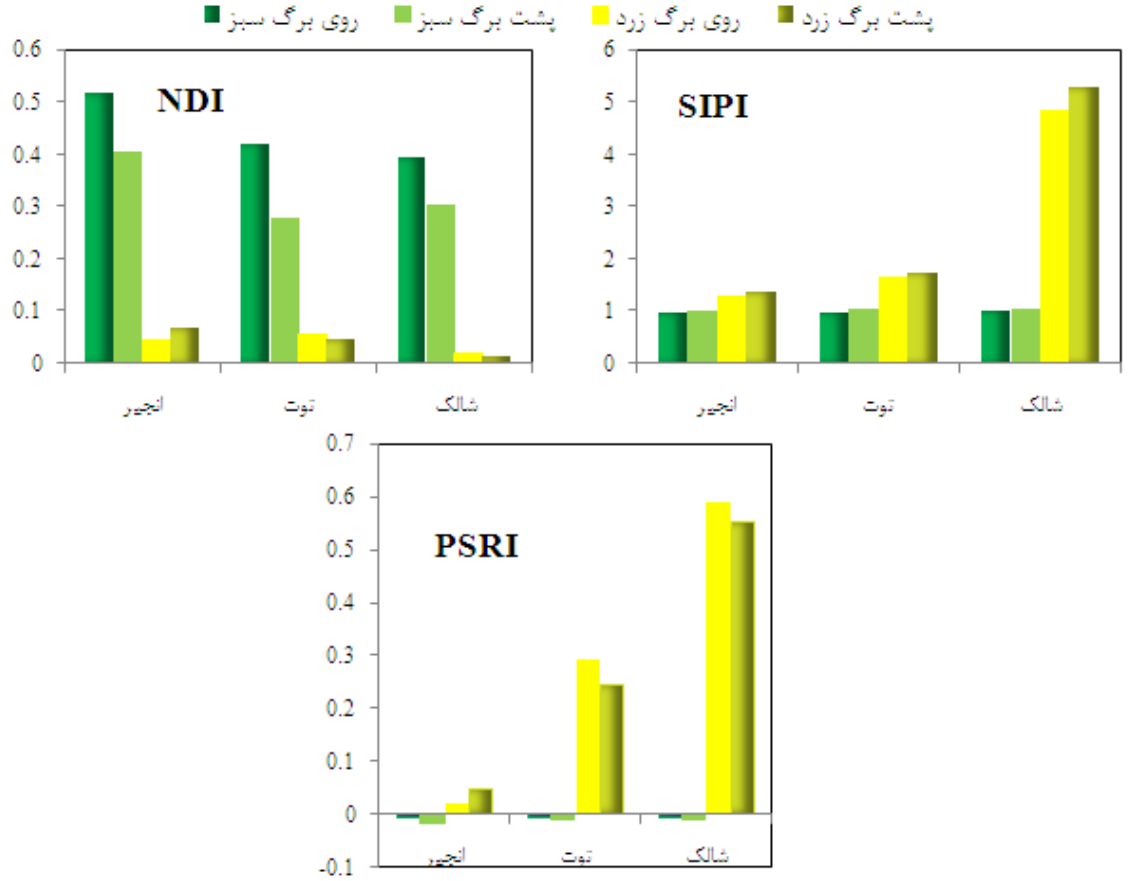
شاخص طیفی PSRI، بیان‌کننده‌ی نسبت تجمع کارتنوییـد به کلروفیل موجود در برگ است. افزایش در PSRI نشان‌دهنده‌ی افزایش استرس، شروع پیری و رسیدگی میوه است. از جمله کاربرد این شاخص، دیده‌بانی سلامت

[1] Continum Removal
[2] Structure Insensitive Pigment Index
[3] Normalized Difference Index
[4] Plant Senescence Reflectance Index

پوشش گیاهی، تعیین استرس فیزیولوژیکی گیاه و آنالیز محصول گیاه مورد نظر می‌باشد. محدوده این شاخص از ۱- تا ۱+ است، اما معمولا برای گیاهان سبز از ۰/۱- تا ۰/۲ متغیر می‌باشد[۱۵].

۳- نتایج

سه شاخص SIPI ، NDI و PSRI برای سه نمونه گونه‌ی درختی انجیر، توت و شالک محاسبه شد(شکل۵).



شکل۵: مقادیر شاخص‌های SIPI، NDI و PSRI برای رو و پشت برگ سبز و زرد سه گونه‌ی انجیر، توت و شالک

۴- نتیجه‌گیری

ارزش‌های بدست آمده از محاسبه شاخص NDI حساس به کلروفیل، حاکی از آن است که در محدوده‌ی مرئی، جذب طیفی کلروفیل در سطح زیرین کمتر از سطح روی برگ سبز در هر سه گونه است. افزایش شاخص SIPI، در پشت برگ سبز نسبت به روی برگ سبز در هر سه گونه، نشان‌دهنده‌ی افزایش نسبی غلظت کارتنویید می‌باشد. همچنین به طور کلی افزایش ناگهانی و بیش از حد ارزش این شاخص طیفی در سطوح برگ زرد نسبت به سطوح برگ سبز هر سه گونه، بیانگر افزایش غلظت کارتنویید و یا کاهش چشمگیر کلروفیل می‌باشد که می‌تواند نشان‌دهنده‌ی استرس و زوال در گیاه باشد. ارزش‌های بدست آمده از محاسبه‌ی شاخص PSRI حاکی از آن است که برگ سبز انجیر با کم‌ترین مقدار شاخص PSRI، سالم‌ترین و جوان‌ترین و برگ زرد گونه‌ی شالک، با بیش‌ترین مقدار شاخص PSRI، پیرترین می‌باشد.

علاوه بر برگ که سهم زیادی را در انعکاس طیفی تاج درخت دارد، شاخه، ساقه و تنه نیز در مجموعه انعکاس طیفی درخت نقش دارند. از این رو پیشنهاد می‌شود، خصوصیات انعکاس طیفی آن‌ها نیز مورد بررسی قرار گیرد و با توجه به

تغییر شاخص سطح برگ درختان در فصل رویش و همچنین تغییر غلظت و ترکیب رنگدانه‌های مختلف، پیشنهاد می‌شود، منحنی انعکاس طیفی گونه‌ها در ماه‌های مختلف سال اندازه‌گیری و با هم مقایسه شود.

مراجع

[1] M., Abbasi, M.E, Schaepman , A., Darvishefat, H.M., Bartholomeus, M.R., Marvi Mohajer, and H., Sobhani, "Spectroradiometric Measurments of Tree Species in the Caspian Forests of Iran", The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Apatial Information Sciences, Part B7, 291-296, 2008.

[2] M., Abbasi, "Investigation of the spectral signature of forest species laef: Fagus orientalis, Quercus castaneifolia, Carpinus betulus, Alnus subcordata, Parotia persica using field spectroradiometry", Ph.D Thesis, University of Tehran, Department of Foresty and Forest Economic, 2009.

[3] H.W., Gausman, and W.A., Allen, " Optical Parameters of Leaves of 30 Plant Species", International journal of Plant Physiology, 52, 57-62, 1973.

[4] M.E., Schaepman, and S.,Dangel, " Solid Laboratory calibration of nonimaging Spectroradiometer", Applied Optics, 39(21), 3754-3764, 2000.

[5] M.L., Clark,., D.A., Roberts and D.B., Clark, " Hyperspectral Discrimination of Tropical Rain Forest Tree Species at Leaf to Crown Scales", Remote Sensing of Enviroment, 96, 375-398, 2005.

[6] S., Seager, E.L., Turner, J., Schafer and E.B., Ford, "Vegetation red edge: A Possible Spectroscopic Biosignature of Extraterrestrial Plants", Astrobiology, 5, 372-390, 2005.

[7] O., Mutanga, and A.K., Skidmore, "Red Edge Shift and Biochemical Content in Grass Canopies", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 62, 34-42, 2007.

[8] G., Le Maire, C., Francios and E., Dufrene, "Towards Universal Broad Leaf Chlorophyll Indices Using PROSPECT Simulated Database and Hyperspectral Reflectance Measurments", Remote Sensing of Environment, 89, 1-28, 2004.

[9] M.E., Schaepman, "Spectrodirectional Remote Sensing: From Pixels to Processes", International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 9, 204-223, 2007.

[10] T., Fourty, F., Baret, S., Jacquemoud, G., Schmuck and J., Verdebout, "Leaf Optical Properties with Explict Description of its Biochemical Composition:Direct and Inverse Problems", Remote Sensing of Environment, 56, 104-117, 1996.

[11] W.E., Schneider and R., Young, "Spectroradiometry Methods: A guide to photometry and visible spectroradiometry", Application Note, Optronic Laboratories, INC. pp, 47, 1998.

[12] http://www.perkinelmer.com

[13] J., Penuela, F., Baret and I., Filella, "Semi-Empirical Indices to Assess Cartenoidas/Chlorophyll a ratio from Leaf Spectral Reflectance", Photosynthetica, 31, 221-230, 1955.

[14] A.A., Gitelson and M.N., Merzlyak, "Spectral Reflectance Changes Associated with Autumn Senescence of Aesculus Hippocastanum L. and Acer Platanoides L. Leaves. Spectral Features and Relation to Chlorophyll Estimation", Journal of Plant Physiology 143, 286-292, 1994.

[15] J.R., Merzlyak, A.A., Gitelson, O.B., Chivkunova and V.U., Rakitin, "Non-destructive Optical Detection of Pigment Changes During Leaf Senescence and Fruit Ripening", Physiologica Plantarum 106, 135-141, 1999.

Comparison of adaxial and abaxial spectral reflectance of green and yellow leaves of populus nigra, Morus alba and ficus carica using field spectroradiometer and spectral indices

H. Kachar [1]*, A. Madanchi[2] , , M. Modiri [3], H. Enayati [4], A. R. Vafsian [5]

1-Ms.c of remote sensing in Department of RS, College of Geomatics, K.N. Toosi University of Technology.
2-Ms.c of electronic in Department of Geomatic Engineering, Malek Ashtar University of Technology.
3- Associate Prof of Geomatic in Department of Geomatic Engineering, Malek Ashtar University of Technology.
4- Ms.c of photogrammetry in Department of photogrammetry, College of Geomatics, K.N. Toosi University of Technology.
5- Ms.c of Geodesy, Civil Engineering Faculty, Tabriz University.

Abstract

Diversity of the leaves and branch angles of the tree crowns results in differentiation the spectral reflectance of the tree crowns. Hence, it is necessary to study spectral reflectance of both adaxial and abaxial surfaces of the leaves. Such information is necessity for modeling the reflectance of tree crown and forest stands. The main objective of this study was to obtain the spectral reflectance of both adaxial and abaxial of green and yellow leaves of populus nigra, Morus alba and ficus carica to investigate their spectral differences using spectral indices.

spectroradiometric measurements were performed using a spectrophotometer (LAMBDA 950). Spectral measurements cover the wavelength range between 350 – 2500 nm. For more detailed investigation of spectral reflectance difference for these three species, spectral indices were calculated and statistically analyzed. The value of adaxial NDI index was found to be higher than abaxial for three species. In contrast, the values of yellow SIPI and PSRI indices were higher than fresh ones.

Keywords: Spectral reflectance, adaxial and abaxial surface of green and yellow leaves, Spectral index.

Correspondence Address: Faculty of Geodesy and Geomatics Eng., K.N. Toosi university of Technology, Mirdamad Cross, Tehran, Iran.

Tel: +98 21 88882991.

Email: hamedkachar@gmail.com

* Corresponding author