برنامه ریزی مکان محور، ضرورت مدیریت راهبردی

سازمان نقشه برداری کشور

وابسته به معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

بیستمین همایش و نمایشگاه ملی ژئوماتیک ۹۲

بسمه تعالی

پژوهشگران گرامی:

حامد کاچار، احمد معدنچی، علیرضا صفدری نژاد، حمید دهقانی، علی اکبر آبکار، کیومرث موسی زاده

بدین وسیله از حضور ارزنده شما و ارائه مقاله علمی تحت عنوان "بررسی تفاوت انعکاس طیفی سطح رو و پشت برگ سبز و زرد گونه های انجیر، توت و سالک با استفاده از طیف سنجی زمینی و شاخص های گیاهی" به صورت پوستری در بیستمین همایش ملی نقشه و اطلاعات مکانی (ژئوماتیک ۹۲) تشکر و قدردانی می گردد.

از درگاه خداوند سبحان سلامتی، سعادت و توفیق روزافزون برایتان آرزومندیم.

هادی واعظی

معاون فنی سازمان نقشه برداری کشور

و دبیر کل همایش

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

حامد کاچار[1]، احمد معدنچی[2]، علیرضا صفدری‌نژاد[3]، حمید دهقانی[4]، علی‌اکبر آبکار[5]، کیومرث موسی‌زاده[6]

1. کارشناسی ارشد مهندسی سنجش از دور، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
Hamedkachar@gmail.com
2. کارشناسی ارشد مهندسی برق (الکترونیک)، مجتمع دانشگاهی آمایش و پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر
ahmad.madanchi@gmail.com
3. دانشجوی دکتری سنجش از دور، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
safdari_nezhad@sina.kntu.ac.ir
4. استادیار، مجتمع دانشگاهی آمایش و پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر
hamid-deh@yahoo.com
5. استادیار گروه مهندسی سنجش از دور، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
abkar@kntu.ac.ir
6. کارشناسی ارشد مهندسی برق (الکترونیک)، مجتمع دانشگاهی آمایش و پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر
kiomarskms@yahoo.com

چکیده

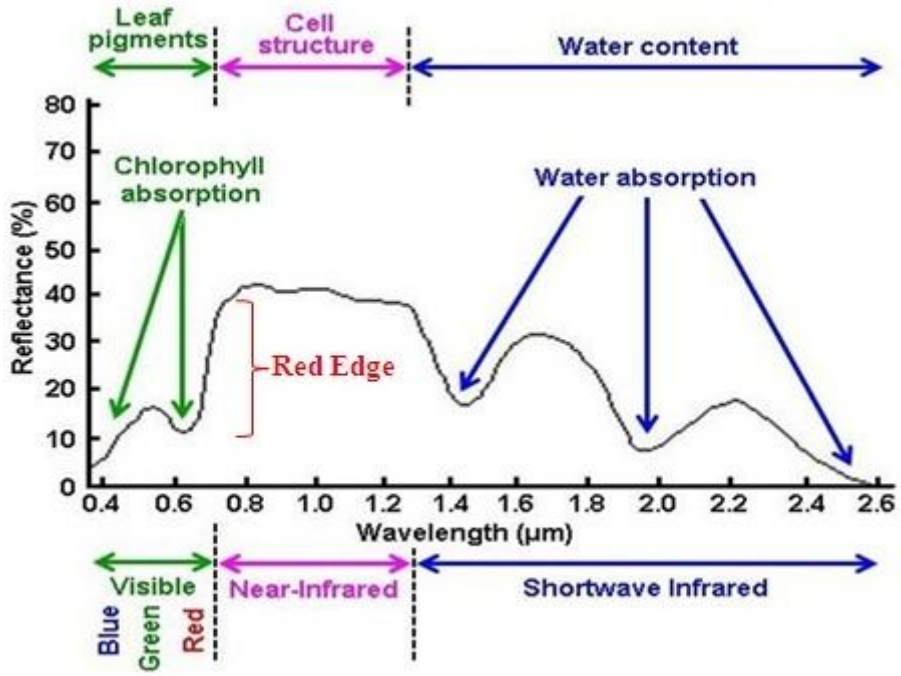
با توجه به یکسان نبودن زاویه برگ‌ها، شاخه‌ها و فضای درونی تاج‌پوشش درختان، بازتاب ثبت‌شده در سنجنده‌های سنجش از دوری از توده وتاج‌پوشش درخت، علاوه بر سطح رویی برگ می‌تواند متاثر از سطح پشت‌برگ نیز باشد. ازاین‌رو، بررسی بازتاب طیفی سطح پشت‌برگ علاوه بر بازتاب طیفی سطح روی‌برگ، امری اجتناب‌ناپذیر و منطقی 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 وزرد(خزان‌زده)

1- 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 10-1 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[1و2و5و12]. 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[3]. 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: 1- محدوده طول موج مرئی از 400 تا 700 نانومتر، 2- محدوده مادون قرمز نزدیک از 700 تا 1300 نانومتر و 3- محدوده مادون قرمز میانی و دور از 1300 تا 2500 نانومتر(شکل1).



شکل1. 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 0/55 میکرومتر (سبز) می‌باشد. در محدوده‌ی 740-680 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[1] و محدوده‌ی طیفی مربوط به آن، به محدوده لبه قرمز معروف است(شکل1)[15]. 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[10]. افزایش انعکاس در این محدوده ناشی از وضعیت ساختار سلولی گیاه می‌باشد[8]. 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[13]. چگونگی انعکاس طیفی گیاه در محدوده مادون قرمز میانی و دور (1300-2500 نانومتر) تحت تاثیر رطوبت برگ و مواد شیمیایی از جمله سلولز، لیگنین، پروتئین و نشاسته می‌باشد[4]. 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[13].

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.

2- مواد و روش‌ها

2-1- 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 (شکل2) و نمونه‌ها از این باغ جمع‌آوری شد. باغ گیاهشناسی ملی ایران به وسعت 145 هکتار در دامنه‌ی جنوبی رشته کوه البرز مرکزی در اراضی چیتگر، در شمال غربی تهران (محدوده‌ی شهرداری منطقه‌ی 22)، در عرض جغرافیایی 35 درجه و 41 دقیقه‌ی شمالی و طول جغرافیایی 51 درجه و 19 دقیقه‌ی شرقی، در ارتفاع 1320 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 145 هکتار) شناخته می‌شود.

شکل2. باغ گیاهشناسی ملی ایران

2-2- طیف‌سنجی

طیف‌سنجی یا طیف‌نگاری در مفهوم عام آن عبارت است از تهیه منحنی بازتاب پدیده یا پدیده‌های مورد نظر در محدوده طول موج‌های مشخص[14]. 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.

2-2-1- دستگاه طیف‌سنجی

در پژوهش حاضر از دستگاه (طیف‌سنجی) اسپکتروفتومتر LAMBDA 950 (شکل3)[7]، با دامنه طول موج طیفی کامل 175-3300 نانومتر استفاده شد. مشخصات کلی دستگاه طیف‌سنج LAMBDA 950 در جدول1، درج شده است. لازم به ذکر است برای کالیبره نمودن دستگاه طیف‌سنج از صفحه‌ی سفید مبنای اسپکترولون[2] که به شکل یک لوح فشرده می‌باشد، استفاده شده است.

شکل3. دستگاه اسپکتروفتومتر LAMBDA 950

جدول1، مشخصات کلی دستگاه اسپکتروفتومتر LAMBDA 950 [7]

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)	≤0/05nm
قدرت تفکیک ناحیه‌ی (NIR)	≤0/2nm
ابعاد دستگاه(W×D×H)	1020mm×740mm×300mm

2-2-2- نمونه‌ها و اندازه‌گیری طیفی

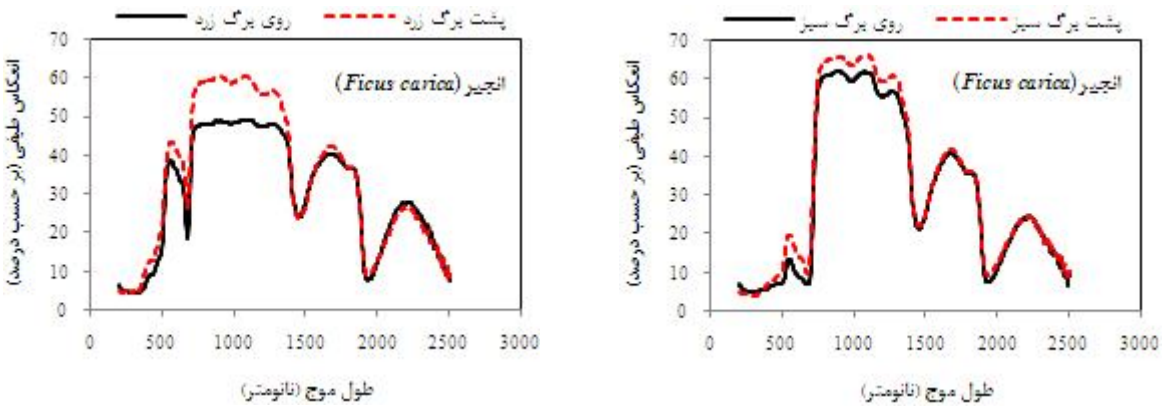
به منظور فراهم آوردن شرایط یکسان نمونه‌برداری، شاخه‌ها و نمونه‌برگ‌ها در جهتی که تاج بیش‌ترین میزان نور را در طول روز دریافت می‌کند، قطع و برای حفظ طراوت و جلوگیری از کاهش آب موجود در برگ، نمونه‌برگ‌های جداسازی‌شده(جدول2) توسط کمپلکس یخ و آب به آزمایشگاه منتقل و در نهایت اندازه‌گیری‌ها با قدرت تفکیک طیفی 5 نانومتر در روز 7 آبان 1391 با استفاده از دستگاه LAMBDA 950 ، انجام شد (شکل4).

جدول2، الف، نمونه برگ‌های گونه‌های انجیر، توت و شالک(روی سبز)

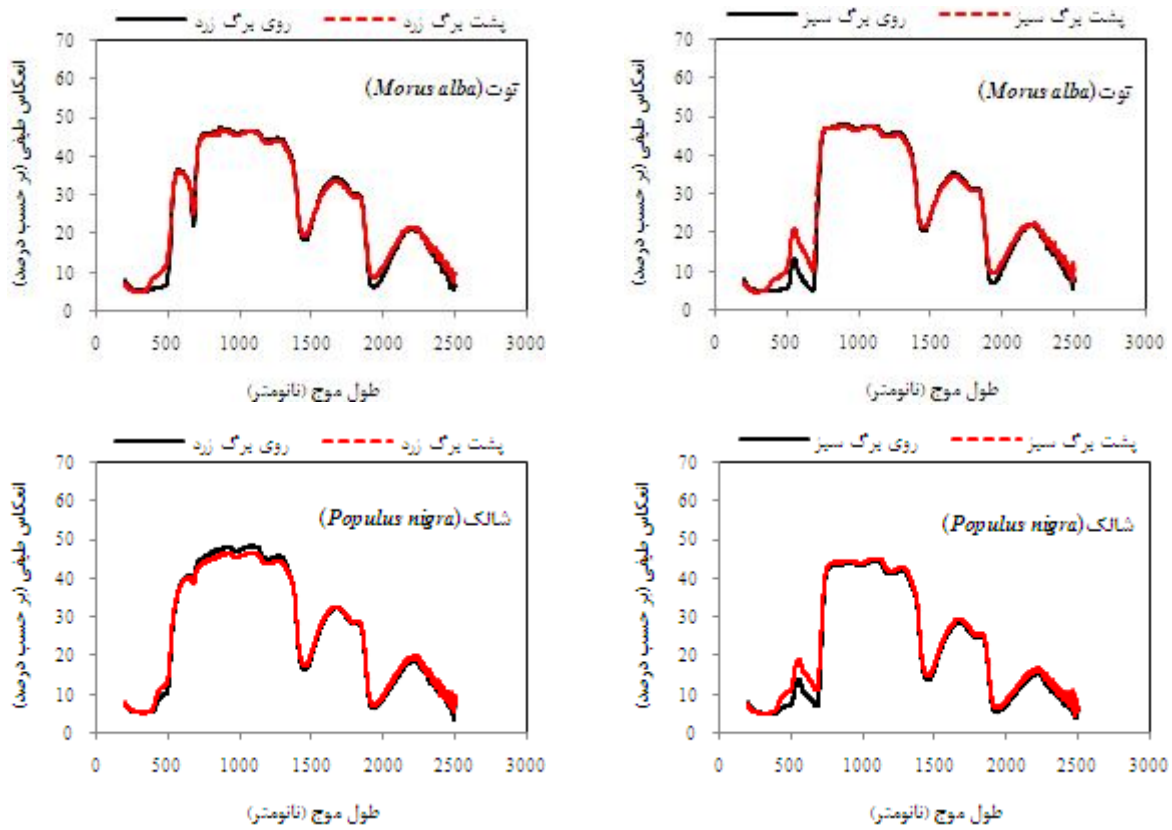
	انجیر (Ficus carica)	توت (Morus alba)	شالک (Populus nigra)
روی سبز			

جدول2. ب، نمونه برگ‌های گونه‌های انجیر، توت و شالک(پشت سبز، روی زرد و پشت زرد)

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



شکل4. الف، منحنی‌های انعکاس طیفی رو و پشت نمونه برگ‌های سبز و زرد گونه‌ی انجیر



شکل4، ب، منحنی‌های انعکاس طیفی رو و پشت نمونه برگ‌های سبز و زرد گونه‌های توت و شالک

با توجه به شکل4، 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 گونه‌ی فوق، در محدوده‌ی مرئی، می‌تواند ناشی از جذب طیفی کمتر رنگدانه‌ها در سطح زیرین باشد. در محدوده‌ی مادون قرمز نزدیک تفاوت چندانی میان انعکاس طیفی رو و پشت برگ‌های سبز و زرد گونه‌های توت و شالک دیده نمی‌شود؛ اما برای نمونه‌برگ سبز و زرد انجیر، میزان بازتاب طیفی سطح زیرین نسبت به سطح بالایی آن در محدوده مادون قرمز نزدیک بیش‌تر است. از آنجا که مشخصه طیفی گیاه در محدوده مادون قرمز نزدیک، عمدتا مربوط به ساختار سلولی گیاه است، لذا تفاوت ساختار درون‌سلولی نمونه برگ‌های گونه‌ی انجیر نسبت به گونه‌های توت و شالک، می‌تواند عامل 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 شکل4، 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 کارتنویید و یا کاهش چشمگیر کلروفیل بواسطه‌ی تاثیر فصل خزان باشد.

3-2- 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[3] (CR) محاسبه شود[8]. 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 (جدول3).

جدول3. شاخص‌های طیفی مورد استفاده در این پژوهش

شاخص طیفی	رابطه	منبع
[4]SIPI	$SIPI = \frac{R_{800} - R_{445}}{R_{800} - R_{680}}$	**[11]**
[5]NDI	$NDI = \frac{R_{750} - R_{705}}{R_{750} + R_{705}}$	**[8]**
[6]PSRI	$PSRI = \frac{R_{680} - R_{500}}{R_{750}}$	**[9]**

R: انعکاس طیفی در یک طول موج

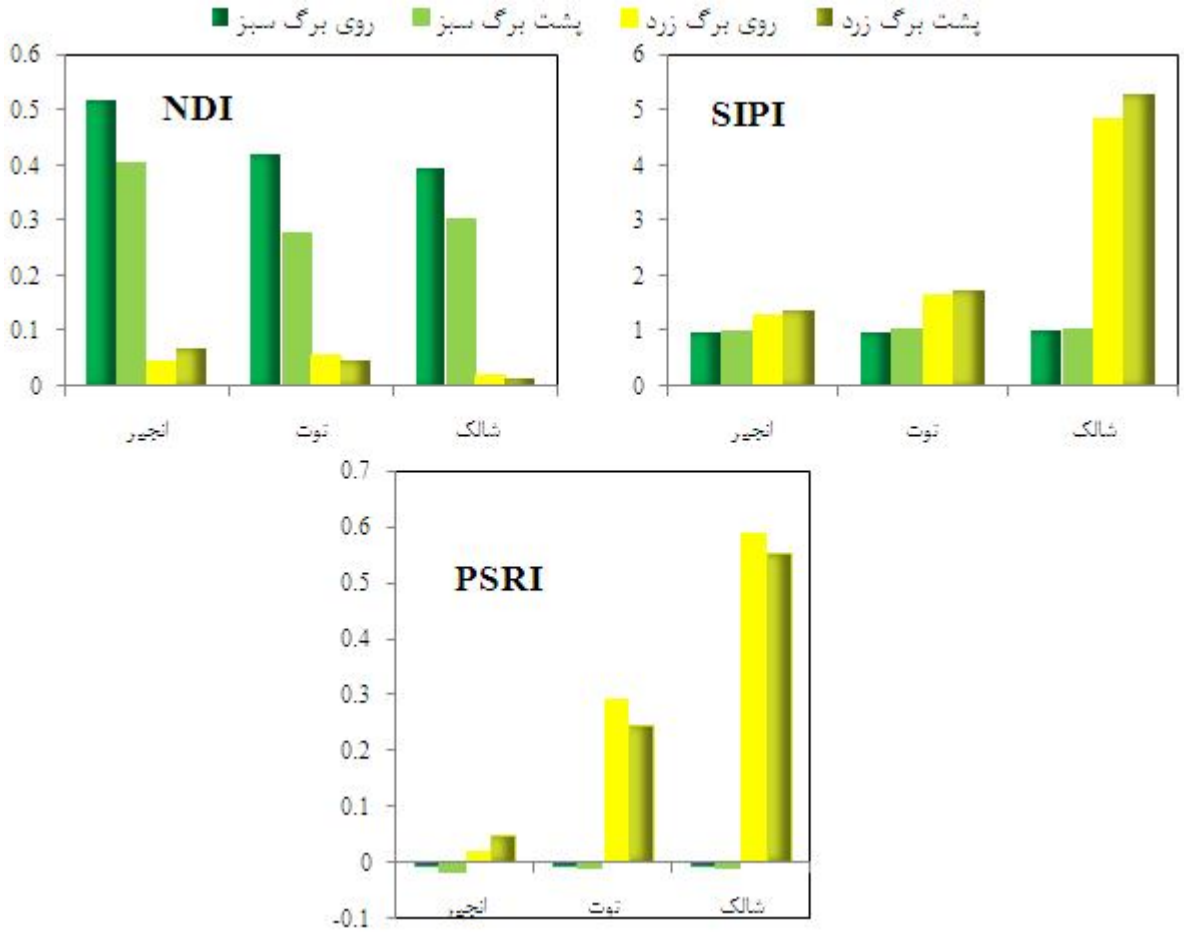
شاخص طیفی SIPI، دارای حساسیت زیادی به جذب طیفی نسبت رنگدانه کارتنویید به کلروفیل می‌باشد. همچنین در مقابل تغییرات متغیرهایی در تاج مانند شاخص سطح برگ نیز بسیار حساس می‌باشد. افزایش ناگهانی و بیش از حد ارزش این شاخص طیفی بیانگر افزایش غلظت کارتنویید و یا کاهش چشمگیر کلروفیل می‌باشد که می‌تواند نشان‌دهنده‌ی 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[2و11].

در شاخص NDI، از طول موج‌های محدوده لبه قرمز، حساس به غلظت کلروفیل، استفاده می‌شود. این شاخص به علت جذب کلروفیل در طول موج‌های 705 و 750 نانومتر، نسبت به دامنه وسیعی از تغییرات غلظت کلروفیل در برگ حساس می‌باشد[8]. شاخص گیاهی NDI، در کشاورزی دقیق، دیده‌بانی جنگل و تعیین استرس پوشش گیاهی کاربرد دارد و محدوده‌ی این شاخص از 1- تا 1+ می‌باشد، اما به طور معمول میزان آن برای گیاهان سبز از 0/2 تا 0/9 می‌باشد[6].

شاخص طیفی PSRI، بیان‌کننده‌ی نسبت تجمع کارتنویید 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 پوشش گیاهی، تعیین استرس فیزیولوژیکی گیاه و آنالیز محصول گیاه مورد نظر می‌باشد. محدوده این شاخص از 1- تا 1+ است، اما معمولا برای گیاهان سبز از 0/1- تا 0/2 متغیر می‌باشد[9].

3- نتایج

سه شاخص SIPI ، NDI و PSRI برای سه نمونه گونه‌ی درختی انجیر، توت و شالک محاسبه شد(شکل5).



شکل5. مقادیر شاخص‌های SIPI، NDI و PSRI برای رو و پشت برگ سبز و زرد سه گونه‌ی انجیر، توت و شالک

4- 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 کم‌تریم 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.

5- پانوشت

1. Red Edge
2. Spectralon
3. Continum Removal
4. Structure Insensitive Pigment Index
5. Normalized Difference Index
6. Plant Senescence Reflectance Index

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از مسئولان آزمایشگاه طیف‌سنجی وزارت دفاع و باغ ملی گیاهشناسی ایران تشکر و قدردانی می‌گردد.

مراجع

1. Abbasi, M., Schaepman, M.E., Darvishefat, A., Bartholomeus, H.M., Marvi Mohajer, M.R. and Sobhani, H., 2008, *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.
2. Abbasi, M., 2009, *Investigation of the spectral signature of forest species laef: Fagus orientalis, Quercus castaneifolia, Carpinus betulus, Alnus subcordata, Parotia persica using field spectroradiometry*, University of Tehran, Department of Foresty and Forest Economic.
3. Clark, M.L., Roberts, D.A. and Clark, D.B., 2005, *Hyperspectral Discrimination of Tropical Rain Forest Tree Species at Leaf to Crown Scales*, Remote Sensing of Enviroment, 96, 375-398.
4. Fourty,T., Baret, F., Jacquemoud, S., Schmuck, G. and Verdebout, J., 1996, *Leaf Optical Properties with Explict Description of its Biochemical Composition:Direct and Inverse Problems*, Remote Sensing of Environment, 56, 104-117.
5. Gausman, H.W. and Allen W.A., 1973, *Optical Parameters of Leaves of 30 Plant Species*. International journal of Plant Physiology, 52, 57-62.
6. Gitelson, A.A. and Merzlyak, M.N., 1994, *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.
7. http://www.perkinelmer.com
8. Le Maire, G., Francios C. and Dufrene, E., 2004, *Towards Universal Broad Leaf Chlorophyll Indices Using PROSPECT Simulated Database and Hyperspectral Reflectance Measurments*, Remote Sensing of Environment, 89, 1-28.
9. Merzlyak, J.R., Gitelson, A.A., Chivkunova, O.B. and Rakitin, V.U., 1999, *Non-destructive Optical Detection of Pigment Changes During Leaf Senescence and Fruit Ripening*, Physiologica Plantarum 106, 135-141.
10. Mutanga, O and Skidmore, A.K., 2007, *Red Edge Shift and Biochemical Content in Grass Canopies*, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 62, 34-42.
11. Penuela, J., Baret, F. and Filella, I. 1955, *Semi-Empirical Indices to Assess Cartenoidas/Chlorophyll a ratio from Leaf Spectral Reflectance*, Photosynthetica, 31, 221-230.
12. Schaepman, M.E. and Dangel S., 2000, *Solid Laboratory calibration of nonimaging Spectroradiometer*. Applied Optics, 39(21), 3754-3764.
13. Schaepman, M.E., 2007, *Spectrodirectional Remote Sensing: From Pixels to Processes*, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 9, 204-223.
14. Schneider, W.E. and Young, R., 1998, *Spectroradiometry Methods: A guide to photometry and visible spectroradiometry*, Application Note, Optronic Laboratories, INC. pp, 47.
15. Seager, S., Turner, E.L., Schafer, J. and Ford, E.B., 2005, *Vegetation red edge: A Possible Spectroscopic Biosignature of Extraterrestrial Plants*, Astrobiology, 5, 372-390.