



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

مطالعه مروری شاخص‌های ارزیابی پوشش گیاهی مبتنی بر فنون سنجش از دور

زهره سلطانی^۱، محمدرضا راهداری^{۲*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی طبیعت و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه

zahra.soltani6452@gmail.com

^۲ استادیار، گروه مهندسی طبیعت و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه

* نویسنده مسئول: rahdarimr@torbath.ac.ir

چکیده

پایش تغییرات پوشش گیاهی نقش اساسی در برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست دارد روش‌های متعددی برای آشکارسازی تغییرات یک منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد که هر یک دارای مزایا و محدودیت‌هایی هستند یکی از روش‌های مطالعه تغییرات استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی مبتنی بر فنون سنجش از دور است، لذا استفاده از داده‌های ماهواره‌ای امکان مطالعه گسترده پوشش گیاهی را فراهم می‌سازد. مروری بر مطالعات گذشته نشان می‌دهد با وجود توسعه شاخص‌های متعدد گیاهی توسط محققان، جهت آشکارسازی تغییرات آن به‌صورت معمول از شاخص‌های NDVI و EVI استفاده می‌شود. تلاش‌های متخصصان فناوری فضایی و سنجش از دور و مدیران سبب شده است که با استفاده از اطلاعات و داده‌های ماهواره‌ای بتوان در جهت اعمال مدیریت صحیح و مبتنی بر دانش روز گام‌هایی برداشت که در این مقاله مروری درباره شاخص‌های پوشش گیاهی با استفاده از سنجش از دور بحث می‌گردد. از سویی با بررسی مداوم بر روی تصاویر به‌صورت سالانه متوجه تغییرات پوشش گیاهی در هر منطقه می‌توان شد، که اگر تغییرات کاربری یا حوادث طبیعی احیاناً باعث از بین رفتن پوشش گیاهی خاصی از منطقه شود سریعاً اقدامات لازم برای جلوگیری از پیشرفت این اتفاق صورت گیرد و نیز پتانسیل هر منطقه از نظر شهرسازی، کشاورزی و غیره مشخص می‌شود و می‌توان مدیریت بهتر منابع و تولید و کسب‌وکار را در هر منطقه بهبود بخشید. یافته‌های این پژوهش همچنین نشان می‌دهد همچنین ضرورت ایجاد یک کتابخانه طیفی بومی برای هر منطقه از ایران بسیار حائز اهمیت است تا کارشناسان با استفاده از این تکنولوژی محصولات را از یکدیگر تفکیک کنند و میزان محصولات تولیدی و آفت زده را تخمین بزنند و مانع تغییرات کاربری بیش از حد شوند.

کلمات کلیدی: سنجش از دور، پوشش گیاهی، شاخص‌های گیاهی، ایران.



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

۱- مقدمه

در طول دو دهه گذشته شاخص‌های گیاهی کاربرد وسیعی در بررسی‌های منابع طبیعی و پایش پوشش گیاهی در مقیاس کوچک تا مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی پیدا کرده‌اند و دانشمندان و متخصصان سنجش از دور، نقش شاخص‌های گیاهی حاصل از داده‌های ماهواره‌ای را در بررسی منابع طبیعی و محیط‌زیست ارزیابی کرده‌اند، زیرا کسب اطلاعات درباره وضعیت پوشش گیاهی از قبیل میزان و پراکنش آن‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. گردآوری اطلاعات در مورد تغییرات پیوسته پوشش گیاهی توسط روش‌های معمولی بسیار مشکل و پرهزینه است. در این حالت استفاده از داده‌های ماهواره‌ای امکان مطالعه گسترده پوشش گیاهی را فراهم می‌سازد. (علوی پناه، ۱۳۸۲)

پوشش گیاهی در مناطق مختلف با توجه به شرایط اقلیمی و عوامل محیطی متفاوت هست از آنجایی که پوشش گیاهی تحت تأثیر عوامل مختلف در طول دوران تغییرپذیر است، لازمه یک مدیریت و برنامه‌ریزی دقیق تهیه نقشه پوشش گیاهی منطقه هست و از آنجایی که کسب اطلاعات و آمار به روش سنتی و قدیمی نیاز به صرف هزینه وقت زیادی دارد امروزه می‌توان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای که می‌تواند منبع خوبی برای تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی باشد استفاده نمود. (Seyhan, 2004) استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور می‌تواند در دستیابی به این اطلاعات ما را یاری کند. (Kriegler, 1969) استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی که امروزه در سطح وسیعی از آن‌ها استفاده می‌شود نیز می‌تواند برای کمی کردن تولید خالص سالانه در مقیاس‌های متفاوت و جهانی و تفکیک پوشش گیاهی در مقیاس‌های قاره‌ای و جهانی ناحیه‌ای بکار گرفته شود (ثنایی نژاد، ۱۳۸۹). بیش از ۱۵۰ شاخص گیاهی در مقالات علمی منتشر شده‌اند که تنها تعداد کمی از آن‌ها پایه بیوفیزیکی قابل قبول یا با روش مشخص آزمایش شده وجود دارند (رحمانی، ۱۳۹۰) به‌طور کلی شاخص‌های گیاهی دارای فوایدی از جمله کاهش زمان، فراوانی داده‌های در دسترس، صرفه‌جویی در هزینه و کار و نیرو می‌باشد (فاطمی، ۱۳۸۵).

فن‌آوری سنجش از دور اطلاعات دقیقی در مورد توزیع فضایی و زمانی کاربری زمین فراهم می‌کند و گستره‌ی فضایی پوشش گیاهی را نشان می‌دهد (Szostak, 2018). نقش برداری از زمین به‌عنوان یک ابزار اساسی برای دریافت اطلاعات برای اهداف علمی، مدیریت محیط‌زیست و سیاست در مقیاس جهانی، منطقه‌ای و محلی به رسمیت شناخته شده است (Ramankutty, 1999). تغییرات پوشش زمین به فرآیندهای طبیعی مثلاً سیل، آتش‌سوزی و فعالیت‌های انسانی مانند شهرنشینی، کشاورزی مربوط باشد برخی مناطق نسبتاً پایدار هستند مانند جنگل‌های دائمی در حالی که برخی مناطق به‌سرعت در حال تغییر هستند (به‌عنوان مثال گسترش شهرها) به نظر می‌رسد افزایش جمعیت انسانی و توسعه تکنولوژی موجب تسریع تغییرات پوشش زمین می‌شود (Goldewijk, 2001). آشکارسازی تغییرات و همچنین پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی، در دادن دید کلی برای مدیریت بهتر منابع طبیعی و حفاظت اراضی کشاورزی اطراف مناطق شهری و در نظر گرفتن تدابیر و سیاست‌های درازمدت مؤثر است (محمدی، ۱۳۸۶).



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

به‌طور کلی انداز گیری میدانی و استفاده از داده‌های سنجش از دور دو روش عمده برای استخراج درصد پوشش گیاهی می‌باشد (جباری و همکاران ، ۱۳۹۳). تخمین پارامترهای بیوفیزیکی گیاهان از جمله میزان بایوماس، به روش‌های سنتی در قالب نمونه‌برداری‌های محدود یا توزین نهایی وزن محصول و گردآوری اطلاعات در مورد تغییرات پیوسته پوشش گیاهی توسط روش‌های معمولی علاوه بر صرف وقت، نیروی انسانی و هزینه زیاد، بسیار مشکل و طاقت‌فرسا است، در این حالت استفاده از علم سنجش از دور و داده‌های ماهواره‌ای امکان مطالعه گسترده‌ی پوشش گیاهی را فراهم می‌سازد (Gower, 1999). در نتیجه در این تحقیق تلاش گردیده است که مطالعه‌ای مروری بر مفاهیم و آشنایی شاخص‌های گیاهی با استفاده از سنجش از دور صورت گیرد.

۲- مواد و روش‌ها

در این پژوهش تلاش شده است مطالعه‌ای مروری در ارتباط با آشنایی شاخص‌های پوشش گیاهی با استفاده از سنجش از دور به روش پژوهشی و کاربردی (توصیفی و تحلیلی) انجام شود. به‌طوریکه نتایج این پژوهش در پنج بخش پوشش گیاهی، سنجش از دور (انواع و کاربرد سنجش از دور)، کاربرد تصاویر ماهواره‌ای در شاخص‌های گیاهی در کشاورزی، انواع شاخص‌های پوشش گیاهی، بررسی مطالعات درصد پوشش با شاخص‌های گیاهی در ایران طبقه‌بندی شده است. با این توصیف پژوهش حاضر با هدف انواع شاخص‌های گیاهی با استفاده از سنجش از دور انجام شده است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- پوشش گیاهی

درک صحیح بازتاب‌های طیفی گیاهان و خاک زیر آن به تعیین موفقیت‌آمیز وضعیت پوشش گیاهی کمک می‌کند علاوه بر این بازتاب طیفی برگ ممکن است متأثر از انواع تنش‌های خشکی، شوری و کمبود عناصر غذایی باشد، زیرا این گونه تنش‌ها و کمبودها موجب تغییر شکل درونی و خارجی برگ می‌شود. نه تنها مشخصات یک نوع گیاه با نوع دیگر متفاوت است، بلکه ساختمان برگ گونه‌های مختلف یک گیاه نیز با یکدیگر فرق می‌کند و این تفاوت‌ها ممکن است اختلاف در بازتاب‌های طیفی را به دنبال داشته باشد. این ویژگی‌ها، کلیدی برای تفکیک و طبقه‌بندی گیاهان و مناطق زیر کشت از سنجش از دور محسوب می‌شوند. گیاه سالم معمولاً ۴۰ تا ۵۰ درصد انرژی مادون قرمز نزدیک ۰/۷ الی ۱/۱ میکرومتر دریافتی را منعکس می‌کند. انرژی در بخش مرئی طیف الکترومغناطیس عمدتاً توسط انگیزه جذب می‌شود ناحیه ۰/۳-۰/۸ میکرومتر با بازتاب بالای گیاه در بخش مادون قرمز نزدیک به فلات مادون قرمز نزدیک موسوم است. تغییر سریع بازتاب در نقطه نزدیک به ۰/۸ میکرومتر لبه قرمز نامیده می‌شود. معمولاً گیاهان مختلف هم از لحاظ ارتفاع منحنی در ناحیه مادون قرمز نزدیک و هم از لحاظ موقعیت لبه قرمز، تغییر می‌کنند. در تغییر ارتفاع منحنی در ناحیه مادون قرمز نزدیک و لبه قرمز نوع و گونه گیاه، سلامت و شادابی آن، تنش‌ها و کمبودها مؤثر است. زمان و فصل رویش گیاه از دیگر عواملی است که در تغییر وضعیت هر کدام از دو عامل یادشده مؤثر است. با توجه به



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

اختلاف و رابطه بازتاب در ناحیه مادون قرمز نزدیک و قرمز، بازتاب‌های طیفی این دو ناحیه مورد مقایسه قرار می‌گیرند تا وضعیت پوشش گیاهی از لحاظ تراکم، سبزی‌نگی و تولید شناسایی شود. نسبت بازتاب طیفی مادون قرمز نزدیک به قرمز تحت عنوان شاخص پوشش گیاهی کاربرد فراوانی دارد محدوده ۱- ۲/۵ میکرون نشان می‌دهد طول موج‌های ۱/۴ و ۱/۹، ۲/۴۵ میکرومتر به شدت توسط مولکول‌های آب جذب شده و در نتیجه در سه طول موج مذکور افت ناگهانی شدید دیده می‌شود بازتاب طیفی در ناحیه SWIR مربوط به محتوای شیمیایی گیاه مانند پروتئین، نیتروژن، لیگنین و دیگر ترکیبات برگ است (علوی پناه، ۱۳۸۲). تصاویر ماهواره‌ای و فن‌آوری سنجش‌ازدور این امکان را فراهم می‌کند تا با اتکا به اطلاعات تولیدی از آن به برنامه‌ریزی بهتری جهت محیط‌زیست دست یافت. تکراری بودن تصاویر ماهواره‌ای از جمله مزایایی است که کاربرد داده‌های ماهواره‌ای و علم سنجش از دور را وسعت می‌بخشد. آگاهی از روند تغییرات پوشش گیاهی عموماً ناشی از عوامل متعددی مانند بحران‌های زیست‌محیطی، اقلیمی، انسانی و عوامل بیولوژیکی و غیره می‌باشد. استفاده از علم سنجش از دور و به‌کارگیری داده‌های ماهواره‌ای اغلب موجب کاهش هزینه، افزایش دقت و سرعت می‌گردد و روز به‌روز بر اهمیت این فن‌آوری در راستای توسعه پایدار افزوده می‌شود.

۲-۳- سنجش از دور

سنجش از دور عبارت است از اندازه‌گیری پدیده‌های سطح زمین با استفاده از داده‌هایی که از راه دور توسط هواپیما و ماهواره کسب می‌شوند (Schuwengerdt, 2007) انواع معمول حامل یا ناقل سنجنده‌های دورسنجی که سکو نامیده می‌شود، ماهواره‌ها و هواپیماها هستند ولی وسایل دیگری نظیر هواپیمایی با کنترل رادیویی و بالون‌ها نیز برای سنجش از دور با ارتفاع کم مورد استفاده قرار می‌گیرند. اندازه‌گیری و ثبت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی موجود سطح زمین از فاصله دور به وسیله سنجنده انجام می‌گیرد که بر روی سکوها مختلف نصب می‌شوند.

توسعه و پیشرفت علم سنجش از دور امروز باعث شد است تا روز به‌روز بر تنوع سنجنده‌های مورد استفاده برای اخذ تصاویر ماهواره‌ای افزوده شود. ماهواره‌هایی که امروزه توسط بشر مورد استفاده قرار می‌گیرند، از لحاظ کاربرد و نوع طراحی‌های که برای آن‌ها صورت گرفته است به انواع گوناگونی تقسیم‌بندی می‌شوند (زارع، ۱۳۸۸).

۳-۳- کاربردهای تصاویر ماهواره‌ای با توجه به شاخص‌های گیاهی در کشاورزی

گیاهان از جمله پدیده‌های قابل بررسی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌باشند. گیاه با توجه به حساسیت میزان بازتاب در طول موج‌های مختلف و تغییرات این میزان بر اثر ایجاد مشکلاتی چون کمبود آب، آفت‌زدگی، خشک‌سالی و غیره یا رشد مناسب گیاه، قابل پایش و بررسی می‌باشند. مهم‌ترین کاربردها به شرح زیر می‌باشند

۱- تعیین سطح زیر کشت

۲- تخمین عملکرد محصول

۳- شناسایی و تعیین گسترش آفات و امراض گیاهی در سطح کشاورزی



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

۴- تنش آبی

۵- پوشش بیمه محصولات کشاورزی

۶- تخمین زمان کشت محصولات دیم

۷- بررسی اثرات خسارات حاصله از بلایای طبیعی

۳-۴- شاخص‌های پوشش گیاهی

شاخص سازی روشی است که در آن تغییرات سطح زمین یا محتوای جو را با استفاده از روابط و معادلات ساده می‌توان بیان کرد. و عمق اطلاعاتی این شاخص‌های مبتنی بر غنای نظری و تجربی که حمل می‌کنند است. به بیانی ساده‌تر شاخص عبارت است یک معادله ریاضی و آماری ساده که قادر به تولید یک سری زمانی است که معرف رفتار تغییرات سطح زمین، محتوای جو و حتی تغییرات گردش جوی می‌باشد (حمیدیان پور، ۱۳۹۳).

کسب اطلاعات درباره وضعیت پوشش گیاهی از قبیل میزان و پراکنش آن‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. گردآوری اطلاعات در مورد تغییرات پیوسته پوشش گیاهی توسط روش‌های معمول بسیار مشکل و پرهزینه است. در این حالت استفاده از داده‌های ماهواره‌ای امکان مطالعه گسترده پوشش گیاهی را فراهم می‌سازد به‌منظور کاهش اثر عوامل ناخواسته روی اطلاعات پوشش گیاهی و افزایش اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی می‌توان حداقل دو باند را ترکیب کرده و شاخص مرکبی به نام شاخص پوشش گیاهی VI ایجاد نمود. این شاخص‌ها، تبدیلات ریاضی باندهای سنجنده‌ها هستند که برای ارزیابی توزیع مکانی گیاهان در مشاهدات ماهواره‌ای چند طیفی طراحی شده‌اند. بیشترین استفاده این اندیس‌ها درجایی صورت می‌گیرد که داده‌های ماهواره‌ای در محدوده باندهای قرمز و مادون‌قرمز نزدیک باشند چرا که گیاهان در باند مادون‌قرمز نزدیک دارای انعکاسات بسیار شدید در باندهای قابل‌رؤیت برای چشم انسان مانند باند قرمز، دارای انعکاسات بسیار ضعیفی هستند. این شاخص‌های گیاهی بر اساس نسبت میزان جذب نور قرمز توسط رنگ‌دانه‌های موجود در کلروفیل گیاهان که باعث می‌شود انعکاس کمتری در این باند داشته باشند به انعکاس شدید امواج مادون‌قرمز توسط گیاهان عمل می‌کنند.

شاخص پوشش گیاهی در دهه ۱۹۷۰ میلادی بر اساس رفتار گیاهان نسبت به باندهای قرمز و مادون‌قرمز توسعه پیدا کردند و به گروه عمده شاخص پوشش گیاهی نسبیتی و یا شیب پایه، شاخص پوشش گیاهی عمودی و یا فاصله پایه تقسیم شدند. در شاخص پوشش گیاهی نوع اول، تفسیرات ویژه اندیس‌های گیاهی بر پایه زاویه بین یک نقطه خاص و محور X در نمودار طیفی قرمز در برابر مادون‌قرمز می‌باشد. درنتیجه رابطه حاکم بر تمامی شاخص‌های واقع در این گروه غیرخطی و نسبی می‌باشد. در اندیس‌های گیاهی از نوع دوم، تغییرات ویژه، بر پایه فاصله عمودی یک نقطه خاص از خط خاک در نمودار طیفی قرمز در برابر مادون‌قرمز می‌باشد. درنتیجه فرمول این اندیس‌ها خطی می‌باشد (حجازی زاده، ۱۳۸۹).

هدف از ایجاد شاخص‌های پوشش گیاهی آن است که برخی ویژگی‌های پوشش گیاهی نظیر خصوصیات تاج پوشش، بیوماس،



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

تولید، سطح برگ یا درصد پوشش گیاهی پیش‌بینی و ارزیابی شود. در بررسی‌های به‌عمل‌آمده، بیش از ۹۰ درصد اطلاعات چند طیفی فقط با دو باند طیفی قابل بیان است اصولاً بازتاب پوشش گیاهی در محدوده طیفی نور مرئی ۰/۶۶ - ۰/۴۳ میکرومتر و در محدوده مادون‌قرمز نزدیک ۰/۷ - ۱/۱ میکرومتر زیاد است. سه ویژگی مهم برگ مانند کلروفیل، ساختار فیزیولوژیکی و میزان آب، اثر مهمی در بازتاب طیفی آن دارد. با توجه به این مهم ترکیب باندهای طیفی نور مرئی و مادون‌قرمز نزدیک می‌تواند به متمایز ساختن پوشش گیاهی از سطح خاک و آب کمک کند رابطه پوشش گیاهی و بیوماس به عواملی مانند تغییر زاویه خورشید، آلبیدو، پوشش‌های شبه رنگی، آلودگی‌های جوی، سایه، وضعیت گیاه و میزان توده خشک سرپا بستگی دارد (Anderson, 1992).

شاخص‌های گیاهی از پرکاربردتری نمونه‌های محاسبات باندی می‌باشند که به‌منظور محاسبه درصد پوشش گیاهی، بررسی انواع پوشش گیاهی و سبزی‌نگی یک منطقه طی دوران‌های مختلف بکار می‌روند (فاطمه محمدیاری، ۱۳۹۳) به‌منظور کاهش عوامل ناخواسته روی اطلاعات پوشش گیاهی و افزایش اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی از شاخص‌های گیاهی استفاده می‌کنند. درواقع شاخص‌های گیاهی برای متمایز ساختن پوشش گیاهی از پدیده‌های دیگر که توسط تک باندها ممکن نیست به کار می‌روند (علوی پناه و همکاران، ۱۳۸۵). در طول سه دهه گذشته شاخص‌های گیاهی کاربرد وسیعی در بررسی‌های منابع طبیعی و پایش پوشش گیاهی در مقیاس کوچک تا مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی پیدا کردند. این شاخص‌ها با تراکم همبستگی خوبی را نشان می‌دهند لیک به سه عامل ارتفاع و زاویه تابش خورشید خاک و تأثیرات جوی حساس هستند (سپهری، ۱۳۸۱)

استفاده از شاخص‌های گیاهی به علت سهولت استفاده از آن‌ها و داشتن رابطه با متغیرهای فیزیکی همیشه مورد توجه قرار داشته است. اگرچه همه‌ی شاخص‌ها با بیوماس همبستگی نشان نمی‌دهند، ولی این شاخص‌ها راهی آسان و مطمئن برای استخراج اطلاعات از داده‌های سنجنش از دور هستند، به دلیل راحتی استفاده از آن‌ها، پردازش و تحلیل حجم عظیمی از داده‌های سنجنش از دور آسان می‌شود (درویش زاده و همکاران، ۱۳۹۰). شاخص‌های گیاهی نسبت به پوشش گیاهی واکنش‌های متفاوتی را نشان می‌دهند که بیان کمی این روابط مشکل می‌باشد. زیرا این روابط تحت تأثیر عواملی مانند زاویه تابش خورشید، جذب اتمسفری، بازتاب پدیده‌های سایه و مراحل رشد گیاهی قرار گرفته و تغییرپذیر می‌باشد (زارع، ۱۳۸۸) شاخص‌های گیاهی می‌توانند اطلاعات مفیدی را در خصوص وضعیت پوشش گیاهی در اختیار ما قرار دهند. بیشترین باندهایی که در محاسبه شاخص‌های گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند در محدوده باندهای قرمز و مادون‌قرمز نزدیک هستند دلیل این امر این است که پوشش‌های گیاهی در بخش قرمز جذب انرژی بالا یا انعکاس بسیار پایینی دارند و در مقابل در بخش مادون‌قرمز انعکاس انرژی بسیار بالایی از خود نشان می‌دهند. این تمایز می‌تواند به ما کمک کند تا پوشش‌های گیاهی را در تصاویر تک باندی و یا ترکیب‌های رنگی شناسایی نماییم (فاطمی و رضایی، ۱۳۸۴) این نسبت نیز در حقیقت بیان‌کننده این مطلب است که پوشش گیاهی انبوه در مادون‌قرمز نزدیک، به شدت نور را منعکس و در طول موج قرمز نور را جذب می‌کند. (طاهر کیا، ۱۳۷۵)

در حالت کلی شاخص‌های پوشش گیاهی به دودسته اصلی تقسیم می‌شوند و درواقع تقسیم‌بندی آن‌ها بر اساس ارتباط این



همایش ملی
پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت



دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، مرکز تحقیقات گیاهشناسی، تهران، ایران

اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

شاخص‌ها با خط خاکی است. دسته اول شامل عبور خطوط هم‌سبزیگی از مرکز و یا در نقطه‌ای به خط خاکی برسند هست مانند شاخص‌های RVI5، SAVI، NDVI دسته دوم که در آن‌ها خط هم‌سبزیگی موازی خط خاکی هستند. این شاخص‌ها را شاخص‌های عمودی می‌نامند که در واقع شدت پوشش گیاهی با فاصله عمودی از خط خاکی مشخص می‌شود نمونه‌های معرف این دسته عبارت‌اند از DVI6، PVI7، DVI6 (صدیقی، ۱۳۹۰)

شاخص‌های گیاهی از پر استفاده‌ترین روش‌های سنجش از دور است که در مطالعات پهنه‌بندی مراتع و تهیه نقشه پوشش گیاهی به کار می‌رود. این شاخص‌ها با استفاده از باندهای مختلف سنجنده‌ها، تجزیه و تحلیل‌های ریاضی را اعمال می‌کنند و پوشش مختلف گیاهی را پهنه‌بندی می‌کنند تاکنون انواع مختلفی از این شاخص‌ها تدوین شده است که از جمله می‌توان به این‌ها اشاره کرد ۱- شاخص گیاهی بر پایه شیب ۲- شاخص گیاهی بر پایه فاصله ۳- شاخص گیاهی تبدیلات راست گوشه ۴- شاخص‌های گیاهی که به آب گیاهان حساس‌اند.

۳-۴-۱- شاخص تفاوت گیاهی نرمال شده (NDVI) :

اولین و معروف‌ترین شاخص که برای شناسایی پوشش گیاهی در سنجش از دور معرفی می‌شود شاخص پوشش گیاهی NDVI است. این شاخص برای اولین بار توسط روس (۱۹۷۹) ارائه شد. البته مفهوم اولیه آن پیش‌تر توسط کریگلر (۱۹۶۹) ارائه شده بود. این شاخص که مخفف عبارت *Index Normalized Difference Vegetation* شاخص گرافیکی ساده‌ای است که در تحلیل‌ها و اندازه‌گیری‌های سنجش از دور و ارزیابی وجود یا عدم وجود پوشش گیاهی یک منطقه و تأثیرات بارش کاربرد دارد همچنین با زیست توده کربن استرس آب گیاه و تنوع زیستی ارتباط دارد این شاخص معمولاً برای نظارت بر تغییرات در پوشش گیاهی و بررسی پاسخ‌های پوشش گیاهی به تغییرات پوشش گیاهی است لذا تجزیه و تحلیل آن به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم برای ارزیابی پویایی اکوسیستم است فرآیند محاسباتی ساده دارد و در مقایسه با دیگر شاخص‌ها دارای بهترین توان دینامیکی می‌باشد. این شاخص بیشترین حساسیت را به تغییرات پوشش گیاهی داشته و در مقابل اثرات جوی و زمینه‌ی خاک، به‌جز در مواردی که پوشش گیاهی کم باشد حساسیت کمتری دارد. مطالعه رفتار زمانی پوشش گیاهی، مدل‌سازی آب و هوایی، طبقه‌بندی پوشش گیاهی در سطح جهانی، پایش محصولات کشاورزی، مطالعات بیابان‌زدایی و خشک‌سالی و ... از جمله کاربردهای شاخص NDV به شمار می‌رود (ولی زاده و عراقی نژاد، ۱۳۸۹). این شاخص پوشش گیاهی را از خاک زمینه جدا نموده و اثرات توپوگرافی را به حداقل می‌رساند دامنه تغییرات این شاخص بین +۱ و -۱ است (محمودی کهن، ۱۳۹۰). یک شاخص نرمال شده می‌باشد که می‌تواند بر اساس میزان بازتاب طیف الکترومغناطیس از گیاهان اطلاعاتی از سلامت پوشش گیاهی زمین کشاورزی به ما بدهد ساختمان سلولی گیاهان و مکانیسمی‌هایی که در این ساختمان ایجاد می‌شوند، این طیف‌ها را پخش می‌کند.

از طرفی ماهواره‌هایی در فضا وجود دارد که با استفاده از سنسورهایی می‌توانند اطلاعات مفیدی از هر چیزی که روی کره زمین وجود دارد از جمله گیاهان، نظیر طول امواج جذب شده و انعکاس یافته به ما بدهند.



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

به همین منظور به راحتی می‌توان با اطلاعات این ماهواره‌ها و داده‌های حاصل از آن‌ها که همان نورهای انعکاس یافته در نوارهای مرئی و فروسرخ نزدیک است، میزان NDVI و سلامت گیاهان را مورد سنجش قرار داد.

فرمولاسیون شاخص NDVI

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{Red})}{(\text{NIR} + \text{Red})} \quad \text{رابطه ۱}$$

NIR = میزان انعکاس تصویر در باند مادون قرمز نزدیک

R = میزان انعکاس تصویر در باند قرمز

این شاخص همان‌طور که از نام آن پیداست مقادیر نرمال دارد، یعنی دارای قدر مطلق کوچک‌تر یا مساوی یک می‌باشد. از این رو بررسی آن توسط نمودارها و هیستوگرام‌ها به راحتی امکان‌پذیر است. در صورتی که دو باند طیفی (مانند باند قرمز و مادون قرمز نزدیک) از یکدیگر کم شده و سپس تقسیم بر حاصل جمع خود شوند، به این یک معادله نرمال‌سازی شده گفته می‌شود. از آنجا که اندیس‌های گیاهی بر اساس خواص طیفی گیاهان طراحی شده‌اند، مقادیر به دست آمده از آن‌ها منعکس کننده غنای پوشش گیاهی در محدوده آن پیکسل مورد نظر می‌باشد. مقدار شاخص گیاهی NDVI برای مناطق تنک بین ۰/۵ تا ۰/۱ برای مناطق گیاهی معمولی بین ۰/۱ تا ۰/۶ و برای مناطق گیاهی بسیار متراکم و غنی بین ۰/۶ تا ۰/۷ درصد می‌باشد در واقع هر چه مقدار این شاخص به یک نزدیک‌تر شود، پوشش گیاهی متراکم‌تر می‌شود مقادیر NDVI برای آب، برف و یخ منفی است. این عامل برای خاک‌ها دارای مقادیر کمتر از ۰/۰۵ و برای ابرها عموماً برابر صفر می‌باشد. شاخص NDVI بسیار معمول و متداول است (گیتلسون و همکاران؛ ۱۹۹۷) مهم‌ترین ماهواره‌هایی که امروزه برای محاسبه این شاخص استفاده می‌شود لند ست، سنتینل ۲، Pléiades و اسپات نام دارد.

۳-۴-۲- شاخص گیاهی متعامد PVI

شاخص PVI متفاوت از دیگر شاخص‌ها بوده و موازی با خط خاک قرارداد، بردار سطحی، عمود بر خط خاک به نحوی محاسبه شده که شامل حداکثر سیگنال‌های پوشش گیاهی سبز خواهد بود و ویژگی‌های خاک را حفظ می‌کند. اولین نسخه PVI توسط (Richardson & Wiegand, 1977) ایجاد گردید.

$$PVI = \sqrt{(\rho_{soil} - \rho_{veg})R^2 + (\rho_{soil} - \rho_{veg})NIR^2} \quad \text{رابطه ۲}$$

این فرمول تفاوت بین انعکاس پوشش گیاهی خاک لخت در باندهای طیفی قرمز و مادون قرمز نزدیک را نشان می‌دهد.



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

بر مبنای تئوری خط خاک (شیب و مبدأ)، یک نسخه بهتر از شاخص پوشش گیاهی را ارائه کردند. نسخه ساده شده جدید PVI که به نظر می‌رسد تاثیر کمتری از رنگ خاک در مقابل دیگر شاخص‌ها بپذیرد درصد سطح پوشش گیاهی را به شکلی مستقل از رطوبت و رنگ ارائه می‌نماید

نسخه بهبودیافته از PVI به صورت زیر است

$$PVI = RNIR - \alpha RRED - \beta \sqrt{1 + \alpha^2} \quad \text{رابطه ۳}$$

که در آن α شیب و β عرض از مبدأ خط خاک می‌باشد. (حجتی و مکرم ۱۳۹۵)

۳-۴-۳- شاخص گیاهی تعدیل شده برحسب خاک (SAVI):

شاخص SAVI توسط هیوت (۱۹۹۸) معرفی شد. این شاخص از دو باند فروسرخ نزدیک و قرمز و همچنین یک ضریب تصحیح استفاده می‌کند SAVI با به کارگیری ضریب تصحیح (L) خطای حاصل از پس زمینه و بازتاب خاک را تصحیح می‌نماید و در مناطق خشک و نیمه خشک تنگ بودن پوشش گیاهی باعث می‌شود اثرات بازتاب خاک زمینه اثر بازتاب پوشش گیاهی را تحت تأثیر قرار دهد و بر آن چیره شود

این شاخص با استفاده از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$SAVI = (NIR - red) / (NIR + red + L) (1 + L) \quad \text{رابطه ۴}$$

هیوت ثابت کرد که فاکتور L را می‌توان بر اساس محلی که خطوط مشخص تراکم پوشش گیاهی خط خاک را قطع می‌کند انتخاب کرد نتیجه نهایی ایجاد $NDVI$ واقع در یک زمینه است که نقطه صفر بازتاب‌های قرمز نزدیک واقع نیست. برای پوشش گیاهی زیاد مقدار $L = 0$ و برای پوشش گیاهی کم $L = 1$ و برای پوشش گیاهی متوسط $L = 0.5$ می‌باشد. این مقادیر کاربرد زیادی دارند $L = 0.5$ مقدار استاندارد شده ایست که کاربرد بیشتری دارد. هدف از ایجاد این شاخص حذف اثر تیرگی خاک زمینه (ایجاد شده توسط سایه) می‌باشد. (Huete, 2002). بعدها سه نسخه جدید $SAVI$ توسط (Major, et al., 1990) ارائه شد که شامل $SAVI2$ - $SAVI3$ - $SAVI4$ است این تغییر شکل‌ها با در نظر گرفتن تغییر در زاویه تابش خورشیدی است تا بتواند تاثیر خاک مرطوب و خشک را در نظر بگیرد (حجتی و مکرم؛ ۱۳۹۵)

$$SAVI2 = RNIR / RRED + \beta \alpha \quad \text{رابطه ۵}$$

α شیب و β عرض از مبدأ خط خاک می‌باشد.

۳-۴-۴- شاخص پوشش گیاهی ارتقاء یافته EVI



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

هیوت (۲۰۰۲) بیان نمود که در پوشش گیاهی با سایه‌انداز مترکم که سیگنال‌های پس‌زمینه آن‌ها زیاد است، اندازه تأثیر بازتاب جو و خاک کاهش می‌یابد و محاسبه جرم زنده گیاهی با شاخص NDVI با خطا روبه‌رو می‌گردد. از این‌رو شاخص پوشش گیاهی ارتقا یافته را ارائه نمود. به بیان دیگر شاخص EVI حساسیت بیشتری به نوسان‌های پوشش گیاهی در پهنه‌هایی که دارای جرم زنده انبوه دارد و همچنین ویژگی‌های جوی و بازتاب خاک را کاهش می‌دهد از این‌رو در بیشتر اوقات برای محاسبه تعیین روند نوسان‌های پوشش گیاهی و روند خشک‌سالی پهنه‌های گوناگون به‌کاربرده می‌شود. این شاخص برای شناسایی تغییرات ساختار گیاهان شامل شاخص سطح برگ، نوع و ساختار تاج پوششی گیاه بسیار کارآمد است. (Huete, 2002)

$$\text{EVI} = 2.5 + (\text{RED} - \text{NIR}) / ((\text{NIR}) + (6 \times \text{RED}) - (7.5 \times \text{BLUE}^4) + 1) \quad \text{رابطه ۶}$$

NIR باند مادون‌قرمز نزدیک

RED باند قرمز

BLUE باند آبی

۳-۴-۵- شاخص پوشش گیاهی تفاضلی DVI

این شاخص که توکر در سال ۱۹۷۹ ارائه کرده است از کسر کردن مقادیر انعکاس باند قرمز از باند مادون‌قرمز به‌دست می‌آید.

$$\text{DVI} = \text{NIR} - \text{RED} \quad \text{رابطه ۷}$$

با توجه به منحنی بازتاب‌های پوشش‌های عمده زمین، مقدار این شاخص برای پوشش گیاهی بیشتر بوده در حالی که برای آب منفی و برای سنگ و خاک مقدار آن نزدیک به صفر است. دامنه آن در محدوده ۲۵۵- و ۲۵۵+ قرار دارد این شاخص برای تفکیک بین پوشش گیاهی و خاک استفاده می‌شود.

۴- نتیجه‌گیری

مروری بر مطالعات گذشته نشان داد که جهت استخراج شاخص پوشش گیاهی در سنجش از دور یا آشکارسازی تغییرات آن به‌صورت معمول از شاخص‌های NDVI، EVI و SAVI استفاده می‌شود. لذا در این تحقیق بررسی جامعی روی کارایی و قابلیت شاخص NDVI در آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی انجام شد. برای بررسی دقیق پوشش گیاهی و حتی تعیین نوع پوشش نمی‌توان از یک شاخص گیاهی به‌تنهایی استفاده کرد و استفاده از چند شاخص در کنار یکدیگر و همچنین استفاده از اطلاعات جانبی از منطقه مورد مطالعه بسیار مفید و نتیجه‌بخش خواهد بود. یافته‌ها بیانگر برتری مطلق روش NDVI جهت آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی و شاخص‌های گیاهی سنجش از دور در ایران می‌باشد. شاخص NDVI پرکاربردترین و از قدیمی‌ترین شاخص‌های پوشش گیاهی در جهان است. بنابراین به محققان توصیه می‌گردد در صورتی که هدف استخراج پوشش گیاهی یا آشکارسازی تغییرات آن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سنجش از دور می‌باشد، صرف‌نظر از شرایط محیطی منطقه، شاخص



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

NDVI بهترین روش جهت انجام این کار در ایران می‌باشد. هرچند شاخص‌های دیگر هم نتایج قابل قبولی در ایران ارائه نموده‌اند اما نتایج پژوهش‌های به دست آمده قابلیت اجرای بالاتر شاخص NDVI در ایران را نشان می‌دهد.

منابع

۱. ثنائی نژاد، پ. (1389). بررسی مقایسه شاخص‌های مختلف گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM+ برای مطالعات پوشش گیاهی دشت نیشابور خراسان رضوی. پژوهش‌های زراعی ایران، 15(1): 128-15.
۲. جباری و همکاران، س. (1393). بررسی تغییرات درصد پوشش گیاهی مراتع با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در منطقه سمیرم اصفهان. بوم‌شناسی کاربردی، 38: 27-10(3).
۳. جعفری و همکاران، ه. (1390). بررسی گروه‌های مختلف شاخص‌های سنجش از دور در مزارع تیپ‌های مرتعی در سمیرم. مجله مرتع شماره 420-429.5.
۴. حجازی زاده، ز. (1389). مقدمه‌ای بر خشک‌سالی و شاخص‌های آن. انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی. تهران.
۵. درویش زاده و همکاران، ر. (1390). تعیین بیوماس محصول برنج با استفاده از شاخص‌های سنجش از دور. همایش ملی ژئوماتیک دانشگاه شهید بهشتی.
۶. رحمانی، ن. (1390). ارزیابی شاخص‌های پوشش گیاهی مورد استفاده در سنجش از دور (مطالعه موردی: حوضه هرسیک). همایش ژئوماتیک 90، سازمان نقشه برداری کشور ایران. تهران.
۷. زارع، ز. (1388). شناسایی خاک‌های شور منطقه سروسنان با استفاده از فنون سنجش از دور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته خاک شناسی. دانشگاه شیراز.
۸. سپهری، ع. (1381). کاربرد شاخص‌های گیاهی سنجند تی.ام در برآورد درصد پوشش گیاهی مراتع حفاظت شده جهان نما-گرگان. مجله منابع طبیعی ایران، 273-259 (52).
۹. صدیقی، م. (1390). پهنه بندی خطر فرسایش آبی با به کار گیری مدل ICONA بر مبنای فناوری RS&GIS مطالعه موردی: حوزه ابخیز تنگ سرخ شیراز، دکتر میرمسعود خیرخواه زرکش، دکتر برات مجردی، تهران، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران.
۱۰. طاهر کیا، ح. (1375). اصول و کاربرد سنجش از دور. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران.
۱۱. علوی پناه. (1382). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم.



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

۱۲. علوی پناه و همکاران، ک. (1385). بررسی تغییر پذیری طیفی پدیده‌های مختلف پوشش گیاهی و آب با استفاده از سنجش از دور. *پژوهش‌های جغرافیایی* 84-97. ۵۸، 84-97.
۱۳. فاطمه محمدیاری، ت. (1393). تهیه نقشه پوشش گیاهی و پایش تغییرات آن با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) شهرستان بهبهان. *فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی*؛ دوره ۲۳، شماره ۹۲.
۱۴. فاطمی، ی. (1385). مبانی سنجش از دور. *انتشارات ازاده*. چاپ اول.
۱۵. فاطمی و رضایی، س. (1384). مبانی سنجش از دور. *انتشارات ازاده چاپ اول تهران*.
۱۶. فخاری زاده شیرازی، ا. (1389). بررسی امکان برآورد دمای تاج پوشش محصولات کشاورزی با استفاده از فنون سنجش از دور. *پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته هواشناسی کشاورزی*. دانشگاه شیراز.
۱۷. محمدی، ج. (1386). پردازش رقومی داده‌های سنجش از دور. *انتشارات پلک*. تهران.
۱۸. محمودی کهن، ف. (1390). مطالعه نقش بارندگی در وقوع خشک‌سالی در منطقه خشک با استفاده از شاخص‌های گیاهی سنجش از دور (مطالعه موردی رفسنجان). *همایش ملی ژئوتیک ۹۰* - *اردیبهشت ۹۰*.
۱۹. ولی زاده و عراقی نژاد، پ. (1389). ارزیابی کارایی شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) از طریق پایش وضعیت پوشش گیاهی. *همایش ملی ژئوماتیک - اردیبهشت*. سازمان نقشه برداری تهران.

20. Baret, F., Guyot, G., & Major, D. J. . (1989). TSAVI: a vegetation index, which minimizes soil brightness, effects on LAI and APAR estimation. *In 12th Canadian Symposium on Remote Sensing Geoscience and Remote Sensing Symposium, (Vol. 3, pp. 1355-1358). IEEE.* .
21. Birth, G. S., & McVey, G. R. (1968). Measuring the color of growing turf with a reflectance spectrophotometer 1. *Agronomy Journal*, 60(6), . 640-643 .
22. Broge, B.H. and Mortensen, J.V. (2002). Deriving green crop area index and canopy chlorophyll density of winter wheat from spectral reflectance data. *Remote Sensing of Environment*. 81, 45-57.
23. Clevers, J. G. P. W. (1989). Application of a weighted infrared-red vegetation index for estimating leaf area index by correcting for soil moisture. *Remote Sensing of Environment*, 29(1), 25-37 .
24. Jordan, C. F. (1969). Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. *Ecology*, 50 , 663-666.
25. Maas, E. V., and Poss, J. A. . (1989). Salt sensitivity of wheat at various growth stages. *Irrigation Science*, 10(1): , 29-40.
26. Mandanici, E., & Bitelli, G. . (2016). Preliminary comparison of sentinel-2 and landsat 8 imagery for a combined use. *Remote Sensing*, 8(12), 1014
- Major, D. J., Baret, F., & Guyot, G. (1990). A



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

ratio vegetation index adjusted for soil brightness. *International journal of remote sensing*, 11(5), 727-740 .

27. Richardson, A. J., & Wiegand, C. L. . (1997). Distinguishing vegetation from soil background information. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 43(12), 1541-1552 .
28. Rondeaux, G., Steven, M., & Baret, F. . (1996). Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 55(2), , 95-107.
29. Vincini, M., Frazzi, E., D'alessio, P., and Stafford, J. V . (2007). Vincini, M., Frazzi, E., D'alessio, P., and Stafford, J. V . *Proceedings of the 6th European Conference on Precision Agriculture* , 189-196 .
30. Anderson, G. (1992). Evaluating hand-held radiometer derived vegetation indices for estimating above-ground biomass. *Geocarto Int.* 7, 71-78.
31. Bella, ,. (2004). Effect of senescent leaves on NDVI-based estimates of fAPAR: experimental and modelling evidences. *International Journal of Remote Sensing*. 23(14):, 5415 – 5427.
32. Gilabert, M. A., Piqueras, J. G., Garcia-Haro, J., & Meliá, J. . (1998). Designing a generalized soil-adjusted vegetation index (GESAVI). In *Remote sensing for agriculture, ecosystems, and hydrology* (Vol. 3499, pp. 396-404). *International Society for Optics and Photonics*. .
33. Goldewijk, ,. (2001). Estimating global land use change over the past 300 years: the HYDE database. *Global biogeochemical cycles*, 15(2),, 417-433.
34. Gower, ,. (1999). Estimating global land use change over the past 300 years: the HYDE database. *Global biogeochemical cycles*, 15(2), 417-433.
35. Huete, A.R. . (1998). A soil adjusted vegetation indices (SAVI), . *Remote sensing of Environment*, 25, 295-309.
36. Huete, A. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83, 195-213.
37. Kriegler, F. (1969). Preprocessing transformation and their effects on multispectral recognition, in. *Proceedings of the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment*, University of Michigan, Ann Arbor, MI, 97-137.
38. Pickup, G., Chewings, V. H., & Nelson, D. J. (1993). Estimating changes in vegetation cover over time in arid rangelands using Landsat MSS data. *Remote Sensing of Environment*, 43(3), 243-263.
39. Ramankutty, N. (1999). Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global biogeochemical cycles*, 13(4),, 997-1027.
40. Rouse, J.W., Haas, R.W., Schell, J.A., Deering, D.W. and Harlan, J.C., . (1974). Monitoring the vernal advancement and retro gradation (green ware effect) of natural vegetation. *Greenbelt, MD, USA, NASA/GSFCT, Type 3, Final Report* .



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

41. Schuwengerdt, J. (2007). Remote sensing: models and methods for image processing. *Elsevier Inc.*
42. Seyhan. (2004). RS and GIS (Remote Sensing and Geographical Information Systems). *International Journal of Remote Sensing*, 25:3105-3111.
43. Szostak, M. (2018). Using of Sentinel-2 images for automation of the forest succession detection. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 142-149.
44. Tucker, C.J., . (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sens. Environ.* 8: , 127–150.