

بررسی گروه‌های مختلف شاخص‌های گیاهی سنجش از دور در مطالعه تیپ‌های مرتعی (مطالعه موردی: سمیرم، اصفهان)

فاطمه هادیان^{۱*}، رضا جعفری^۲، حسین بشری^۳ و سعید سلطانی^۳

تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۱۵ - تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۱۵

چکیده

امروزه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به‌عنوان یکی از کم‌هزینه‌ترین و سریع‌ترین روش‌های ارزیابی مراتع مورد توجه است. در این مطالعه، تعداد ۱۰ شاخص گیاهی از گروه‌های مختلف با استفاده از باندهای طیفی محاسبه و میزان همبستگی این شاخص‌ها با میزان تاج‌پوشش گیاهی ۳ تیپ مرتعی در منطقه سمیرم اصفهان اندازه‌گیری شد. میزان تاج‌پوشش گیاهی و سایر اجزای زمین مانند لاشبرگ و سنگ و سنگریزه و خاک‌لخت با استفاده از روش قدم-نقطه و به‌شکل شعاعی (۱۰ نقطه تصادفی در هر تیپ انتخاب و از هر نقطه تصادفی ۴ ترانسکت ۱۵۰ متری و در مجموع تعداد ۶۰۰۰ نقطه در هر تیپ مرتعی) تعیین شد. گروه‌های مختلف شاخص‌های گیاهی براساس شیب خط خاک، فاصله از خط خاک و شاخص‌های حساس به آب گیاهان با استفاده از داده‌های ماهواره IRS-P6 (سنجنده AWiFS) بررسی شد. نتایج نشان داد با وجود اینکه تیپ‌های گیاهی براساس خصوصیات خود با یکی از ۱۰ شاخص‌های گیاهی سنجش از دوری محاسبه شده همبستگی بیشتری دارد، ولی میزان همبستگی بین هریک از شاخص‌های گیاهی در تیپ‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است. میزان همبستگی پوشش گیاهی و شاخص‌های گیاهی با در نظر گرفتن پوشش گیاهی زنده بسیار بیشتر بوده و در تیپ‌های تخریب یافته، میزان همبستگی بین تاج‌پوشش و شاخص‌های گیاهی به دلیل کاهش بازتاب ناشی از فتوسنتز کاهش نشان داد. نتایج این تحقیق نشان داد که هریک از شاخص‌های گیاهی برای پهنه‌بندی یک‌نوع تیپ گیاهی خاص مناسب است و این نکته در پهنه‌بندی و پایش پوشش گیاهی باید مدنظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: سنجنده AWiFS، شاخص‌های گیاهی، تاج‌پوشش گیاهی، سمیرم.

۱- کارشناس ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* نویسنده مسئول: hadian.fatemeh@gmail.com

۲- استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

مقدمه

مراتع و جنگل‌ها از مهمترین سرمایه‌های ملی با استفاده‌های فراوان هستند که مدیریت آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. شناخت قدرت بالقوه در رویشگاه‌های مرتعی و جنگلی و از طرفی ارزیابی و پایش آنها از موارد حیاتی در مدیریت این اکوسیستم‌ها به‌شمار می‌آید، اما هزینه‌های اقتصادی و وسعت مراتع و جنگل‌ها و نیز وجود مناطق صعب‌العبور از جمله مسائلی است که مطالعه آنها را با مشکل روبه‌رو می‌سازد (۸). استفاده از سنجش از دور مطالعه و پایش اکوسیستم‌ها را با کمترین هزینه ممکن می‌سازد. اساس سنجش از دور بر این نکته استوار است که اشیا در طول موج‌های مختلف مقدار متفاوتی از تابش را جذب، منتشر یا عبور می‌دهند. گیاهان مختلف نیز به نسبت‌های متفاوت تابش دریافتی را منعکس می‌کنند و این به‌عنوان خصوصیات طیفی گیاه تلقی می‌شود. لازمه شناخت و تفکیک جوامع گیاهی دانستن خصوصیات طیفی آن‌ها و آگاهی از اختلافات جزئی گیاهان است (۱۱). ایدویدج^۱ (۱۹۹۰) به این نتیجه رسید که گیاهان مختلف بسته‌به ویژگی‌های خود بازتاب‌های طیفی متفاوتی از خود نشان می‌دهند و هر یک از اجزای گیاهان با توجه به ساختار برگ و میزان فتوسنتز، خصوصیات طیفی متفاوتی دارد (۹). در مطالعه گیاهان با کمک تصاویر ماهواره‌ای می‌توان با استفاده از باندهای طیفی مختلف، شاخص‌های گیاهی را محاسبه و از آنها برای اهداف ارزیابی و پایش استفاده کرد. مشاهده‌ها حاکی از آن است که تغییر در تاج‌پوشش گیاهان سبب شکستگی در طیف بازتابی آنها می‌شود (۳). محاسبه رگرسیون و تعیین میزان همبستگی از روش‌های معمول برای مطالعه داده‌های ماهواره‌ای و تاج‌پوشش گیاهی است. انیل^۲ (۱۹۹۶) به این نتیجه رسید که تیپ‌های گیاهی مختلف همبستگی‌های متفاوتی را با هر یک از شاخص‌های گیاهی نشان می‌دهند و میزان این همبستگی در اواخر فصل رشد کاهش می‌یابد (۱۶). کالرا^۳ و همکاران (۲۰۰۱) با بررسی رابطه تاج‌پوشش و شاخص‌های گیاهی به این نتیجه رسیدند که هر یک از گونه‌های گیاهی رابطه ویژه‌ای را در بررسی

میزان همبستگی داده‌های زمینی و ماهواره‌ای دارند (۵). کهن^۴ و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی روابط شاخص سطح برگ و شاخص‌های گیاهی محاسبه‌شده با داده‌های ماهواره لندست^۵ نشان دادند که هر یک از گونه‌های گیاهی به تنهایی همبستگی بالایی را با شاخص‌های گیاهی دارند (۶). تیپ‌های گیاهی مختلف نیز بسته به خصوصیات خود به یک شاخص گیاهی همبستگی بهتری را نشان می‌دهند. وایل^۶ و همکاران (۲۰۰۲) در شمال آمریکا در یک منطقه علفزار همبستگی میان پارامترهای بیوفیزیکی گیاهان، بیوماس و شاخص سطح برگ را با NDVI^۷ بررسی کردند. در این مطالعه از ماهواره لندست برای محاسبه این شاخص استفاده شد. نتایج محاسبات همبستگی بسیار خوبی (۶۵٪ تا ۸۵٪) را میان NDVI و خصوصیات گیاهان نشان داد. ضمن اینکه مقدار این همبستگی در فصل‌رویش نیز بیشتر (۹۲٪ تا ۹۴٪) بود (۲۴). در مطالعات پوشش گیاهی در مراتع از شاخص‌های مختلف سنجش از دوری برای اندازه‌گیری درصد تاج‌پوشش گیاهی استفاده می‌شود که بسته به نوع منطقه و شرایط محیطی و خصوصیات گیاهی کارایی این شاخص‌ها متفاوت بوده و لازم است که متولیان امر مرتع و مرتعداری در سازمان‌های مربوطه از مناسب‌ترین روش و شاخص ممکن با توجه به نوع داده‌های در دسترس برای مطالعات ارزیابی و پایش پوشش گیاهی استفاده کنند. بنابراین در مطالعه حاضر به‌منظور شناخت شاخص گیاهی مناسب و نیز آثار اجزای مختلف زمین در میزان بازتاب طیفی مناطق مختلف مرتعی، میزان همبستگی تاج‌پوشش گیاهی با شاخص‌های گیاهی با در نظر گرفتن ترکیبات مختلف در تیپ‌های گیاهی بررسی شد و رابطه هر یک از شاخص‌های گیاهی با اجزای مختلف زمین مانند پوشش گیاهی زنده، لاشبرگ و اجزای غیره زنده مانند خاک لخت، سنگ و سنگریزه محاسبه شد.

4- Cohen

5- Landsat

6- Wylie

7- Normalized difference vegetation index

1- Eidvidge

2- Oneil

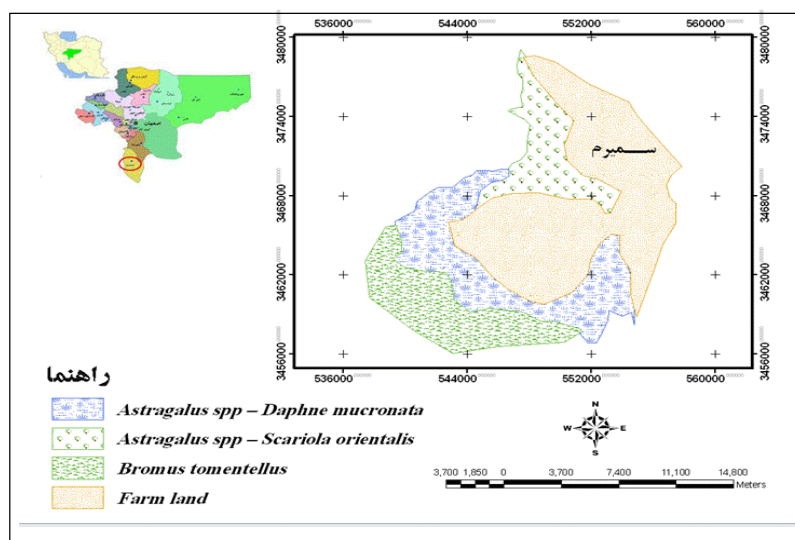
3- Calera

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از استان اصفهان واقع در جنوب شهرستان سمیرم را شامل می‌شود که بین طول جغرافیایی $51^{\circ} 21'$ تا $51^{\circ} 35'$ شرقی و عرض $31^{\circ} 24'$ تا $31^{\circ} 24'$ شمالی واقع شده است (شکل ۱). شهرستان سمیرم از نظر زمین‌شناسی در زون سنندج- سیرجان قرار گرفته است و تشکیلات دوره دوم زمین‌شناسی تا عهد حاضر در آن دیده می‌شود. آب و هوای شهرستان سمیرم

براساس تقسیم‌بندی کوپن جزء مناطق معتدل سرد با تابستان‌های گرم و خشک و در ارتفاعات جنوبی جزء مناطق معتدل سرد با تابستان‌های خنک و خشک می‌باشد. بارندگی سالانه منطقه از 350 - 450 میلی‌متر در مناطق مختلف متغیر است. ارتفاع منطقه مورد مطالعه 2000 - 2500 متر بالاتر از سطح دریا قرار دارد و از نظر پوشش گیاهی جزء منطقه ایران و تورانی محسوب می‌شود (۲۵).



شکل ۱- موقعیت مکانی تیپ‌های گیاهی مورد مطالعه

تیپ‌های گیاهی مورد مطالعه

تیپ‌های گیاهی مورد مطالعه براساس گونه غالب و به روش فیزیونومیک-فلورستیک^۱ تفکیک شد (۱). در این روش با توجه به ترکیب گیاهان منطقه و ساختار آنها طبقه‌بندی انجام می‌شود (شکل ۱). تیپ‌های گیاهی مورد مطالعه به شرح زیر بودند جدول (۱):

Bromus tomentellus: این تیپ منطقه‌ای علفزار است و اغلب از گونه‌های یکساله و چندساله گندمیان تشکیل شده و گونه‌گون نیز به صورت محدود و پراکنده در آن دیده می‌شود. این تیپ از نظر مرتعی و به‌روش چهار فاکتوری تعدیل شده وضعیت متوسط دارد (۲۰).

Astragalus spp - Daphne mucronata: این تیپ در بین برون‌زدگی‌های مارنی منطقه واقع شده است و گونه‌های گندمیان یکساله نیز به‌وفور در آن دیده می‌شوند. وضعیت مرتعی این تیپ گیاهی ضعیف است.

Astragalus spp - Scariola orientalis: این تیپ بسیار تخریب یافته‌بوده و خاک آن نیز بسیار فرسایش یافته است. گونه کنگر خوراکی (*Gundelia tournefortii*) نیز به‌طور پراکنده در این تیپ دیده می‌شود و از نظر مرتعی وضعیت آن بسیار ضعیف است.

جدول ۱- تعیین وضعیت تیپ‌های گیاهی براساس روش چهار فاکتوره تعدیل شده (۲۰)

نام تیپ گیاهی	پوشش گیاهی	ترکیب گیاهی	بنیه و شادابی گیاهان	خاک	جمع امتیاز	تعیین وضعیت
<i>Bromus tomentellus</i>	۹	۸	۷	۱۲	۳۶	متوسط
<i>Astragalus Spp- Daphne mucronata</i>	۱۰	۴	۴	۹	۲۷	ضعیف
<i>Astragalus Spp- Scariola orientalis</i>	۱۰	۲	۳	۴	۱۹	بسیار ضعیف

روش نمونه‌برداری زمینی

برای بررسی ارتباط میان پوشش گیاهی و شاخص‌های گیاهی، میزان تاج پوشش گونه‌های گیاهی با استفاده از روش تصادفی - سیستماتیک اندازه‌گیری شد (۱۲). ابتدا در هر تیپ گیاهی ۱۰ مکان نمونه‌برداری به‌طور تصادفی تعیین و سپس در هر یک از این مکان‌ها تعداد ۴ ترانسکت ۱۵۰ متری به‌طور شعاعی حول یک نقطه مرکزی مستقر شد (شکل ۲) و به روش قدم-نقطه^۱ با استفاده از نقاط برخورد در طول هر ترانسکت (۱۵۰ نقطه در طول هر ترانسکت) نمونه‌برداری شد (۱۵). همچنین در هر تیپ گیاهی براساس ابعاد پیکسل تصویر ماهواره‌ای و رابطه زیر حداقل سطح نمونه‌برداری محاسبه شد (۱۴):

$$A = [P(1 + 2L)]^2$$

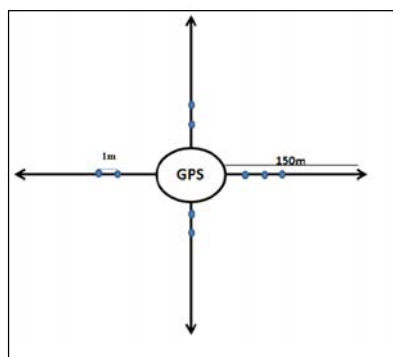
که در این رابطه مقادیر A ، L و P به‌ترتیب حداقل سطح نمونه‌برداری، میزان خطای تصحیح هندسی (برحسب پیکسل) و ابعاد پیکسل تصویر ماهواره‌ای است. با توجه به اینکه در این تحقیق از تصویر سنجنده AWiFS (ابعاد ۵۶×۵۶ متر) با خطای تصحیح هندسی ۰/۵ پیکسل استفاده شد، حداقل سطح موردنیاز برای نمونه‌برداری ۱۴۴۰۰ متر مربع است، بنابراین برای اطمینان بیشتر، در این مطالعه در هر تیپ گیاهی منطقه‌ای به مساحت ۷۰۶۵۰ متر مربع (حدود ۵ برابر حداقل سطح مورد نیاز) نمونه‌برداری شد (شکل ۲).

بررسی همبستگی تاج پوشش و شاخص‌های گیاهی

برای بررسی میزان همبستگی شاخص‌های گیاهی با میزان تاج پوشش، با توجه به طول ترانسکت نمونه‌برداری، نقشه وکتوری به‌شعاع ۱۵۰ متری نقاط نمونه‌برداری تهیه و برای مطالعه هر یک از تیپ‌های گیاهی در نرم‌افزار ERDAS IMAGINE 9.1 از ارزش پیکسل‌های مذکور

میانگین‌گیری شد (۱۰ و ۱۲). سپس میزان ضریب تعیین و آزمون معنی‌داری هر یک از تیپ‌های گیاهی به‌تفکیک بررسی شد. محاسبه اجزای پوشش گیاهی به‌شرح زیر بود:

- (۱) پوشش گیاهان زنده + لاشبرگ = کل پوشش گیاهی
- (۲) کلیه گیاهان زنده فتوسنتز کننده = پوشش گیاهان زنده
- (۳) گیاهان یک‌ساله - پوشش گیاهان زنده = گیاهان زنده دائمی



شکل ۲- در هر تیپ گیاهی از ۱۰ منطقه به‌صورتی که در شکل نمایش داده شده است نمونه‌برداری شد. مختصات جغرافیایی نقطه مرکزی ثابت و به‌طور شعاعی ۴ ترانسکت از این نقطه مستقر و موارد زمینی در هر یک متر مطالعه شد.

پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

به‌منظور بررسی پوشش گیاهی از تصویر ماهواره IRS-P6 (سنجنده AWiFS) متعلق به‌زمان نمونه‌برداری (۱۳۸۸/۳/۱۱) استفاده شد. ابتدا تصحیح هندسی بر روی آن اعمال شد. در تصحیح هندسی ابتدا باند پانکروماتیک سنجنده ETM⁺ (با ابعاد ۱۵×۱۵ متر مربع) با خطای ۰/۳۸ پیکسل به نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ ثبت داده شد و از آن برای ثبت تصویر AWiFS (با خطای ۰/۴۶ پیکسل) استفاده شد.

محاسبه شاخص‌های گیاهی

بررسی میزان همبستگی تاج‌پوشش و شاخص‌های گیاهی

بررسی میزان همبستگی بین تاج‌پوشش گیاهی و شاخص‌های گیاهی نشان داد که در تیپ‌های مختلف بسته به خصوصیات پوشش گیاهی به یک شاخص همبستگی بهتری نشان می‌دهند. در کلیه تیپ‌های مورد مطالعه بیشترین همبستگی میان شاخص‌های گیاهی و پوشش گیاهی زنده مشاهده شد. در تیپ *Bromus tomentellus* بیشترین همبستگی میان تاج‌پوشش کلیه گیاهان زنده و شاخص SSI وجود داشت (۷۰٪) و شاخص‌های SVI، SAVI، NDVI و STVI-3 نیز همبستگی بسیار بالایی را با تاج‌پوشش گیاهی نشان دادند (جدول ۴).

شاخص STVI-1 بیشترین همبستگی را در تیپ مرتعی *Astragalus mucronata* spp.-*Daphne* با تاج‌پوشش کلیه گیاهان زنده داشت (۸۳٪) و در این تیپ گیاهی میزان همبستگی بین تاج‌پوشش و شاخص‌های گیاهی نسبت به سایر تیپ‌های مرتعی بیشتر بود. در این تیپ گیاهی SSI، PVI و STVI-4 نیز همبستگی بسیار بالایی با تاج‌پوشش گیاهی داشتند. نتایج نشان داد که حذف گیاهان یکساله از درصد تاج‌پوشش گیاهی باعث کاهش میزان همبستگی بین تاج‌پوشش گیاهی و شاخص‌های گیاهی می‌شود (جدول ۴).

در تیپ مرتعی *Astragalus* spp.-*Scariola orientalis*

نسبت به سایر تیپ‌های مرتعی میزان همبستگی بین پوشش گیاهی و شاخص‌های گیاهی نسبت به سایر تیپ‌های گیاهی بسیار کاهش یافت (۴۳٪) و بیشترین همبستگی را شاخص NDVI نشان داد. با حذف گیاهان یکساله تغییر محسوسی در میزان همبستگی تاج‌پوشش با شاخص‌های گیاهی فوق دیده نشد. به جز شاخص بیان شده SVI، SSI و SAVI نیز همبستگی نزدیکی نسبت به شاخص NDVI با تاج‌پوشش گیاهی داشتند و در کلیه شاخص‌ها با در نظر گرفتن کل پوشش گیاهی، از میزان همبستگی کاسته شد (جدول ۴).

شاخص‌های گیاهی محاسبات ریاضی‌اند که از ترکیب باندهای مختلف به وجود می‌آیند. شاخص‌های گیاهی محاسبه شده در این تحقیق شامل گروه شاخص‌های بر اساس شیب^۱، فاصله‌ای^۲ و حساس به آب گیاهان^۳ هستند که از ترکیبات باندهای ۴ گانه تصویر AWiFS به وجود آمده‌اند (جدول ۲) (۱۳ و ۲۲).

گروه اول: شاخص‌های براساس شیب مانند^۴ NDVI، SAVI^۵ هستند که با توجه به مقایسه بازتاب زیاد گیاهان در باند مادون قرمز نزدیک و بازتاب کم در باند قرمز محاسبه می‌شوند.

گروه دوم: شاخص‌های فاصله‌ای مانند^۶ PD54، SSI^۷ هستند که برای از بین بردن اثر خاک بر بازتاب گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرند و با توجه به فاصله از خط خاک (که از ارتباط همبستگی میان دو باند یا دو تصویر تک باندی است و با تعیین بازتاب خاک در دو نقطه محاسبه می‌شود)، به دست می‌آید.

گروه سوم: شاخص‌های حساس به آب مانند^۸ STVI-1، MSVI-1 هستند که براساس امواج مادون قرمز میانی محاسبه می‌شوند و با توجه به اینکه در این طول موج مقدار آب گیاهان اندازه‌گیری می‌شود، شاخص‌های حساس به آب نامیده می‌شوند.

نتایج

درصد پوشش گیاهی تیپ‌های گیاهی

با توجه به اینکه در هر تیپ گیاهی ۱۰ نقطه به‌طور تصادفی تعیین شد و در هر نقطه نیز از ۴ ترانسکت ۱۵۰ متری استفاده شد، میانگین ۴ ترانسکت به‌عنوان میانگین درصد پوشش یک سایت ۷۰۶۵۰ متر مربعی تعیین شد. در هر تیپ از درصد پوشش در هر ۱۰ سایت میانگین‌گیری و درصد پوشش هر تیپ تعیین شد. نتایج نشان داد که تیپ‌های گیاهی مورد مطالعه از نظر درصد پوشش گیاهی و ترکیب گونه‌ای و فرم رویشی با یکدیگر متفاوتند (جدول ۳).

1 - Slope-based

2 - Distance-based

3 - Plant-water sensitive

4 - Normalized difference vegetation index

5 - Soil adjusted vegetation index

6 - Perpendicular distance

7 - Soil Stability Index

8 - Stress related vegetation index

جدول ۲- شاخص‌های گیاهی مقایسه‌شده در این مطالعه

براساس باندهای AWiFS	رابطه	مرجع	شاخص گیاهی	گروه شاخص‌های گیاهی
$\frac{3}{2}$	$\frac{NIR}{R}$	پیرسون ^۱ و میلر ^۲ (۱۹۷۲)	SVI ^۳	گروه ۱ (براساس شیب خط خاک)
$(3-2)/(3+2)$	$(NIR-R)/(NIR+R)$	رز ^۴ و همکاران (۱۹۷۴)	NDVI	
$[(3-2)/(3+2+0.5)] \times 1.5$	$[(NIR-R)/(NIR+R+L)] \times (1+L)$	هونل ^۵ و همکاران (۱۹۸۸)	SAVI-B ^۶	گروه ۲ (براساس فاصله از خط خاک)
$\sin(\alpha) \times 3 - \cos(\alpha) \times 2$	$\sin(\alpha) \times NIR - \cos(\alpha) \times R$	رندبوکس ^۷ و همکاران (۱۹۹۶)	PVI ^۸	
1v. 2	فاصله عمودی خط خاک از پوشش گیاهی	پیکاپ ^۹ و همکاران (۱۹۹۳)	PD54	گروه ۳ (حساس به میزان آب)
1/3 v. 2/3	فاصله عمودی خط خاک از پوشش گیاهی	پیکاپ و نلسون ^{۱۰} (۱۹۸۴)	SSI	
$(4 \times 2)/3$	$(SWIR \times R)/NIR$	تنکابای ^{۱۱} و همکاران (۱۹۹۴)	STVI-1 ^{۱۲}	گروه ۳ (حساس به میزان آب)
$3/(4+2)$	$NIR/(SWIR+R)$	تنکابای و همکاران (۱۹۹۴)	STVI-3 ^{۱۳}	
$3 - ((2 \times 4)/(3+4))$	$NIR - ((R \times SWIR)/(NIR+SWIR))$	تنکابای و همکاران (۱۹۹۴)	STVI-4 ^{۱۴}	
$\frac{3}{4}$	$\frac{NIR}{SWIR}$	تنکابای و همکاران (۱۹۹۴)	MSVI-1 ^{۱۵}	

جدول ۳- میانگین درصد اجزای تشکیل دهنده زمین در منطقه مورد مطالعه

نام تیپ گیاهی	اندازه نمونه	یک‌ساله‌ها	گراس‌های چندساله	پهن برگان چندساله	بوته‌های (چندساله)	درختچه	لاشبرگ	سنگ و سنگریزه	خاک لخت
<i>Bromus tomentellus</i>	۱۰	۲/۵۲	۳۵/۱۳	-----	۰/۴	-----	۶/۷۶	۲۹/۳۷	۲۵/۸۲
<i>Astragalus Spp- Daphne mucronata</i>	۱۰	۱۳/۰۲	۲/۳	۰/۷	۱۱/۸	۱۲/۴	۱۰/۵۶	۲۲/۳۳	۳۵/۱۷
<i>Astragalus Spp- Scariola orientalis</i>	۱۰	۱۴/۰۷	۳/۹۶	۹/۴۶	۱۳/۲۴	-----	۱۱/۱	۱۲/۲۵	۳۵/۹۲

- 1- Pearson
- 2- Miller
- 3- Simple vegetation index
- 4- Rouse
- 5- Huete
- 6- Soil adjusted-B
- 7- Rondeaux
- 8- Perpendicular vegetation index
- 9- Pickup
- 10- Nelson
- 11- Thenkabail
- 12- Stress related-1
- 13- Stress related-3
- 14- Stress related-4
- 15- Mid-infrared-1

جدول ۴- همبستگی بین تاج پوشش و شاخص‌های گیاهی در تیپ‌های گیاهی، اعداد اول درون جدول نشان دهنده مقادیر ضریب تبیین (R^2) و اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده سطح معنی‌داری (p-value)

نام تیپ گیاهی	گروه شاخص‌های گیاهی	شاخص‌های گیاهی	گیاهان دائمی زنده	کلیه گیاهان زنده	کلیه پوشش گیاهی زنده و غیر زنده
<i>Bromus tomentellus</i>	گروه ۱ (براساس شیب خط خاک)	SVI	۰/۳۹۰(۰/۰۷۲)	۰/۶۴۶(۰/۰۰۹) [*]	۰/۰۱۲(۰/۷۷۶)
		NDVI	۰/۳۸۱(۰/۰۷۶)	۰/۶۳۶(۰/۰۱۰) [*]	۰/۰۱۸(۰/۷۱۳)
		SAVI-B	۰/۳۹۰(۰/۰۷۲)	۰/۶۴۹(۰/۰۰۹) [*]	۰/۰۱۴(۰/۷۶۲)
		PVI	۰/۰۰۹(۰/۸۰۵)	۰/۱۳۴(۰/۳۳۲)	۰/۰۹۷(۰/۴۳۱)
	گروه ۲ (براساس فاصله از خط خاک)	PD54	۰/۲۵(۰/۶۸۵)	۰/۳۰۷(۰/۱۳۱)	۰/۰۱۷(۰/۷۳۴)
		SSI	۰/۴۲۳(۰/۰۵۴)	۰/۷۰۳(۰/۰۰۵) [*]	۰/۰۲۰(۰/۷۱۸)
		STVI-1	۰/۰۵۳(۰/۵۵۱)	۰/۰۱۰(۰/۷۹۹)	۰/۰۲۲(۰/۷۰۶)
		STVI-3	۰/۶۶۳(۰/۰۰۸) [*]	۰/۵۵۹(۰/۰۲۱) ^{**}	۰/۰۱۶(۰/۷۴۴)
	گروه ۳ (حساس به میزان آب)	STVI-4	۰/۲۵۵(۰/۱۶۶)	۰/۰۳۲(۰/۶۴۴)	۰/۰۴۲(۰/۵۹۶)
		MSVI-1	۰/۶۸۵(۰/۰۰۶) [*]	۰/۴۳۵(۰/۰۵۳)	۰/۰۴۸(۰/۵۷۱)
<i>Astragalus spp-Daphne mucronata</i>	گروه ۱ (براساس شیب خط خاک)	SVI	۰/۱۴۴(۰/۳۱۴)	۰/۶۸۲(۰/۰۰۶) [*]	۰/۱۶۳(۰/۲۸۱)
		NDVI	۰/۱۵۷(۰/۳۹۲)	۰/۷۰۱(۰/۰۰۵) [*]	۰/۱۵۷(۰/۲۹۰)
		SAVI-B	۰/۱۵۳(۰/۳۹۸)	۰/۶۹۹(۰/۰۰۵) [*]	۰/۱۵۹(۰/۲۸۸)
		PVI	۰/۱۱۶(۰/۳۷۰)	۰/۷۷۲(۰/۰۰۲) [*]	۰/۰۴۰(۰/۶۰۸)
	گروه ۲ (براساس فاصله از خط خاک)	PD54	۰/۰۳۲(۰/۶۴۷)	۰/۰۹۰(۰/۴۳۳)	۰/۲۰۱(۰/۲۲۶)
		SSI	۰/۱۸۲(۰/۲۵۲)	۰/۷۲۳(۰/۰۰۴) [*]	۰/۱۷۰(۰/۲۷۰)
		STVI-1	۰/۰۱۵(۰/۳۲۴)	۰/۸۲۹(۰/۰۰۱) [*]	۰/۰۴۰(۰/۶۰۷)
		STVI-3	۰/۲۲۰(۰/۲۰۲)	۰/۵۵۷(۰/۰۱۳) ^{**}	۰/۳۸۱(۰/۰۷۷)
	گروه ۳ (حساس به میزان آب)	STVI-4	۰/۰۸۱(۰/۴۵۸)	۰/۷۳۸(۰/۰۰۳) [*]	۰/۰۰۲(۰/۹۰۶)
		MSVI-1	۰/۱۷۴(۰/۲۴۷)	۰/۴۸۳(۰/۰۳۸) ^{**}	۰/۵۰۲(۰/۰۳۳)
<i>Astragalus spp-Scariola orientalis</i>	گروه ۱ (براساس شیب خط خاک)	SVI	۰/۳۰۵(۰/۱۲۳)	۰/۴۳۹(۰/۰۵۲)	۰/۰۱۸(۰/۷۲۹)
		NDVI	۰/۳۰۷(۰/۱۲۱)	۰/۴۳۴(۰/۰۵۴)	۰/۰۱۶(۰/۷۴۳)
		SAVI-B	۰/۳۰(۰/۱۲۷)	۰/۴۴۱(۰/۰۵۱)	۰/۰۱۴(۰/۷۶۱)
		PVI	۰/۰۶۳(۰/۵۱۵)	۰/۱۵۶(۰/۲۹۳)	۰/۰۵۴(۰/۵۴۹)
	گروه ۲ (براساس فاصله از خط خاک)	PD54	۰/۰۷۹(۰/۴۶۳)	۰/۰۱۵(۰/۷۵۱)	۰/۴۶۰(۰/۰۴۴)
		SSI	۰/۲۸۱(۰/۱۴۲)	۰/۴۳۸(۰/۰۵۲)	۰/۰۰۴(۰/۷۸۱)
		STVI-1	۰(۰/۹۷۲)	۰/۰۳۴(۰/۶۳۵)	۰/۰۰۲(۰/۹۰)
		STVI-3	۰/۲۵(۰/۱۷۱)	۰/۰۷۰(۰/۴۹۲)	۰/۳۲۹(۰/۱۰۶)
	گروه ۳ (حساس به میزان آب)	STVI-4	۰/۰۴۳(۰/۵۹۱)	۰/۰۵۲(۰/۵۵۴)	۰/۱۵۶(۰/۲۹۲)
		MSVI-1	۰/۱۱۹(۰/۳۶۳)	۰(۰/۹۹۵)	۰/۴۱۶(۰/۰۶۱)

*: معنی‌دار در سطح یک درصد **: معنی‌دار در سطح ۵ درصد

بحث و نتیجه‌گیری

نسبت پوشش گیاهی زنده، پوشش گیاهی غیرزنده و اجزاء فیزیکی (سنگ، سنگریزه و خاک) سه جزء مهم تعیین‌کننده بازتابش پوشش هستند (۹). در این بین، پوشش گیاهی زنده از اهمیت زیادی برخوردار است. مقدار بازتابش از پوشش زنده نیز به مقدار آب، ساختمان سلول، مقدار کلروفیل و ساختمان گیاه بستگی دارد و از طرفی اختلافات مورفولوژیک نظیر نوع تاج پوشش گیاهی، شکل برگ و نیز تنوع در فعالیت‌های زیستی سبب اختلاف در بازتاب گیاهان در باندهای مختلف می‌شود (۱۱). همان‌طور که نتایج این مطالعه نشان داد، میزان همبستگی پوشش -

گیاهی زنده نیز با شاخص‌های گیاهی بسیار بیشتر است که این همبستگی با در نظر گرفتن میزان لاشبرگ کاهش می‌یابد، توجه این امر خصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران که گیاهان در فصل تابستان به حالت کمون می‌روند یا در سال‌های خشک اهمیت ویژه‌ای دارد. جعفری و همکاران (۲۰۰۷) نیز به این نتیجه دست یافتند که میزان همبستگی پوشش گیاهی زنده نسبت به کل پوشش گیاهی با شاخص‌های گیاهی بیشتر است (۱۳). میزان همبستگی بین شاخص‌های گیاهی و درصد تاج پوشش در تیپ‌های مورد مطالعه نشان داد که هریک از تیپ‌ها، همبستگی‌های متفاوتی را در هریک از

منطقه نسبت به یک شاخص-گیاهی همبستگی بهتری را نشان می‌دهند. بنابراین شناخت شاخص گیاهی مناسب در مطالعه هر یک تیپ‌های گیاهی از اهمیت زیادی برخوردار است. ولی با در نظر گرفتن اینکه شاخص NDVI در کلیه تیپ‌های همبستگی نسبتاً خوبی را با تاج پوشش گیاهی داشت، در مطالعات با وسعت زیاد می‌توان از این شاخص استفاده کرد. کاهش میزان همبستگی در تیپ *Astragalus spp-Scariola orientalis* بیانگر کاهش میزان همبستگی میان تاج پوشش و شاخص‌های گیاهی در اثر از بین رفتن بنیه و شادابی گیاهان به دلیل تخریب مرتع بوده است (۱۶). در مناطق مختلف میزان تاج پوشش بسته به نوع پوشش گیاهی و شرایط منطقه، نوع و رنگ خاک از عوامل مؤثر بر خصوصیات طیفی گیاهان به حساب می‌آیند که این امر موجب می‌شود که در برخی مناطق بعضی از شاخص‌های گیاهی با توجه به ماهیت خود همبستگی بهتری با میزان تاج پوشش گیاهی داشته باشند. شاخص‌های ساده‌ای مانند NDVI همبستگی معنی‌داری را در کلیه تیپ‌های گیاهی مورد مطالعه نشان دادند که با توجه به تأثیرپذیری کم این شاخص از خصوصیات منطقه و سهولت در اجرا می‌تواند در مطالعات پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گیرد (۱۳).

در این تحقیق زمان نمونه برداری صحرایی زمانی انتخاب شد که گیاهان غالب تیپ‌های گیاهی در اوج مرحله رویشی خود بودند، علاوه بر این از تصویر ماهواره‌ای همزمان با نمونه برداری استفاده شد. این عوامل موجب شد که نتایج قابل قبولی در مطالعه پوشش به دست آید، بنابراین در مطالعات سنجش از دور، با توجه به نوع پوشش گیاهی، شناخت شاخص گیاهی مناسب، شناخت وضعیت مرتع و استفاده از تصاویر زمانی مناسب با توجه به خصوصیات فنولوژی گیاهان منطقه از اهمیت زیادی برخوردار است. با در نظر گرفتن خصوصیات گیاهان مختلف و تأثیر آن در بازتاب طیفی آنها ضروری است که در مطالعات پوشش گیاهی با استفاده از سنجش از دور تفکیک تیپ‌های گیاهی انجام گیرد. همان‌طور که نتایج تحقیق حاضر نشان داد، شاخص‌های سنجش از دوری می‌توانند به عنوان مکمل روش‌های میدانی در مطالعات پوشش گیاهی به کار گرفته شوند. ارزیابی و پایش پوشش

شاخص‌های گیاهی نشان می‌دهند. انیل (۱۹۹۶)، ریچاردسون^۱ و همکاران (۱۹۹۲)، پورودرج^۲ و همکاران (۱۹۹۸) و سلیمانی و همکاران (۲۰۱۱) نیز به این نتیجه دست یافتند که میزان همبستگی شاخص‌های گیاهی و تاج پوشش گیاهی بر حسب نوع پوشش گیاهی با یکدیگر متفاوت است (۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۲۲). این اختلاف می‌تواند به دلیل تنوع در ساختمان کلروفیل در تیپ‌های گیاهی باشد. بارت^۳ و همکاران (۱۹۹۴) نوع ساختمان برگ گیاهان را یکی از عوامل مهم در بازتاب تاج پوشش گیاهی معرفی کرده‌اند (۲). کاهش فعالیت فتوسنتزی، کاهش بازتاب گیاهان و به دنبال آن کاهش میزان همبستگی میان تاج پوشش گیاهی و شاخص‌های گیاهی را در پی دارد. سنسمن و همکاران (۱۹۹۶)، رسو^۴ و همکاران (۲۰۱۰) کاهش سبزیگی را یکی از عوامل کاهش میزان این همبستگی معرفی می‌نمایند (۱۹ و ۲۱). میزان همبستگی بین تاج پوشش و کلیه شاخص‌های گیاهی در تیپ *Astragalus spp. - Scariola orientalis* کاهش داشت. با توجه به وضعیت این تیپ گیاهی می‌توان بیان کرد که تخریب مرتع و کاهش زادآوری و بنیه و شادابی گیاهان موجب کاهش سطح فتوسنتزکننده و کاهش سبزیگی و طراوت گیاهان می‌شود که این امر کاهش بازتاب طیفی را به دنبال داشته است. تحقیقات مختلف نیز نشان می‌دهند که شاخص‌های گیاهی نسبت به شادابی گیاهان حساسیت زیادی دارند. سرلپن^۵ و بلوم^۶ (۲۰۰۱) بنیه و شادابی گیاهان را یکی از عوامل مؤثر در بازتاب طیفی گیاهان معرفی می‌کنند (۷). وو^۷ و همکاران (۲۰۰۸) نیز همبستگی زیادی بین میزان کلروفیل و شاخص‌های مشاهده کردند (۲۳). بویانتویو^۸ و همکاران (۲۰۰۷) نیز دریافتند که در مناطق تخریب یافته میزان همبستگی بین شاخص‌های گیاهی و تاج پوشش کاهش می‌یابد (۴). نتایج این تحقیق نشان دهنده این بود که هر یک از تیپ‌های گیاهی با توجه به نوع گونه‌های گیاهی و سایر شرایط

1-Richardson

2-Purevdorj

3-Baret

4-Russo

5-Crippen

6- Blom

7-Wu

8-Buyantuyev

گیاهی بر پایه داده‌های ماهواره‌ای می‌تواند اطلاعات زیادی را درباره وضعیت پوشش گیاهی و تغییرات زمانی و مکانی آن فراهم آورد. همچنین این داده‌ها می‌توانند داده‌های زمینی نقطه‌ای را به‌کل منطقه تعمیم داده و نواقص روش‌های میدانی در این زمینه را تا حدود زیادی برطرف سازند.

منابع

1. Azarnivand, H. & M.A. Zare Chahouki., 2011. Rangeland ecology. University of Tehran Press, 345p. (In Persian)
2. Baret, F., V.C. Vanderbilt, M.D. Steven & S. Jacquemoud, 1994. Use of Spectral Analogy To Evaluate Canopy reflectance sensitivity to leaf optical properties. *Remote Sensing of Environment*, 48: 253-260.
3. Baret, F., J. G. P. W. Cleversb, & M. D. Stevenc. 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.
4. Buyantuyev, A., J. Wu, & C. Gries, 2007. Estimating vegetation cover in an urban environment based on Landsat ETM⁺ imagery: A Case study in Phoenix, USA. *International Journal of Remote Sensing*, 28(2):269-291.
5. Calera, A., C. Martinez & J. Melia, 2001. A procedure for obtaining green plant cover: relation to NDVI in a case study for barley. *International Journal of Remote Sensing*, 22(17): 3357-3362.
6. Cohen, W. B., T.K. Maierperger, S.T. Gower & D.P. Turner, 2003. An Improved Strategy for Regression of Biophysical Variables and Landsat ETM⁺ Data, *Remote Sensing of Environment*, 84:561-571.
7. Crilpen, R.E. & R.G. Blom, 2001. Unveiling the Lithology of Vegetated Terrains in Remotely Sensed Imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 67(8): 935-943.
8. Daghestani, M., 2010. Application of Remote Sensing Science in Forest Management. The First Regional Conference Geomatics, Eslamshahr.
9. Eidvidge, C.D., 1990. Visible and near infrared reflectance characteristics of dry plant materials. *International Journal of Remote Sensing*, 11(10): 1775-1795.
10. Geosystems, L., Erdas Imagine Version 9.1, User's guide. Leica Geosystems Geospatial Imaging, LCC, USA.
11. Goldsmith, F.B., 1991. *Monitoring for Conservation and Ecology*, Chapman & Hall: 275p.
12. Jafari, R., 2007. Arid land condition assessment and monitoring using multispectral and hyperspectral imagery. PhD Thesis, University of Adelaide Australia, 150p.
13. Jafari, R., M.M. Lewis & B. Ostendorf, 2007. Evaluation of vegetation indices for assessing vegetation cover in southern Arid lands in South Australia. *The Rangeland Journal*, 29: 39-49.
14. McCoy, R. M., 2005. *Field Methods in Remote Sensing*. Guilford, 159p.
15. O'Neill, A. L., 1994. Reflectance spectra of microphytic soil crusts in semi-arid Australia. *International Journal of Remote Sensing*, 15(3): 675-681.
16. O'Neill, A. L., 1996. Satellite derived vegetation indices applied to semi-arid Shrublands in Australia. *Australian Geographer*, 27(2): 185-199.
17. Purevdorj, T., R. Tateishi, T. Ishiyama & Y. Honda., 1998. Relationships between percent vegetation cover and vegetation indices. *International Journal of Remote Sensing*, 19(18): 3519-3535.
18. Richardson, A. J., C. L. Wiegand, D.F. Wanjura, D.F. Dusek & J.L. Steiner., 1992. Multisite analyses of spectral-biophysical data for Sorghum. *Remote Sensing of Environment*, 41(1): 71-82.
19. Russo, A. L., T. Simoniello, M. Greco, G. Squicciarrino, M. Lanfredi & M. Macchiato., 2010. Correlation Between Satellite Vegetation Indices and Crop Coefficients. *Geophysical Research*, 12 pp.
20. Saeedfar, M., 2005. Introduction a suitable method to evaluate the range condition in sub-steppe region (Isfahan province. PhD Thesis, University of Tehran, 184p. (In Persian)
21. Senseman, G.M., C.F. Bagleya & S.A. Tweddale, 1996. Correlation of Rangeland Cover Measures to Satellite Imagery Derived Vegetation Indices. *Geocarto International*, 11(3): 29 - 38.
22. Solaimani, K., F. Shokrian, R. Tamartash & M. Banihashemi, 2011. Landsat ETM⁺ Based Assessment of Vegetation Indices in Highland Environment. *Journal of Advances in Developmental Research*, 2(1): 5-13.
23. Wu, C., Z. Niu, Q. Tang & W. Huang, 2008. Estimating Chlorophyll Content from Hyperspectral Vegetation Indices: Modeling and Validation. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148: 1230-1241.
24. Wylie, B. K., D.J. Meyer, L.L. Tieszen & S. Mannel, 2002. Satellite mapping of surface biophysical parameters at the biome scale over the North American grasslands: A case study. *Remote Sensing of Environment*, 79(2-3): 266-278.
25. Yeganeh, H., S. J. Khajeddin & A. R. Soffianian., 2008. Evaluating the Potentials of Spectral Indices of the MODIS in Estimating the Plant Production in Semirom Pastures, *Rangeland*, 2(1):63-77. (In Persian)