



# سنجش از دور & GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران / سال چهارم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۱  
Iranian Remote Sensing & GIS / Vol.4, No.4, Winter 2013

۸۳-۱۰۰

## ارزیابی صحت شاخص‌های طیفی پهنه‌بندی پوشش گیاهی در مقیاس تیپ‌های گیاهی و منطقه مطالعاتی، با استفاده از داده‌های سنجنده TM در مناطق زاگرس جنوبی

فاطمه هادیان\*<sup>۱</sup>، رضا جعفری<sup>۲</sup>، حسین بشری<sup>۳</sup>، سعید سلطانی<sup>۴</sup>

۱. کارشناس ارشد مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
- ۲ و ۳. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۴. دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۳/۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۹/۵

### چکیده

در این تحقیق ۱۴ شاخص طیفی با استفاده از باندهای انعکاسی محاسبه شد و میزان همبستگی این شاخص‌ها با تاج‌پوشش گیاهی در چهار تیپ مرتعی و یک تیپ جنگلی مورد ارزیابی قرار گرفت. درصد تاج‌پوشش گیاهی با استفاده از روش قدم-نقطه و به شکل شعاعی (۶۰۰۰ نقطه در هر تیپ) اندازه‌گیری شد. میزان همبستگی تاج‌پوشش گیاهی با شاخص‌های گیاهی به تفکیک در هر یک از تیپ‌های گیاهی و کلیه آنها (جنگل و تیپ‌های مرتعی) با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و Erdas Imagine مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. گروه‌های مختلفی از شاخص‌های گیاهی از جمله براساس شیب خط خاک، فاصله از خط خاک، و شاخص‌های گیاهی تبدیلات راست‌گوشه و نیز شاخص‌های حساس به آب گیاهان با استفاده از داده‌های بازتابندگی سنجنده TM ماهواره لندست استخراج گردیدند. نتایج نشان داد که تیپ‌های گیاهی براساس خصوصیات‌شان با یکی از شاخص‌های گیاهی دیگر همبستگی بیشتری دارند و میزان همبستگی بین تاج‌پوشش گیاهی و شاخص‌های گیاهی در هر یک از تیپ‌های گیاهی دارای صحت بالایی (تا حدود ۸۱ درصد) است ( $p < 0.01$ ). این میزان همبستگی به هنگام در نظر گرفتن تیپ‌های گیاهی مختلف با هم، به دلیل وجود خصوصیات طیفی متفاوت در گیاهان مختلف و همچنین عارضه‌های زمینه کاهش یافت. این خود نشان‌دهنده تنوع در خصوصیات طیفی گیاهان به دلیل اختلافات ساختاری و زیستی و همچنین خاک زمینه است، که در انتخاب شاخص مناسب برای پهنه‌بندی و تفکیک تیپ‌های گیاهی باید در نظر گرفته شود.

**کلیدواژه‌ها:** سنجنده TM، شاخص‌های طیفی، تیپ‌های گیاهی مرتعی و جنگلی، آنالیز رگرسیون.

\* نویسنده مکاتبه‌کننده: یزد، خیابان آیت‌الله کاشانی، کوچه لاله، کوچه ۱۱ مدرس، پلاک ۲، تلفن: ۰۹۱۳۴۵۰۸۸۹۶

## ۱- مقدمه

ماهواره‌ای و تاج‌پوشش گیاهی، محاسبه رگرسیون و تعیین میزان همبستگی آنهاست. آنیل<sup>۲</sup> (۱۹۹۶) به این نتیجه رسید که تیپ‌های گیاهی مختلف همبستگی‌های متفاوتی را با هر یک از شاخص‌های گیاهی نشان می‌دهند (Oneill, 1996). مطالعات (پریگنت<sup>۳</sup> (۲۰۰۱)) نیز نشان داد که بازتاب طیفی گیاهان برحسب نوع کلروفیل و ساختار گیاه متفاوت است (Prigent & Aires, 2001). کوهن<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی روابط شاخص سطح برگ و شاخص‌های گیاهی محاسبه شده با داده‌های ماهواره لندست<sup>۵</sup> به این نتیجه رسیدند که هر یک از گونه‌های گیاهی همبستگی بسیار بالایی با شاخص‌های گیاهی دارند (Cohen et al., 2003). تیپ‌های گیاهی مختلف نیز بسته به خصوصیات خود به شاخص گیاهی معینی همبستگی بهتری نشان می‌دهند. فریتاس<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۰۹) مشخص ساختند که در جنگل‌های خزان‌کننده بین شاخص NDVI<sup>۷</sup> و خصوصیات درختان مانند قطر تنه، تاج‌پوشش درختان همبستگی بسیار بالایی وجود دارد؛ در حالی که همین خصوصیات درختان در جنگل‌های مرطوب دارای بیشترین همبستگی با شاخص‌های MV15<sup>۸</sup> و MV17<sup>۹</sup> است (Freitas et al., 2005). کلمبو<sup>۱۰</sup> و همکاران (۲۰۰۳) نیز با مطالعه شاخص سطح برگ با داده‌های ماهواره‌ای به این نتیجه دست یافتند که وقتی ارتباط هر یک از تیپ‌های گیاهی جداگانه با شاخص‌های گیاهی محاسبه شود. میزان این همبستگی بالاتر از ۷۰ درصد است اما

مراعات و جنگل‌ها در زمره مهم‌ترین سرمایه‌های ملی با استفاده‌های فراوان‌اند و مدیریت آنها اهمیت ویژه‌ای دارد. شناخت و ارزیابی و نیز پایش تغییرات در رویشگاه‌های مرتعی و جنگلی از موارد حیاتی در مدیریت این اکوسیستم‌ها به شمار می‌آید. به علاوه، واکنش اکوسیستم‌های طبیعی به عوامل اقلیمی و مدیریتی از جمله دلایلی هستند که ضرورت پایش منظم عرصه‌های طبیعی را روشن می‌سازند (Goldsmith, 1991, Daghestani, 2010). در عین حال وسعت مراعات و جنگل‌ها و هزینه‌های بالای ارزیابی این اکوسیستم‌ها و نیز وجود مناطق دشوارگذر از جمله مسائلی هستند که مطالعه آنها را با مشکل روبه‌رو می‌سازند. روش‌های سنجش از دور در زمره روش‌های مناسبی هستند که مطالعه و پایش اکوسیستم‌ها را با هزینه‌ای کمتر از روش‌های زمینی و میدانی ممکن می‌سازند. پایه سنجش از دور این است که اشیا در طول موج‌های مختلف مقدار متفاوتی از تابش را جذب و منتشر می‌کنند یا عبور می‌دهند. نسبتی از تابش که منعکس می‌شود به عنوان خصوصیات طیفی عارضه‌های مختلف از جمله گیاه به شمار می‌آید. لازمه شناخت و تفکیک جوامع گیاهی، آگاهی از خصوصیات طیفی گیاهان و اختلاف جزئی آنهاست (Goldsmith, 1991). ایدویج<sup>۱</sup> (۱۹۹۰) به این نتیجه رسید که گیاهان مختلف بسته به ویژگی‌هایشان بازتاب‌های طیفی متفاوتی را بروز می‌دهند (Eidvidge, 1990). در مطالعه گیاهان با کمک تصاویر ماهواره‌ای، با بهره‌گیری از باندها و ترکیبات طیفی مختلف آنها، شاخص‌های گیاهی محاسبه می‌شوند و برای اهداف ارزیابی و پایش به کار می‌روند. مشاهدات مختلف حاکی از آن‌اند که تغییر در تاج‌پوشش گیاهان موجب دگرگونی در نحوه بازتاب طیفی آنها می‌شود (Bareta et al., 1995). از جمله روش‌های معمول برای مطالعه داده‌های

1. Eidvidge
2. Oneil
3. Prigent
4. Cohen
5. Landsat
6. Freitas
7. Normalized Difference Vegetation Index
8. Moisture Vegetation Index Using Landsat's Band 5
9. Moisture Vegetation Index using Landsat's Band 7
10. Colombo

شاخص‌ها با توجه به شرایط منطقه مطالعاتی - مانند خصوصیات مختلف توپوگرافی، خاک، فرم‌های رویشی و جز اینها - متفاوت است. هدف کلی مطالعه حاضر ارزیابی صحت شاخص‌های گیاهی پهنه‌بندی پوشش گیاهی در مقیاس تیپ‌های گیاهی و منطقه مطالعاتی با استفاده از داده‌های سنجنده TM در مناطق مرتعی و جنگلی در حوزه زاگرس جنوبی (در دو استان اصفهان و چهارمحال و بختیاری) است. پرسش‌هایی که این تحقیق به دنبال پاسخ به آنهاست، عبارت‌اند از: ۱- کدام شاخص گیاهی برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی در هر یک از تیپ‌های گیاهی و وضعیت کلی منطقه (بدون تفکیک تیپ‌های گیاهی) در منطقه زاگرس جنوبی مناسب‌تر است؟؛ ۲- آیا شاخص‌های گیاهی در تیپ‌های مختلف مرتعی و جنگلی منطقه مطالعاتی کارایی یکسانی دارند؟؛ و ۳- میزان همبستگی شاخص‌های گیاهی و داده‌های زمینی در مقیاس تیپ‌های گیاهی و در مقیاس کل منطقه برای تهیه نقشه پوشش گیاهی چقدر است؟

برای پاسخ به پرسش‌های مطرح‌شده، این مطالعه همراه با تجزیه و تحلیل‌های لازم در چهار تیپ گیاهی مرتعی در استان اصفهان و یک تیپ گیاهی جنگلی در استان چهارمحال و بختیاری انجام شد.

## ۲- مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در استان‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری قرار دارد و مشتمل است بر منطقه‌ای جنگلی در شهرستان لردگان از توابع استان چهارمحال و بختیاری و چهار رویشگاه مرتعی واقعی در شهرستان سمیرم در استان اصفهان. مناطق مرتعی به مساحت حدود ۸۰۰۰۰ هکتار در اطراف شهرستان سمیرم بین طول جغرافیایی  $20^{\circ} 51'$  تا  $35^{\circ} 51'$  شرقی و عرض  $31^{\circ} 13'$  تا  $29^{\circ} 31'$  شمالی واقع شده‌اند (شکل ۱). منطقه جنگلی مورد مطالعه به مساحت حدود ۱۰۰۰۰ هکتار در جنوب شهرستان لردگان بین طول جغرافیایی  $14^{\circ} 15'$  تا  $17^{\circ} 51'$  شرقی و عرض  $31^{\circ} 12'$  تا  $31^{\circ} 14'$

وقتی همه گیاهان با هم سنجیده می‌شوند، این میزان به ۳۳ درصد کاهش می‌یابد (Colombo et al., 2003). متقی و سپهری (۲۰۰۱) به مطالعه محصول خشک سرپا در مراتع جهان‌نما (در جنوب گرگان) با استفاده از تصویر لندست پرداختند، و نتایج نشان داد که این تصاویر توان تفکیک داده‌های زمینی را در قالب طبقه‌بندی مجزا ندارند؛ اما وقتی داده‌های لندست در طبقات مجزا بررسی می‌شوند همبستگی‌شان با داده‌های ماهواره‌ای زیاد است. آنها با بررسی درصد تاج‌پوشش به صورت طبقه‌بندی شده در منطقه مذکور به این نتیجه رسیدند که در هر یک از طبقات درصد پوشش گیاهی، شاخص‌های گیاهی مشخصی بیشترین همبستگی را با داده‌های زمینی دارند (Sepehri&Mottaghi, 2001 Sepehri&Mottaghi, 2002). امیری و یگانه (۲۰۱۲) با استفاده از شاخص گیاهی NDVI، تیپ‌های گیاهی را در حوزه آبخیز قره‌قاج (استان اصفهان) تفکیک کردند. در این مطالعه میزان تاج‌پوشش گیاهی در نقاط همگن تیپ‌های گیاهی اندازه‌گیری شده بود؛ و برای تهیه نقشه پوشش گیاهی، رابطه رگرسیون خطی بین داده‌های زمینی و NDVI به کار گرفته شد و نقشه تیپ‌های گیاهی با ضریب کاپای ۷۲/۴ درصد تهیه گردید (Amiri&Yeganeh, 2012). زرینه و همکاران (۲۰۱۳) در منطقه تنگ صیاد با کمک تصویر IRS-P6(LISS-III) به ارزیابی شاخص‌های گیاهی مختلف برای مطالعه تاج‌پوشش گیاهی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از شاخص گیاهی DVI برای مطالعه گندمیان و مجموع پوشش گیاهی گندمیان و پهن‌برگان علفی و شاخص NDVI نیز برای مطالعه پوشش گیاهی کل منطقه به منظور محاسبه تولید مرتع و تعیین ظرفیت حیات‌وحش مناسب است (Zarineh et al., 2013).

با توجه به مطالعات انجام‌شده، میزان کارایی

پس از آن استپی ریش‌دار با فرم رویشی گراس تشکیل داده‌اند. این تیپ از نظر مرتعی و به روش چهار فاکتوری تعدیل شده دارای وضعیت ضعیف است (Saeedfar, 2005 Borhani et al., 2010) (جدول ۱).

- *Bromus tomentallus* (تیپ مرتعی): این تیپ در واقع علفزار است که در حالت قرق قرار دارد و گونه‌های یک ساله و چندساله در آن فراوانی بسیار زیادی دارند و گونه گون نیز به صورت محدود و پراکنده در آن دیده می‌شود. این تیپ از نظر مرتعی در وضعیت متوسط قرار دارد.
- *Astragalus spp-Daphne mucronata* (تیپ مرتعی): گیاهان غالب آن را گون با فرم بوته‌ای و نیز دافنه با فرم رویشی درختچه‌ای تشکیل می‌دهند. در این تیپ گیاهی گونه‌های گراس‌های یک ساله هم به وفور دیده می‌شود. تیپ اشاره‌شده در بین برون‌زدگی‌های مارن قرار دارد و وضعیت آن ضعیف است.
- *Astragalus spp-Scariola orientalis* (تیپ مرتعی): گیاهان غالب این تیپ گونه بوته‌ای گون و همچنین گونه فورب یا پهن‌برگ کاهوی وحشی است. در تیپ گیاهی مذکور فراوانی گونه گیاهی کنگر صحرايي (*Gundelia tournefortii*) نیز زیاد است. این تیپ به دلیل تخریب‌شدگی زیاد در وضعیت بسیار ضعیف طبقه‌بندی گردید.
- *Quercus brantii* (تیپ جنگلی): گونه غالب این تیپ را بلوط با فرم رویشی درخت تشکیل می‌دهد که در زیر اشکوب آن گونه‌های یک ساله به وفور یافت می‌شود. گونه‌های گون نیز به صورت محدود در آن یافت می‌شوند و در برخی از نقاط هم بر روی سطح خاک پوشش متراکمی از کریبتوگام‌ها وجود دارند.

شمالی واقع است (شکل ۲). آب و هوای شهرستان سمیرم براساس تقسیم‌بندی کوپن در زمرة مناطق معتدل سرد با تابستان‌های گرم و خشک و در ارتفاعات جنوبی جزو مناطق معتدل سرد با تابستان‌های خنک و خشک قرار می‌گیرد (Alizadeh, 1998, Khodaghohi, 2004). تغییرات بارندگی در منطقه سمیرم بستگی به ارتفاع و فاصله از کانون پربارش کوهستانی دارد. میزان بارندگی در جنوب و جنوب غرب سمیرم به دلیل ارتفاع‌شان تا ۶۷۰ میلی‌متر است اما در قسمت میانی به علت کاهش ارتفاع این میزان به ۳۸۰ میلی‌متر کاهش می‌یابد. بارندگی در شهرستان لردگان حدود ۷۰۰ میلی‌متر و میانگین آن در کل حوزه لردگان ۶۵۰ میلی‌متر است. بخش عمده بارش سالیانه در منطقه مورد مطالعه در فصول زمستان و پاییز است (Hadian, 2011). ارتفاع منطقه ۲۵۰۰-۲۰۰۰ متر بالاتر از سطح دریاست، و منطقه مذکور از لحاظ پوشش گیاهی جزو منطقه ایران و تورانی (منطقه نیمه‌استپی در نواحی مرتعی و جنگل‌های خشک در نواحی جنگلی) به‌شمار می‌آید (Yeganeh et al., 2008).

## ۲-۱- تیپ‌های گیاهی

برای تعیین نوع تیپ گیاهی در این مطالعه از روش فلورستیک - فیزیونومیک<sup>۱</sup> استفاده شده است. بدین منظور براساس غلبه گونه‌ها و سیمای ظاهری، واحدهای گیاهی نسبتاً متجانس و همگن مشخص گردید و براساس درجه غلبه یک یا دو گونه، هر یک از واحدها نام‌گذاری شد. گونه‌ای که بیشترین درصد پوشش را دارد، به‌عنوان نام تیپ انتخاب شد و در صورتی که پوشش و نمود ظاهری گونه دوم نیز گسترده بود، از آن نیز در نام تیپ گیاهی استفاده شد (Moghadam, 1998).

مکان‌های مورد مطالعه مشتمل‌اند بر ۴ تیپ مرتعی و یک تیپ جنگلی (شکل‌های ۱ و ۲).

- *Astragalus spp - Stipa barbata* (تیپ مرتعی): گونه غالب آن را گیاه گون با فرم رویشی بوته‌ای و

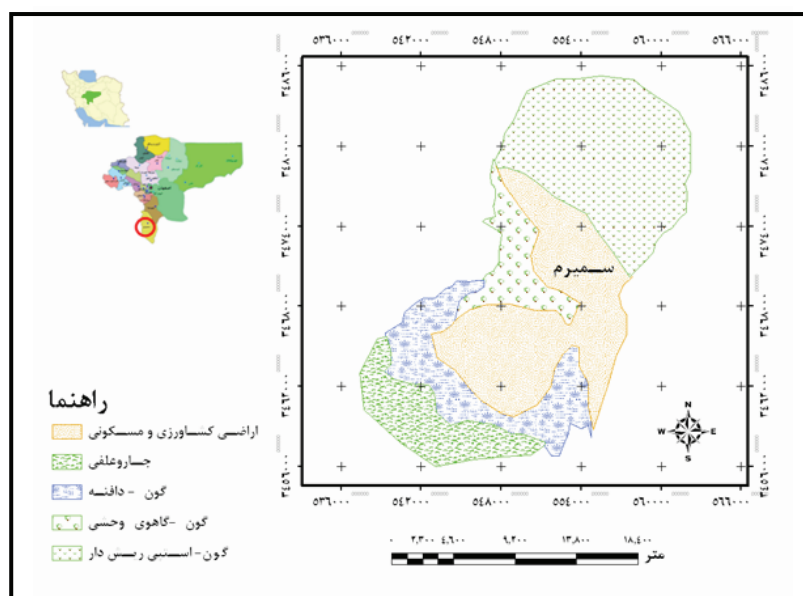
1. Floristic-Physiognomic

ارزیابی صحت شاخص‌های طیفی پهنه‌بندی پوشش گیاهی در مقیاس تیپ‌های گیاهی و منطقه مطالعاتی، با استفاده از ...

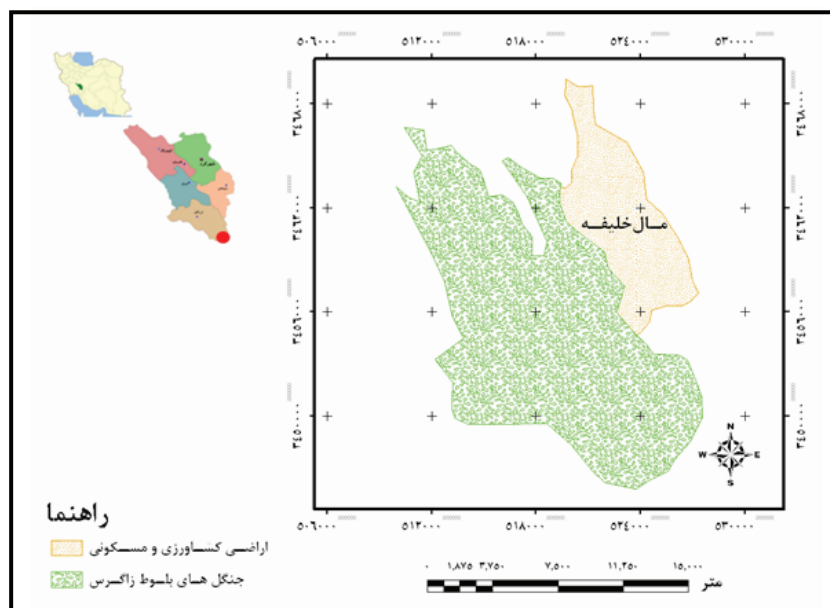
جدول ۱. تعیین وضعیت تیپ‌های مرتعی براساس روش چهار فاکتوره تعدیل شده

وضعیت	جمع امتیازها	خاک	بنیه و شادابی گیاهان	ترکیب گیاهی	پوشش گیاهی	نام تیپ گیاهی
ضعیف	۲۸	۸	۵	۵	۱۰	<i>Astragalus spp - Stipa barbata</i>
متوسط	۳۶	۱۲	۷	۸	۹	<i>Bromus tomentellus</i>
ضعیف	۲۵	۹	۴	۴	۸	<i>Astragalus spp- Daphne mucronata</i>
بسیار ضعیف	۱۹	۴	۳	۲	۱۰	<i>Astragalus spp- Scariola orientalis</i>

منبع: Saeedfar, 2005



شکل ۱. تیپ‌های مرتعی مورد مطالعه



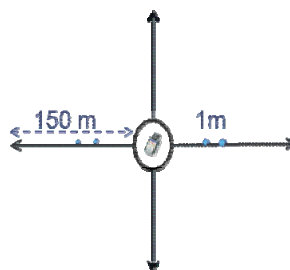
شکل ۲. تیپ جنگلی مورد مطالعه

## ۲-۲- روش نمونه برداری زمینی

به منظور بررسی ارتباط میان پوشش گیاهی و شاخص های گیاهی، میزان تاج پوشش گونه های گیاهی با استفاده از روش تصادفی - سیستماتیک اندازه گیری شد. ابتدا نقاط نمونه برداری به طور تصادفی تعیین شدند و سپس در طول چهار ترانسکت به روش قدم - نقطه با استفاده از نقاط برخورد در طول هر ترانسکت (۱۵۰ نقطه در طول هر ترانسکت) نمونه برداری گردید. در این مطالعه ابتدا ۱۰ نقطه تصادفی در هر تیپ گیاهی به گونه ای تعیین شدند که از لحاظ ترکیب و ساختار پوشش گیاهی در وضعیت کاملاً یکسانی قرار داشتند؛ و سپس براساس ابعاد پیکسل تصویر ماهواره ای و این فرمول حداقل سطح نمونه برداری محاسبه گردید (McCoy, 2005):

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

در آن، مقادیر A و L و P به ترتیب حداقل سطح نمونه برداری و میزان خطای تصحیح هندسی (برحسب پیکسل) و ابعاد پیکسل تصویر ماهواره ای اند. با توجه به اینکه در مطالعه حاضر از تصویر سنجنده با TM ابعاد ۳۰ × ۳۰ متر و با خطای ۰/۵ استفاده شد، حداقل سطح مورد نیاز برای نمونه برداری ۳۶۰۰ متر مربع است. بنابراین، به منظور اطمینان بیشتر، در هر نقطه تصادفی از ۴ ترانسکت ۱۵۰ متری (۶۰۰۰ نقطه در هر تیپ گیاهی) و منطقه ای به سطح ۷۰۶۵۰ متر مربع (تقریباً دو برابر حداقل سطح) نمونه برداری شد (شکل ۳) (Hadian et al., 2012).



شکل ۳. روش نمونه برداری در منطقه. طول فلش ها نشان دهنده طول ترانسکت هاست، و فاصله بین علامت های دایره بر روی فلش ها فاصله بین محل قرار گرفتن پلات ها را نشان می دهد. نقطه مرکزی حاکی از موقعیت قرار گیری نقاط تصادفی شروع نمونه برداری است.

## ۲-۳- پیش پردازش ماهواره ای

به منظور بررسی پوشش گیاهی از تصویر ماهواره لندست ۲۰۰۹ متعلق به زمان نمونه برداری<sup>۱</sup> استفاده شد. با توجه به خصوصیات منطقه مطالعاتی تصحیحات هندسی و توپوگرافی بر روی تصویر مرتبط اعمال گردید. در تصحیح هندسی ابتدا باند پانکروماتیک سنجنده ETM<sup>+</sup> با خطای ۰/۴۶ پیکسل با استفاده از معادله چند جمله ای و روش نزدیک ترین همسایه<sup>۲</sup> به نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ ثبت گردید و از آن برای ثبت تصویر لندست ۲۰۰۹ (با خطای ۰/۴۸ پیکسل) استفاده شد (Jafari, 2007; Sarapirome & Kulrat, 2010).

با توجه به وضعیت کوهستانی منطقه، تصحیح توپوگرافی بر روی تصویر اعمال شد، و بدین منظور از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ برای تهیه نقشه رقومی ارتفاع (DEM<sup>۳</sup>) استفاده گردید. این پردازش با استفاده از مدل لامبرت در نرم افزار Erdas Imagine 9.1 صورت گرفت (Riano et al., 2003).

برای انجام تصحیح رادیومتری کلیه ارزش های رقومی (DN) با توجه به مشخصات تصویر مورد استفاده به بازتاب طیفی در نرم افزار ENVI تبدیل گردید که این عمل آثار مربوط به شرایط نوردهی، فصل، عرض جغرافیایی و آب و هوایی از روی تصویر را حذف می کند و یا به حداقل می رساند و مقادیر استاندارد شده ای را برای بازتاب پدیده ها و محاسبه شاخص های گیاهی فراهم می سازد (Frzadmehr et al., 2008).

## ۲-۴- محاسبه شاخص های طیفی

شاخص های طیفی (گیاهی) محاسبات ریاضی اند که از ترکیب باندهای مختلف به وجود می آیند. با توجه به نحوه محاسبه شاخص های گیاهی و خصوصیات باندهای سنجنده به کار رفته در این مطالعه از شاخص های

۱. در تاریخ ۲۰۰۹/۰۶/۱ (مطابق با ۱۳۸۸/۰۳/۱۱ شمسی)

2. Nearest Neighbor

3. Digital Elevation Model

نقطه محاسبه می‌گردد)، به دست می‌آید ( Pickup & Nelson, 1984, Pickup et al., 1993, Rondeaux et al., 1996).

گروه سوم: شاخص‌های گیاهی تبدیلات راست‌گوشه مانند SBI و GVI هستند که از تلفیق کلیه باندهای سنجنده لندست محاسبه می‌گردند ( Kauth&Thomas, 1976).

گروه چهارم: شاخص‌های حساس به آب مانند STVI-1، MSVI-1 هستند که براساس امواج مادون قرمز میانی محاسبه می‌شوند و با توجه به اینکه در این طول موج مقدار آب نسوج گیاهان اندازه‌گیری می‌گردد، اینها شاخص‌های حساس به آب نامیده می‌شوند (Thenkabail et al., 1994).

گروه‌های مبتنی بر شیب<sup>۱</sup>، فاصله‌ای<sup>۲</sup>، شاخص‌های گیاهی تبدیلات راست‌گوشه<sup>۳</sup> و حساس به آب گیاهان<sup>۴</sup> بهره گرفته شده است (جدول ۲) ( Jafari et al., 2007 ) (Solaimani et al., 2011).

گروه اول: شاخص‌های مبتنی بر شیب مانند SAVI، NDVI هستند که با توجه به مقایسه بازتاب زیاد گیاهان در باند مادون قرمز نزدیک و بازتاب کم در باند قرمز محاسبه می‌گردند ( Pearson & Miller, 1972, Rouse et al., 1974, Huete et al., 1984).

گروه دوم: شاخص‌های فاصله‌ای مانند SSI، PD54 هستند که برای از بین بردن تأثیر 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 تک‌باندی است و با تعیین بازتاب خاک در دو

جدول ۲. شاخص‌های گیاهی مقایسه‌شده در این مطالعه

گروه شاخص‌های گیاهی	شاخص گیاهی	مرجع	فرمول	براساس باندهای لندست (TM)
	SR <sup>۵</sup>	پیرسون <sup>۶</sup> و میلر <sup>۷</sup> (۱۹۷۲)	$NIR/R$	$4/3$
گروه ۱ (براساس شیب خط خاک)	NDVI <sup>۸</sup>	رز <sup>۹</sup> و همکاران (۱۹۷۴)	$(NIR - R)/(NIR + R)$	$(4 - 3)/(4 + 3)$
	SAVI-B <sup>۱۰</sup>	هوئت <sup>۱۱</sup> و همکاران (۱۹۸۸)	$\left[ \frac{(NIR - R)}{(NIR + R + L)} \right] \times (1 + L)$ L مقدار تصحیح‌کننده خاک است	$[(4 - 3)/(4 + 3 + 0.5)] \times 1.5$

1. Slope-based
2. Distance-based
3. Orthogonal transformations
4. Plant-water sensitive
5. Simple Ratio
6. Pearson
7. Miller
8. Normalised difference vegetation index
9. Rouse
10. Soil adjusted-A vegetation index
11. Huete



فاطمه هادیان و همکاران

	PVI <sup>1</sup>	رندیوکس <sup>۲</sup> و همکاران (۱۹۹۶)	$Sin(\alpha) \times NIR - Cos(\alpha) \times R$ زاویه بین خط خاک و باند مادون قرمز نزدیک $\alpha$	$Sin(\alpha) \times 4 - Cos(\alpha) \times 3$
گروه ۲ (براساس فاصله از خط خاک)	PD54 <sup>3</sup>	پیکاپ <sup>۴</sup> و همکاران (۱۹۹۳)	$[ABS((-1 \times grean \times gain) + Re a - offset) / (SQRT(gain^2 + 1))]$ $\times 254 / dis \tan se$ فاصله عمودی خط خاک از پوشش گیاهی	2 v. 3
	SSI <sup>5</sup>	پیکاپ و نلسون <sup>۶</sup> (۱۹۸۴)	$((0.42 \times grean / NIR) - (Re d / NIR) + 12.5) / SQRT(0.42^2 + 1)$ فاصله عمودی خط خاک از پوشش گیاهی	2/4 v. 3/4
گروه ۳ (شاخص‌های گیاهی تبدیلات راست گوشه)	SBI <sup>7</sup>	کوت <sup>۸</sup> و تماس <sup>۹</sup> (۱۹۷۶)	$blue(0.3037) + grean(0.2793) + red(0.4343) + nir(0.5585)$ $+ int \text{ermal}(0.5082) + mid(0.1863)$	۶ باند لندست (TM)
	GVI <sup>10</sup>	کوت و تماس (۱۹۷۶)	$blue(-0.2848) + grean(-0.2435) + red(-0.5436) + nir(0.7243)$ $+ int \text{ermal}(0.0840) + mid(-0.1800)$	۶ باند لندست (TM)
	STVI-1 <sup>11</sup>	تنکابای <sup>۱۲</sup> و همکاران (۱۹۹۴)	$(MIR \times R) / NIR$	$(5 \times 3) / 4$
	STVI-3 <sup>13</sup>	تنکابای و همکاران (۱۹۹۴)	$NIR / (MIR + R)$	$4 / (5 + 3)$
گروه ۴ (حساس به میزان آب)	STVI-4 <sup>14</sup>	تنکابای و همکاران (۱۹۹۴)	$NIR - ((R \times MIR) / (NIR + MIR))$	$4 - ((3 \times 5) / (4 + 5))$
	MSVI-1 <sup>15</sup>	تنکابای و همکاران (۱۹۹۴)	$NIR / MIR$	$4 / 5$
	MSVI-2 <sup>16</sup>	تنکابای و همکاران (۱۹۹۴)	$NIR / SWIR$	$4 / 7$
	MSVI-3 <sup>17</sup>	تنکابای و همکاران (۱۹۹۴)	$NIR / (MIR + SWIR)$	$4 / (5 + 7)$

1. Perpendicular vegetation index
2. Rondeaux
3. Perpendicular distance
4. Pickup
5. Soil stability Index
6. Nelson
7. Soil brightness index
8. Kauth
9. Thomas
10. Green vegetation index
11. Stress related-1
12. Thenkabail
- 13 Stress related-3
14. Stress related-4
15. Mid-infrared-1
16. Mid-infrared-2
17. Mid-infrared-3



ارزیابی صحت شاخص‌های طیفی پهنه‌بندی پوشش گیاهی در مقیاس تیپ‌های گیاهی و منطقه مطالعاتی، با استفاده از ...

## ۲-۵- بررسی همبستگی میان تاج‌پوشش گیاهی و شاخص گیاهی NDVI

به‌منظور بررسی میزان همبستگی شاخص گیاهی NDVI با میزان پوشش هر یک از اجزای پوشش گیاهی (یک‌ساله‌ها، گیاهان دائمی و لاشبرگ) هر تیپ مورد مطالعه، با توجه به طول ترانسکت نمونه‌برداری، نقشه وکتوری به شعاع ۱۵۰ متری نقاط نمونه‌برداری تهیه شد و برای مطالعه هر یک از تیپ‌های گیاهی در نرم‌افزار ERDAS IMAGINE از ارزش پیکسل‌های مذکور میانگین‌گیری شد (Jafari et al., 2007).

محاسبه اجزای پوشش گیاهی بدین شرح بود:

(۱) پوشش گیاهان زنده+ لاشبرگ = کل پوشش گیاهی

(۲) کلیه گیاهان زنده فتوسنتزکننده=پوشش گیاهان زنده

(۳) گیاهان یک‌ساله-گیاهان زنده=گیاهان زنده دائمی

منزل همبستگی بین تاج‌پوشش و شاخص‌های گیاهی در سطح ۱ درصد و ۵ درصد در تیپ‌های گیاهی، مقیاس کلی تیپ‌های مرتعی و کل منطقه مطالعاتی به تفکیک در نرم‌افزار SPSS بررسی گردید (Amiri & Abdul Rashid, 2010, Solaimani et al., 2011).

پس از تعیین ترکیب گیاهی که بیشترین همبستگی را با شاخص گیاهی NDVI در هر یک از تیپ‌های گیاهی و نیز مقیاس کلی منطقه نشان داده بود، شاخص‌های گیاهی محاسبه‌شده نیز مقایسه شدند.

## ۳- نتایج

### ۳-۱- تعیین درصد پوشش گیاهی تیپ‌های گیاهی

نتایج بررسی میزان درصد تاج‌پوشش گیاهی و دیگر اجزای پوشش سطح زمین (لاشبرگ، خاک لخت سنگ و سنگریزه) در منطقه حاکی از آن بود که تیپ‌های گیاهی مورد مطالعه از لحاظ درصد پوشش گیاهی و ترکیب گونه‌ای و فرم رویشی با یکدیگر متفاوت‌اند. میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده در ۱۰ نقطه تصادفی (۶۰۰۰ نقطه برداشت شده در هر تیپ گیاهی) به

صورت درصد در هر تیپ گیاهی بدین شرح است (جدول ۳).

### ۳-۲- همبستگی بین درصد تاج‌پوشش گیاهی و شاخص‌های گیاهی

میزان همبستگی بین تاج‌پوشش گیاهی و شاخص‌های گیاهی نشان داد که تیپ‌های مختلف، بسته به خصوصیات پوشش گیاهی‌شان با شاخص معینی همبستگی بهتر نشان دادند. نتایج بررسی انجام شده در مقیاس تیپ‌های گیاهی و نیز در مقیاس کل منطقه مطالعاتی بدین شرح بوده است:

در تیپ مرتعی *Astragalus spp-Stipa barabata* بیشترین همبستگی میان تاج‌پوشش گیاهان دائمی زنده و شاخص‌های گیاهی وجود داشت و شاخص STVI-3 بالاترین همبستگی را نشان داد و کلیه شاخص‌های محاسبه‌شده به‌جز PD54 همبستگی معناداری با میزان تاج‌پوشش گیاهی در سطح ۵ درصد داشتند (جدول‌های ۴ و ۵).

در تیپ مرتعی *Bromus tomentellus* بیشترین همبستگی میان تاج‌پوشش کلیه گیاهان زنده و شاخص SAVI-B وجود داشت و در بین شاخص‌های فاصله‌ای نیز شاخص SSI و حساس به میزان آب STVI-3 همبستگی بسیار بالایی را با تاج‌پوشش گیاهی نشان داد (جدول‌های ۴ و ۵).

در تیپ مرتعی *Astragalus spp-Daphne mucronata* بیشترین همبستگی با استفاده از شاخص‌های NDVI و SAVI-A و تاج‌پوشش کلیه گیاهان زنده دیده شد. در این تیپ گیاهی میزان همبستگی بین تاج‌پوشش و شاخص‌های گیاهی بیشتر از دیگر تیپ‌های مرتعی بود و با حذف گیاهان یک‌ساله میزان همبستگی بین تاج‌پوشش گیاهی و شاخص‌های گیاهی به‌شدت کاهش یافت. در این تیپ گیاهی شاخص‌های SSI و GVI و STVI-3 همبستگی بسیار زیادی با تاج‌پوشش گیاهی داشتند و میزان همبستگی شاخص‌ها براساس شیب، بالاتر از دیگر گروه‌ها بود (جدول‌های ۴ و ۵).

فاطمه هادیان و همکاران

جدول ۳. نوع و میانگین درصد اجزای تشکیل دهنده زمین در منطقه مورد مطالعه

نام تیپ گیاهی	گونه‌های یک‌ساله	گراس‌های (چندساله)	فورب‌های (چندساله)	بوته‌های (چندساله)	درختچه	درخت	کرپیتوگام	لاشبرگ	سنگ و سنگریزه	خاک لخت
<i>Astragalus spp – Stipa barbata</i>	۷/۶	۱۱/۰۸	۱/۷۵	۲۶/۶۷	-----	-----	-----	۱۳/۸۲	۲۶/۱۲	۱۲/۹۵
<i>Bromus tomentellus</i>	۲/۵۲	۳۵/۱۳	-----	۰/۴	-----	-----	-----	۶/۷۶	۲۹/۳۷	۲۵/۸۲
<i>Astragalus spp – Daphne mucronata</i>	۱۳/۰۲	۲/۳	۰/۷	۱۱/۸	۴/۱۲	-----	-----	۱۰/۵۶	۲۲/۳۳	۳۵/۱۷
<i>Astragalus spp – Scariola orientali</i>	۱۴/۰۷	۳/۹۶	۹/۴۶	۱۳/۲۴	-----	-----	-----	۱۱/۱	۹/۲۵	۳۵/۹۲
<i>Quercus brantii</i>	۲۱/۲۶	-----	-----	۴/۱	-----	۳۳/۳۳	۰/۰۰۲	۸/۰۸	۱۹/۶۸	۱۳/۴۸

جدول ۴. همبستگی میان تیپ‌های مختلف گیاهی و شاخص NDVI

نام تیپ گیاهی	گیاهان همیشه زنده	گیاهان زنده	پوشش‌های گیاهی زنده و غیرزنده
<i>Astragalus spp – Stipa barbata</i>	۰/۷۳ (۰/۰۰۲)*	۰/۵۲ (۰/۰۳۰)**	۰/۰۱۷ (۰/۷۲)
<i>Bromus tomentellus</i>	۰/۵۳ (۰/۰۲۵)**	۰/۷۴ (۰/۰۰۱)*	۰/۰۹۳ (۰/۰۴)
<i>Astragalus spp – Daphne mucronata</i>	۰/۱۳ (۰/۰۳)	۰/۷۰ (۰/۰۰۲)*	-۰/۰۴۲ (۰/۵۳)
<i>Astragalus spp – Scariola orientalis</i>	۰/۷۳ (۰/۰۰۱)*	۰/۶۶ (۰/۰۰۴)*	۰/۲۸ (۰/۰۱)
<i>Quercus brantii</i>	۰/۵۸ (۰/۰۱۷)**	۰/۸۰ (۰)*	۰/۶۳ (۰/۰۰۵)*
کلیه تیپ‌های مرتعی	۰/۳۱ (۰/۰۰۱)*	۰/۲۷۲ (۰/۰۰۱)*	۰/۰۹۶ (۰/۰۵۰)**
کلیه تیپ‌های مرتعی و جنگل	۰/۳۲ (۰/۰)*	۰/۳۳۸ (۰)*	۰/۱۴۹ (۰/۰۰۵)*

\*\* در سطح ۵ درصد معنی‌دار

\* در سطح ۱ درصد معنی‌دار

بسیار بالایی با تاج‌پوشش گیاهی داشتند و در بین شاخص‌های حساس به آب گیاهان، شاخص MSVI-2 و چندطیفی GVI همبستگی بالایی را نشان داد (جدول‌های ۴ و ۵).

در کل مناطق مرتعی میزان همبستگی در تمامی شاخص‌های گیاهی کاهش یافت، و شدت تغییرات همبستگی بسته به ماهیت هر یک از شاخص‌های گیاهی با یکدیگر متفاوت بود. در مجموع با ارزیابی میزان همبستگی در کلیه تیپ‌های گیاهی (تیپ‌های مرتعی و جنگلی) در منطقه بسته به نوع شاخص گیاهی افزایش و یا کاهش میزان همبستگی، مشاهده شد که شاخص‌هایی مانند STVI-1 و SR افزایش یافتند؛ لیکن در بیشتر شاخص‌های گیاهی مورد مطالعه با در نظر گرفتن مناطق مرتعی و جنگلی از میزان

در تیپ مرتعی *Astragalus spp-Scariola orientalis* بیشترین همبستگی میان تاج‌پوشش گیاهان زنده و شاخص SSI دیده شد و با حذف گیاهان یک‌ساله تغییر محسوسی در میزان همبستگی تاج‌پوشش با شاخص‌های گیاهی به وجود نیامد و به جز شاخص مذکور، شاخص‌های NDVI و SR و SAVI نیز همبستگی بسیار بالایی با تاج‌پوشش گیاهی داشتند دیگر اینکه با در نظر گرفتن کلیه اجزای گیاهان (پوشش زنده و لاشبرگ)، از میزان همبستگی بین شاخص‌های گیاهی و تاج‌پوشش به‌شدت کاسته می‌شود (جدول‌های ۳ و ۴).

در تیپ جنگلی *Quercus brantii* بیشترین میزان همبستگی میان تاج‌پوشش گیاهان زنده و شاخص SR دیده شد و شاخص‌های NDVI و SAVI نیز همبستگی

ارزیابی صحت شاخص‌های طیفی پهنه‌بندی پوشش گیاهی در مقیاس تیپ‌های گیاهی و منطقه مطالعاتی، با استفاده از ...

همبستگی شاخص‌های گیاهی با تاج‌پوشش گیاهان دائمی زنده کاسته شد (جدول‌های ۴ و ۵).  
جدول ۵. مقایسه شاخص‌های گیاهی در مقیاس تیپ‌های گیاهی و منطقه‌ای

	گروه ۱ (براساس شیب خط خاک)				گروه ۲ (براساس فاصله از خط خاک)				گروه ۳ (شاخص‌های گیاهی تبدیلات راست گوشه)				گروه ۴ (حساس به میزان آب)			
	SR	NDVI	SAVI-B	PVI	PDS4	SSI	SBI	GVI	STVI-1	STVI-3	STVI-4	MSVI-1	MSVI-2	MSVI-3		
<i>Astragalus spp - Shipa barbata</i>	-۰.۷۳(۰.۰۶) <sup>۰</sup>	-۰.۷۳(۰.۰۶) <sup>۰</sup>	-۰.۷۵(۰.۰۰۱) <sup>۰</sup>	-۰.۶۳(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>	-۰.۹(۰.۳۰۰) <sup>۰</sup>	-۰.۷۳(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>	-۰(۰.۸۵۶)	-۰.۷۳(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>	-۰.۵۳(۰.۰۱۶)	-۰.۷۳(۰.۰۰۱) <sup>۰</sup>	-۰.۷۱(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>	-۰.۷۵(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>	-۰.۷۳(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>	-۰.۶۹(۰.۰۰۳) <sup>۰</sup>		
<i>Bromus tomenellus</i>	-۰.۷۴(۰.۰۰۱) <sup>۰</sup>	-۰.۷۴(۰.۰۰۱) <sup>۰</sup>	-۰.۷۹(۰.۰۰۱) <sup>۰</sup>	-۰.۴۳(۰.۰۳۷) <sup>۰</sup>	-۰.۱۳۳(۰.۳۰۶) <sup>۰</sup>	-۰.۷۳(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>	-۰(۰.۹۶)	-۰.۷۹(۰.۰۰۳) <sup>۰</sup>	-۰.۶۶(۰.۰۶۶) <sup>۰</sup>	-۰.۸۰(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>	-۰.۵۲(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>	-۰.۵۵(۰.۰۱۳) <sup>۰</sup>	-۰.۶۳(۰.۰۰۷) <sup>۰</sup>	-۰.۳۴(۰.۰۷۵) <sup>۰</sup>		
<i>Astragalus spp - Daphne macronata</i>	-۰.۶۳(۰.۰۰۴) <sup>۰</sup>	-۰.۷(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>	-۰.۷۳(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>	-۰.۶۸(۰.۰۰۳) <sup>۰</sup>	-۰.۳۵(۰.۰۷۸) <sup>۰</sup>	-۰.۳۴(۰.۰۰۱) <sup>۰</sup>	-۰.۳۳(۰.۰۰۷) <sup>۰</sup>	-۰.۶۳(۰.۰۰۴) <sup>۰</sup>	-۰.۵(۰.۰۰۸) <sup>۰</sup>	-۰.۶۳(۰.۰۰۳) <sup>۰</sup>	-۰.۷۲(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>	-۰.۵۵(۰.۰۱۳) <sup>۰</sup>	-۰.۵۴(۰.۰۰۳) <sup>۰</sup>	-۰.۶۴(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>		
<i>Astragalus spp - Scariola orientalis</i>	-۰.۶۳(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>	-۰.۶۶(۰.۰۰۴) <sup>۰</sup>	-۰.۶۷(۰.۰۰۳) <sup>۰</sup>	-۰.۶۸(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>	-۰(۰.۹۸)	-۰.۵۵(۰.۰۰۱) <sup>۰</sup>	-۰.۲(۰.۸۳۳)	-۰.۱۳۳(۰.۳۶۳)	-۰.۲۳(۰.۰۶۶) <sup>۰</sup>	-۰(۰.۹۶)	-۰.۳۸(۰.۰۵۹)	-۰.۱۲(۰.۷۶۰)	-۰(۰.۸۰۰) <sup>۰</sup>	-۰(۰.۸۸۷) <sup>۰</sup>		
<i>Quercus brantii</i>	-۰.۸۱(۰) <sup>۰</sup>	-۰.۸(۰) <sup>۰</sup>	-۰.۸۲(۰) <sup>۰</sup>	-۰.۶۲(۰.۰۰۵) <sup>۰</sup>	-۰.۵(۰.۰۰۲) <sup>۰</sup>	-۰.۸(۰) <sup>۰</sup>	-۰.۳۴(۰.۰۳۹)	-۰.۷۳(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>	-۰.۴۴(۰.۰۳۳) <sup>۰</sup>	-۰.۴۳(۰.۰۰۳) <sup>۰</sup>	-۰.۵۷(۰.۰۱۱) <sup>۰</sup>	-۰.۵۳(۰.۰۳۶)	-۰.۸۱(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>	-۰.۳۲(۰.۰۳۲) <sup>۰</sup>		
کلیه تیپ‌های مرئی	-۰.۶۶(۰.۰۰۱) <sup>۰</sup>	-۰.۷۲(۰.۰۰۱) <sup>۰</sup>	-۰.۳۳(۰) <sup>۰</sup>	-۰(۰.۷۹۱) <sup>۰</sup>	-۰(۰.۹۶)	-۰.۳۴(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>	-۰.۸۹(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>	-۰.۰۰۱(۰.۸۸۳) <sup>۰</sup>	-۰.۰۰۱(۰.۸۸۳) <sup>۰</sup>	-۰.۱۵۸(۰.۰۴۴) <sup>۰</sup>	-۰.۶۵(۰.۰۳۳) <sup>۰</sup>	-۰.۱۹(۰.۰۰۹) <sup>۰</sup>	-۰.۴۴(۰.۰۷۵) <sup>۰</sup>	-۰.۳۴(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>		
کلیه تیپ‌های مرئی و جنگل	-۰.۳۳(۰) <sup>۰</sup>	-۰.۳۳(۰) <sup>۰</sup>	-۰.۳۳(۰) <sup>۰</sup>	-۰.۷۵(۰.۰۵۶) <sup>۰</sup>	-۰.۴۴(۰.۱۴۴) <sup>۰</sup>	-۰.۳۵(۰) <sup>۰</sup>	-۰.۲۹(۰.۳۰۵)	-۰.۵۴(۰.۰۰۷) <sup>۰</sup>	-۰.۱۳۹(۰.۰۰۹) <sup>۰</sup>	-۰.۰۳(۰.۶۳۳) <sup>۰</sup>	-۰(۰.۰۰۹) <sup>۰</sup>	-۰.۳۳(۰.۰۶۰)	-۰.۳۳(۰.۰۶۰)	-۰.۳۴(۰.۰۰۶) <sup>۰</sup>		

در سطح ۱ درصد معنی دار

در سطح ۵ درصد معنی دار

## ۴- بحث و نتیجه گیری

نسبت پوشش گیاهی زنده و پوشش گیاهی غیرزنده و نیز خاک لخت، سه مؤلفه مهم و تعیین کننده بازتابش پوشش گیاهی در مناطق دارای پوشش گیاهی تنک و نیمه انبوه هستند (Goldsmith, 1991). باید توجه داشت که پوشش گیاهی زنده در بازتاب طیفی گیاهان اهمیت زیادی دارد. مقدار بازتابش از پوشش زنده، بستگی دارد به: مقدار آب، ساختمان سلول، مقدار کلروفیل و ساختمان گیاه.

فزونگی گرفتن میزان سبزینگی (کلروفیل) و فتوسنتز در گیاهان سبب افزایش بازتاب طیفی گیاهان و بیشتر شدن همبستگی میان تاج پوشش گیاهی و شاخص های گیاهی می گردد. مقدار همبستگی میان پوشش گیاهی شاخص گیاهی NDVI در تیپ های مطالعه شده نشان داد که میزان سبزینگی گیاهان نقش مهمی در همبستگی میان پوشش گیاهی و NDVI دارد، به طوری که در تیپ *Astragalus spp-Daphne mucronata* که گیاهان یکساله شادابی خوبی داشتند (گیاهان دائمی  $R^2=0/13$  و کلیه پوشش گیاهی زنده  $R^2=0/70$ )، کلیه گیاهان منطقه (تیپ های مرتعی و جنگل) در قیاس با پوشش گیاهان دائمی، همبستگی بهتری با NDVI داشت. (گیاهان دائمی  $R^2=0/330$  و پوشش گیاهی زنده  $R^2=0/338$ ).

در تیپ *Astragalus spp-Stipa barbata* همبستگی کل گیاهان (گیاهان یکساله و دائمی) بهتر بود ولی با همبستگی گیاهان دائمی تفاوت چندانی نداشت (گیاهان دائمی  $R^2=0/73$ )، کلیه پوشش گیاهی  $R^2=0/66$ . چنگ و همکاران (۲۰۰۷)، و امیری و عبدالرشید<sup>۱</sup> (۲۰۱۰)، میزان سبزینگی و فتوسنتز گیاهان را از عوامل مؤثر در همبستگی تاج پوشش گیاهی و شاخص های گیاهی برشمردند (Cheng et al., 2007 Amiri & Abdul Rashid, 2010).

بدین ترتیب، می توان گفت که در مناطق مختلف مطالعاتی میزان شادابی گیاهان و ساختار آنها، نقش

مهمی در میزان همبستگی تاج پوشش گیاهی با شاخص ها دارند. در تیپ *Astragalus spp-Daphne mucronata* با حذف گیاهان یکساله کاهش شدیدی میان همبستگی تاج پوشش گیاهی و شاخص های گیاهی دیده شد، در حالی که در تیپ *Astragalus spp-Scariola orientalis* چندانی بر میزان همبستگی تاج پوشش گیاهی نداشت، و در تیپ *Astragalus spp-Stipa barbata* همبستگی میان تاج پوشش گیاهان دائمی زنده و شاخص های گیاهی بیشتر بود که این موضوع خود با مقایسه وضعیت شادابی گیاهان یکساله در آنها توجیه شدنی است.

سرلین<sup>۲</sup> و بلوم<sup>۳</sup> (۲۰۰۱) بنيه و شادابی گیاهان را جزو عوامل مؤثر در بازتاب گیاهان دانسته اند. سنمن<sup>۴</sup> و همکاران (۱۹۹۶) و رسو<sup>۵</sup> و همکاران در مطالعه خود تغییرات فصلی و کاهش شادابی را موجب کاهش میزان همبستگی تاج پوشش گیاهی با شاخص های گیاهی برشمردند (Senseman et al., 1996, Russo et al., 2010).

تخریب مرتع و به دنبال آن کاهش بنيه و شادابی گیاهان از دیگر عواملی است که موجب کاهش همبستگی میان تاج پوشش و شاخص های گیاهی می گردد. در تیپ تخریب یافته *Astragalus spp-Scariola orientalis* نیز به دلیل کاهش فتوسنتز و تخریب مرتع در مقایسه با دیگر تیپ های گیاهی همبستگی کمتری میان تاج پوشش و شاخص های گیاهی به چشم می خورد. بویانتویو<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۰۷) و هیولی<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۰۹) در مناطق تخریب یافته کمترین همبستگی را میان تاج پوشش گیاهی و

1. Abdul Rashid
2. Crippen
3. Blom
4. Senseman
5. Russo
6. Buyantuyev
7. Hively

صورت تفکیک‌شده) و نیز در مقیاس کلی، شاخص SSI همبستگی بسیار خوبی را با تاج‌پوشش گیاهی نشان داد؛ اما در کلیه تیپ‌های گیاهی شاخص PD54 از همین گروه حاکی از همبستگی بسیار پایینی بود. با استفاده از شاخص PVI هم تنها در تیپ‌های *Astragalus spp - Stipa barbata* ( $R^2=0/62$ )، *Astragalus spp - Daphne mucronata* ( $R^2=0/68$ ) همبستگی خوبی دیده شد که در سطح یک درصد معنادار بودند. محاسبه شاخص‌های فاصله‌ای مانند PD54 در مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل نیاز به نقاط با حداکثر پوشش و از طرفی کاهش سبزیگی، مشکلات زیادی به چشم می‌خورد (Jafari et al., 2007). در مناطق مختلف نیز خصوصیات و شرایط خاک با یکدیگر بسیار متفاوت‌اند و همین خود باعث می‌شود که استفاده از معادله خط خاک یکسان در مناطق مختلف نتایج درستی را نشان ندهد و در واقع می‌بایست در هر منطقه جداگانه به محاسبه پرداخت (Barel et al., 1993).

در بین شاخص‌های مبتنی بر شیب که با استفاده از دو باند قرمز و مادون قرمز نزدیک محاسبه شده بودند، در تمامی تیپ‌های گیاهی به شکل جداگانه ( $0/62 < R^2$ ) و نیز مطالعه کلی مناطق ( $0/23 < R^2$ ) همبستگی نسبتاً بهتری از دیگر گروه‌ها با تاج‌پوشش گیاهی مشاهده شد. در این گروه بین شاخص‌های گیاهی تفاوت چندانی در همبستگی با تاج‌پوشش گیاهی دیده نشد و دیگر شرایط منطقه همچون خاک نیز تأثیر چندانی بر شاخص‌ها نداشتند. بدین ترتیب، به نظر می‌رسد که این گروه از شاخص‌ها می‌توانند در مطالعه تمامی تیپ‌های گیاهی و مطالعات کلی منطقه مورد استفاده قرار گیرند (جدول‌های ۴ و ۵). راهداری و ملکی نجف‌آبادی (۲۰۱۱)، جعفری و همکاران (۲۰۰۷) هم در این زمینه به نتایج مشابهی دست یافتند (Jafari et al., 2007; Rahdari & Maleki Najafabadi,

Buyantuyev et al., 2007; Hively et al., 2009).

در منطقه مورد مطالعه تیپ‌های گیاهی با ویژگی‌های مورفولوژیکی و فرم رویشی شامل بوته‌ای‌ها و گندمیان و درختی وجود داشت و مقایسه شاخص‌های گیاهی در تیپ‌های گیاهی نشان داد که تیپ‌های گیاهی مختلف بسته به خصوصیات خودشان و ویژگی‌های منطقه، به شاخص گیاهی خاصی بیشتر همبستگی نشان می‌دهند. در تیپ گیاهی STVI-3 *Astragalus spp-Stipa barbata* ( $R^2=0/77$ ) از گروه شاخص‌های حساس به آب، در تیپ گیاهی *Bromus tomentellus* (SAVI-B) ( $R^2=0/79$ )، در تیپ *Astragalus spp - Daphne mucronata* (SAVI-B) ( $R^2=0/74$ ) در تیپ *Astragalus spp - Scariola orientalis* (SAVI-B) ( $R^2=0/67$ ) و بالاخره در تیپ گیاهی *Quercus brantii* (SAVI-B) ( $R^2=0/82$ ) از گروه شاخص‌های براساس شیب بهترین همبستگی را نشان دادند. پورودرج<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹۹۸)، آنیل (۱۹۹۶)، فریتاس و همکاران (۲۰۰۵)، جعفری و همکاران (۲۰۰۷)، راهداری و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعات خود دریافتند که در هر یک از تیپ‌های گیاهی، شاخص‌های گیاهی مناسب برای مطالعات پوشش گیاهی متفاوت‌اند، زیرا همبستگی هر یک از شاخص‌های گیاهی با تاج‌پوشش گیاهی به خصوصیات پوشش گیاهی و منطقه بستگی دارد (Oneill, 1996, Purevdorj et al., 1998, Freitas et al., 2005, Jafari et al., 2007, Radari et al., 2010). مناطق مختلف سبب می‌گردد که میزان همبستگی شاخص‌های گوناگونی با پوشش گیاهی متفاوت باشد. عوامل مختلفی مانند همگنی یا ناهمگنی پوشش گیاهی، شرایط مورفولوژی و خصوصیات خاک مثل بافت و رنگ از جمله عوامل مهمی هستند که بر بازتاب پوشش گیاهی تأثیر می‌گذارند (Batadlan, 2009). (Theau et al., 2010).

در این منطقه در هر یک از تیپ‌های گیاهی (به

1. Purevdorj



ارزیابی صحت شاخص‌های طیفی پهنه‌بندی پوشش گیاهی در مقیاس تپ‌های گیاهی و منطقه مطالعاتی، با استفاده از ...

- Bareta, F., Clevers, J.G.P.W. and Steven, M.D., 1995, **The Robustness of Canopy Gap Fraction Estimates from Red and Near-infrared Reflectances: A Comparison of Approaches**, Remote Sensing of Environment 54(2), PP. 141-151.
- Batadlan, B.D., 2009, **Effects of Background Variation on Special Vegetation indices in Mangrove Forest**, M.Sc. Thesis, University of the Philippines.
- Borhani, M., Arzani, H. Jaberolansar, Z. Azimi, M. and Farahpour, M., 2010, **Investigating the Range Condition Trend During Eight-year Period in Isfahan Province**, Iranian journal of Range and Desert Research 17(1), PP. 1-20.
- Buyantuyev, A., J. Wu, and 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), PP. 269-291.
- Cheng, Y.B., S. Wharton, S. L. Ustin, P. J. Zarco-Tejada, and M. FalkKyaw Tha Paw U, 2007, **Relationships between Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer Water Indexes and Tower Flux Data in an Old-Growth Conifer Forest**, Journal of Applied Remote Sensing 1, PP. 1-26.
- Cohen, W.B., Maier-sperger, T.K. Gower, S. T. and Turner, D.P., 2003, **An Improved Strategy for Regression of Biophysical Variables and Landsat ETM+ Data**, Remote Sensing of Environment 84, PP. 561-571.
- Colombo, R., Bellinger, D. Fasolinic, D. and Marino, C. M., 2003, **Retrieval of Leaf Area Index in Different Vegetation Types Using High Resolution Satellite Data**, Remote Sensing of Environment, 86(1), PP. 120-131.
- Daghestani, M., 2010, **Application of Remote Sensing Science in Forest Management**, The First Regional Conference Geomatics, Eslamshahr.
- Davi, H., Soudani, K. Deckx, T. Dufrene, E. Ledatec, V. and Francois, C., 2006, **Estimation of Forest Leaf Area Index from SPOT Imagery Using NDVI Distribution over Forest Stands**, International Journal of Remote Sensing, 27(5), PP. 885-902.
- Eidvidge, C.D., 1990, **Visible and Near Infrared Reflectance Characteristics of Dry Plant Materials**, International Journal of Remote Sensing, 11(10), PP. 1775 - 1795.
- Freitas, S. R., Mello, M. C. S. and Cruz, Carla B.M. , 2005, **Relationships Between Forest structure and Vegetation Indices in Atlantic Rainforest**, Forest Ecology and Management, 218, PP. 353-362.
- Frzadmehr, G., Arzani, H. and Nazari samani, A.A., 2008, **An Investigation of the Capability of Multi-temporal Data of Landsat 7 Satellite in Estimating Vegetation Cover and Production (Case study: Arid Region, Saveh, Bakhshali-Nemati**, Iranian Journal of Natural Resources, 58(3), PP. 719-729.



- Goldsmith, F.B., 1991, **Monitoring for Conservation and Ecology**, Chapman & Hall, 275P.
- Hadian, F., 2011, **Analysing Vegetation Cover Changes and Its Relationship With Rainfall Using Satellite Data (Case Study: Semirom Region, Isfahan)**, M.Sc. Thesis, Isfahan University of Tecnology.
- Hadian, F., Bashari, H. and Jafari, R., 2012, **Effects of Sampling Sizes on the Correlation between Vegetation Cover and NDVI Data in Different Rangeland Conditions Using TM and AWiFS Images**, Journal of Applied RS & GIS Techniques in Natural Resource Science, 3(2), PP. 85-97.
- Hively, W.D., Lang, M. McCarty, G.W., Keppler, J. Sadeghi, A. and McConnell, L. L., 2009, **Using Satellite Remote Sensing to Estimate Winter Cover Crop Nutrient Uptake Efficiency**, Journal of Soil and Water Conservation, 64(5), PP.303-313.
- Huete, A.R., Post, D.F., and Jackson, R.D., 1984, **Soil Spectral Effect on 4-space Vegetation Discrimination**, Remote Sensing of Environment, 15, PP.155-165.
- Jafari, R., 2007, **Arid Land Condition Assessment and Monitiring Using Multispectral and Hyperspectral Imagery**, Ph.D. Thesis, University of Adelaid Australia.
- Jafari, R., Lewis, M. M. and Ostendorf, B., 2007, **Evaluation of Vegetation Indices for Assessing Vegetation Cover in Southern Arid lands in South Australia**, The Rangeland Journal, 29, PP. 39-49.
- Kauth, R.J. and G. Thomas, 1976, **The Tasselled Cap--a Graphic Description of the Spectral-Temporal Development of Agricultural Crops as Seen by Landsat**, in Proceedings of the LARS 1976 Symposium on Machine Processing of Remotely-sensed Data.
- Khodagholi, M., 2004, **Ecological Regions of Iran Vegetation Types of Semirom Area** Research Institute of Forest and Rangelands, 125P.
- McCoy, R. M., 2005, **Field Methods in Remote Sensing**, Guilford, 159P.
- Moghadam, M.R., 1998, **Range and Range Manegment**, Tehran publications.
- O'Neill, A.L., 1996, **Satellite Derived Vegetation Indices Applied to Semi-arid Shrublands in Australia**, Australian Geographer, 27(2), PP. 185-199.
- Pearson, R.L. and Miller, L. D., 1972, **Remote Sensing of Standing Crop Biomass for Estimation of the Productivity of the Shortgrass Prairie**, Pawnee national grasslands, The 8th International Symposium on Remote Sensing of the Environmen, Colorado.
- Pickup, G., Chewings, V. H. and Nelson, D. J., 1993, **Estimating Changes in Vegetation Cover Over Time in Arid Rangelands Using Landsat MSS Data**, Remote Sensing of Environment, 43, PP.243-263.
- Pickup, G. and Nelson, D.J., 1984, **Use of Landsat Radiance Parameters to Distinguish Soil Erosion, stability, and**

ارزیابی صحت شاخص‌های طیفی پهنه‌بندی پوشش گیاهی در مقیاس تپ‌های گیاهی و منطقه مطالعاتی، با استفاده از ...

- Deposition in Arid Central Australia**, Remote Sensing of Environment 16, PP. 195-209.
- Prigent, C. and F. Aires, 2001, **Joint Characterization of Vegetation by Satellite Observation from Visible to Microwave Wavelengths A Sensitivity Analysis**, Journal of Geophysical Research, 106(18), PP. 20665-20685.
- Purevdorj, T., Tateishi, R. Ishiyama, T. and Honda, Y., 1998, **Relationships between Percent Vegetation Cover and Vegetation Indices**, International Journal of Remote Sensing 19(18), PP. 3519-3535.
- Radari, V., Amiri, F. and Meleki, S., 2010, **Vegetation Cover Change Monitoring Applying Satellite Data During 1972 to 2007**, Research Journal of Environmental and Earth Sciences 2(3), PP. 118-127.
- Rahdari, V. and Maleki Najaf abadi, S., 2011, **Compression of Vegetation Indices for Vegetation Cover Mapping in Arid and Semi-arid Environment Using Satellite Data (case study: Mouteh Wild Life Sanctuary)**, Journal of Applied RS and GIS Techniques in Natural Resource Science 1(1), PP. 79-88.
- Riano, D., Chavieco, E. Salas, J. and Aguado, I., 2003, **Assessment of Different Topographic corrections in Landsat-TM Data for Mapping Vegetation Types**, Lee Transaction on Geoscience and Remote Sensing 41(5). PP. 1056-1061.
- Rondeaux, G., Steven, M. and Baret, F., 1996, **Optimization of Soiladjusted Vegetation Indices**, Remote Sensing of Environment 55, PP. 95-107.
- Rouse, J.W., Haas, R.W. Schell, J.A. Deering, D.W. and Harlan, J.C., 1974, **Monitoring the Vernal Advancement and Retrogradation (Greenware Effect) of Natural Vegetation**, Greenbelt, MD, USA.
- Russo, A. L., Simoniello, T. Greco, M. Squicciarrino, G. Lanfredi, M. and Macchiato, M., 2010, **Correlation Between Satellite Vegetation Indices and Crop Coefficients**, Geophysical Research, 12:Abstract.
- Saeedfar, M., 2005, **Introduction a Suitable Method to Evaluate the Range Condition in Substeppe Region (Isfahan province)**, PhD Thesis, University of Tehran.
- Sarapirome, S. and Kulrat, C., 2010, **Comparison Urban Classification Using Landsat -TM and Liner Spectral Mixture Analysis Extracted Images: Nakhon Ratchasima Municipal Area, Thailand**, Suranaree Journal of Science and Technology 17(4), PP. 401-411.
- Senseman, G.M., Bagleya, C.F. and Tweddale, S.A., 1996, **Correlation of Rangeland Cover Measures to Satellite Imagery Derived Vegetation Indices**, Geocarto International 11(3), PP. 29-38.
- Sepehri, A. and Motaghi, M.R., 2002, **Using Vegetation Indices For Estimation of Canopy Cover Percentage of Rangeland Vegetation (In Protected Area of Jahan-**

- Nema, Gorgan), Iranian Journal of Natural Resources, 55(2), PP. 259-262.
- Sepehri, A. and Mottaghi, M. R., 2001, **Using Landsat Satellite Data (TM) for Study of Biomass in Jahanema Protected Rangelands**, Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 8(1), PP. 77-92.
- Solaimani, K., Shokrian, F. Tamartash, R. and Banihashemi, M., 2011, **Landsat ETM+ Based Assessment of Vegetation Indices in Highland Environment**, Journal of Advances in Developmental Research, 2(1), PP. 5-13.
- Theau, J., Sankey, T.T. and Weber, K.T., 2010, **Multi-sensor Analyses of Vegetation Indices in a Semi-arid Environment**, GIScience and Remote Sensing, 47(2), PP. 260–275.
- Thenkabail, P. S., Ward, A.D. Lyon, J.G. and Maerry, C.J., 1994, **Thematic Mapper Vegetation Indices for Determining Soybean and Corn Growth Parameters**, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 60, PP. 437–442.
- Yeganeh, H., Khajeddin, S.J. and Soffianian, A.R., 2008, **Evaluating the Potentials of Spectral Indices of the MODIS in Estimating the Plant Production in Semirom Pastures**, Rangeland, 2(1), PP. 63-77.
- Zarineh, E., Naderi Khorasgani, M. and Asadi Borujeni, E. 2013, **Estimating the Rangeland Vegetation Cover of Tang-e-Sayyad Region (Chaharmahal-o-Bakhtiary Province) Using IRS LISS-III Data**, Journal of Environmental Studies, 38(1). PP. 117-130.