



سنجش از دور & GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران سال پنجم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۲
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.5, No.4, Winter 2014

۱۰۵-۱۲۰

مقایسه کارایی شاخص‌های گیاهی و آنالیز ترکیب طیفی در تهیه نقشه پوشش گیاهی مراتع

مهديه فرازمنده^{۱*}، رضا جعفری^۲، نفیسه رضائی^۳

۳، ۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۲/۳

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۱۲/۹

چکیده

مطالعه حاضر با هدف مقایسه کارایی شاخص‌های گیاهی به‌عنوان روش‌های پیکسلی، و آنالیز ترکیب طیفی (SMA) به‌عنوان روش تحت پیکسلی در پهنه‌بندی پوشش گیاهی مراتع منطقه سمیرم استان اصفهان انجام یافته است. ابتدا پیش‌پردازش‌های هندسی و رادیومتریک بر تصویر لندست TM سال ۱۳۸۸ اعمال گردید. سپس رابطه همبستگی بین درصد تاج‌پوشش گیاهی اندازه‌گیری شده که با روش قدم نقطه در ۳۰ سایت نمونه‌برداری اندازه‌گیری شده بود، در مطالعات میدانی با ۴ گروه شاخص گیاهی شامل NDVI، PD54، SBI، GVI و STVI-1 و روش SMA در سه گروه مختلف پوشش گیاهی ۰-۲۵ درصد، ۲۵-۵۰ درصد و $< 50\%$ در محیط نرم‌افزار SPSS16 ارزیابی شد. در گروه با درصد پوشش گیاهی اندک (۰-۲۵ درصد) SMA در مقایسه با شاخص‌های گیاهی بیشترین کارایی را نشان داد ($P < 0/05$) و $R^2 = 0/52$ ، با افزایش پوشش گیاهی، کارایی شاخص‌های گیاهی افزایش یافت و در گروه با بیش از ۵۰ درصد پوشش گیاهی، تمام شاخص‌های گیاهی همبستگی بالاتری در مقایسه با SMA با داده‌های زمینی داشتند. به‌طور کلی، نتایج حاکی از آن است که در مناطق با درصد پوشش گیاهی متوسط به‌بالا روش‌های ساده بر پایه پیکسل - از جمله NDVI - ابزارهای مناسب‌تری برای ارزیابی پوشش گیاهی هستند و روش تحت پیکسل SMA در مناطق با پوشش گیاهی کم کارآمدتر است. در تحقیق حاضر روش SMA به‌عنوان جایگزین شاخص‌های گیاهی در ارزیابی وضعیت پوشش گیاهی فقیر محیط‌های خشک و نیمه‌خشک کشور پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها: پهنه‌بندی پوشش گیاهی، شاخص گیاهی، روش تحت پیکسل، SMA.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده منابع طبیعی، گروه مرتع و آبخیزداری

۱- مقدمه

حدود یک سوم سطح کره زمین به مساحت ۴ میلیارد هکتار جزو مناطق خشک و نیمه خشک طبقه بندی شده که از خصوصیات بارز آنها کمبود و پراکنش نامنظم بارندگی و پوشش گیاهی اندک و پراکنده است. پوشش گیاهی این مناطق نقش اساسی در بسیاری از فرایندهای حیاتی اکوسیستم و الگوهای غیرزنده مرتبط با آن دارند. در حمایت از تنوع زیستی جهانی، ترسیب کربن، حفظ خاک و جلوگیری از فرسایش، تنظیم گردش آب در طبیعت، حفظ ذخایر ژنتیک گیاهی و جانوری، تولید محصولات دارویی و صنعتی با ارزش بیش از ۲ میلیارد دلار در سال نقش اساسی دارد (Whitford et al., 2010, Yang et al., 2012). در دهه های اخیر، افزایش جمعیت و بهره برداری های بیش از حد و به وجود آمدن نوسانات اقلیمی باعث شده است که جوامع گیاهی این مناطق دستخوش تغییرات زیادی گردد (Laity et al., 2011). همزمان با روند رو به رشد این تغییرات، توانایی تعیین دقیق درصد پوشش گیاهی زنده برای مدیریت بهتر این مناطق از نیازهای اساسی مدیران است و زمینه ساز تدوین برنامه های کاربردی مهمی در پاسخ به مشکلات مختلف این مناطق خواهد بود (Amiraslani and Dragovich, 2011; Whitford et al., 2010).

چندین دهه است که علم سنجش از دور با امکاناتی از قبیل مقیاس مناسب زمانی و مکانی و هزینه کم به عنوان روشی مکمل و گاه جایگزین روش های میدانی در مطالعات مختلف، به کمک مدیران منابع طبیعی آمده و تکنیک های مختلف آن راهگشای برنامه های توسعه در بخش های مختلف بوده است. شاخص های گیاهی^۱ از پر استفاده ترین و قدیمی ترین روش های سنجش از دور است که در مطالعات پهنه بندی مراتع و تهیه نقشه پوشش گیاهی آن به کار می رود. (Campbell, 1996; Lillesand and Kiefer, 2000). این شاخص ها با استفاده از باندهای مختلف سنجنده ها، تجزیه و تحلیل های ریاضی را بر داده ها اعمال می کنند

و پوشش های مختلف گیاهی را پهنه بندی می کنند. تاکنون انواع مختلفی از این شاخص ها تدوین شده است که از جمله می توان به اینها اشاره کرد: (۱) شاخص های گیاهی بر پایه شیب^۲، (۲) شاخص های گیاهی بر اساس فاصله^۳، (۳) شاخص های گیاهی تبدیلات راست گوشه^۴، و (۴) شاخص های گیاهی که به آب گیاهان حساس اند^۵ (Campbell, 1996; Jafari et al., 2007).

این شاخص ها در جدول ۱ آمده است. نتایج بسیاری از مطالعات نشان می دهد که فاکتورهایی مانند پراکنده بودن پوشش گیاهی، کنتراست طیفی اندک، و اثر پس زمینه خاک، و طبیعت مرکب پیکسل های مخلوط^۶، عملیات شناسایی و ارزیابی پوشش گیاهی با شاخص های گیاهی و به طور کلی روش های طبقه بندی بر پایه پیکسل را در اکثر تصاویر سنجش از دور مناطق خشک و نیمه خشک با محدودیت هایی مواجه می کند (Fang et al., 2011; Jafari et al., 2007; Jafari et al., 2008; Smith et al., 1990; Yang et al., 2012; Zhongfei et al., 2010). پهنه بندی اجزای مختلف پیکسل های مخلوط با روش هایی که بر پایه پیکسل استوارند، از چالش های مهم استخراج اطلاعات از داده های سنجش از دور به شمار می آید (Lu and Weng, 2007).

فراوانی استفاده از روش های پیکسلی نشان می دهد که با وجود گذشت چند دهه از کاربرد سنجش از دور، تا به حال از تمامی تکنیک ها و ابزارهای آن در مطالعات تهیه نقشه پوشش گیاهی به طور کامل استفاده نشده است. پهنه بندی زیر یا تحت پیکسل^۷ برای نمایش مناسب تر و برآورد دقیق تر سطح پوشش زمین در مقایسه با روش های بر پایه پیکسل ساخته شده است.

1. Vegetation indices
2. Slope-based
3. Distance-based
4. Orthogonal transformations
5. Plant-water sensitive
6. Mixed pixels
7. Subpixel

جدول ۱. ویژگی‌های گروه‌های مختلف شاخص‌های گیاهی

فرمول	شاخص گیاهی	گروه
$(NIR-R)/(NIR+R)$	NDVI ^۱	۱) بر پایه شیب
فاصله عمودی خط خاک از پوشش گیاهی	PD54 ^۲	۲) شاخص‌های فاصله‌ای
$0.30(TM1) + 0.27(TM2) + 0.55(TM4) + 0.50(TM5) + 0.18(TM7)$	SBI ^۳	۳) شاخص‌های گیاهی
$-0.28(TM1) - 0.24(TM2) - 0.54(TM3) + 0.72(TM4) + 0.08(TM5) - 0.18(TM7)$	GVI ^۴	تبدیلات راست‌گوشه‌ای
$(MIR \times R)/NIR$	STVI-1 ^۵	۴) شاخص‌های حساس به آب گیاهان

گرفته شده است (Dawelbait and Morari, 2012; Elmore et al., 2000; Jafari, 2007; Lu et al., 2004; Smith et al., 1990; Somers, et al., 2010; Yang, et al., 2012).

نتایج این مطالعات نشان داده است که عضوهای خالص خاک و پوشش گیاهی و تغییرات آنها در زمان و مکان می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های وضعیت زمین و تخریب آن به‌کار گرفته شوند. اگرچه SMA به‌عنوان روشی برتر در مقایسه با شاخص‌های گیاهی برای استفاده در مناطق خشک و نیمه‌خشک شناخته شده است، اما عملکرد آن در مقایسه با شاخص‌های گیاهی در تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی طبیعی مراتع در مطالعات معدودی در سطح جهانی بررسی شده است. با وجود وسعت بالای سطح مراتع کشور با اقلیم غالب خشک و نیمه‌خشک، تاکنون مطالعه‌ای روی پوشش گیاهی مراتع ایران با استفاده از این روش انجام نشده

آنالیز ترکیب طیفی^۶ (SMA) از روش‌های مهم و مرسوم در این زمینه است، که اسمیت و همکارانش به‌منظور غلبه بر مشکل پیکسل‌های مخلوط آن را ارائه کردند (Lu et al., 2007; Smith et al., 1990). این روش از جمله تکنیک‌های سنجش از دوری استخراج اطلاعات است که برای تفکیک عارضه‌های مختلف طیفی در یک پیکسل به‌کار می‌رود. در این روش کلیه اجزای زمین که داخل یک پیکسل تصویر قرار گرفته‌اند، براساس ویژگی‌های عارضه‌های جذب^۷ در طول موج‌های تعیین‌شده تشخیص داده می‌شوند و برای هر کدام از این اجزا نقشه فراوانی جداگانه‌ای به‌صورت عضوهای پایانی^۸ ارائه می‌گردد. در این روش به‌دلیل حساسیت کمتر آن در مقایسه با خاک زمینه، محدودیت‌هایی که در شاخص‌های گیاهی با آن مواجه هستیم برطرف می‌گردد (Adams et al., 1986; Somers et al., 2011; Ustin et al., 1986). در مواردی که کنتراست خوبی بین پدیده و پس‌زمینه آن وجود دارد، این روش قادر است مقادیر مختلف پدیده را که حدود ۱۳ درصد یک پیکسل را پوشانده باشد تشخیص دهد (Borengasser et al., 2011).

آنالیز ترکیب طیفی در مطالعات مختلف با اهداف گوناگون زیست‌محیطی از جمله تهیه نقشه و پایش تغییرات پوشش زمین و ارزیابی تخریب اراضی به‌کار

1. Normalized Difference Vegetation index
2. Perpendicular distance
3. Soil brightness index
4. Green vegetation index
5. Stress related-1
6. Spectral mixture analysis
7. Absorption features
8. Endmembers

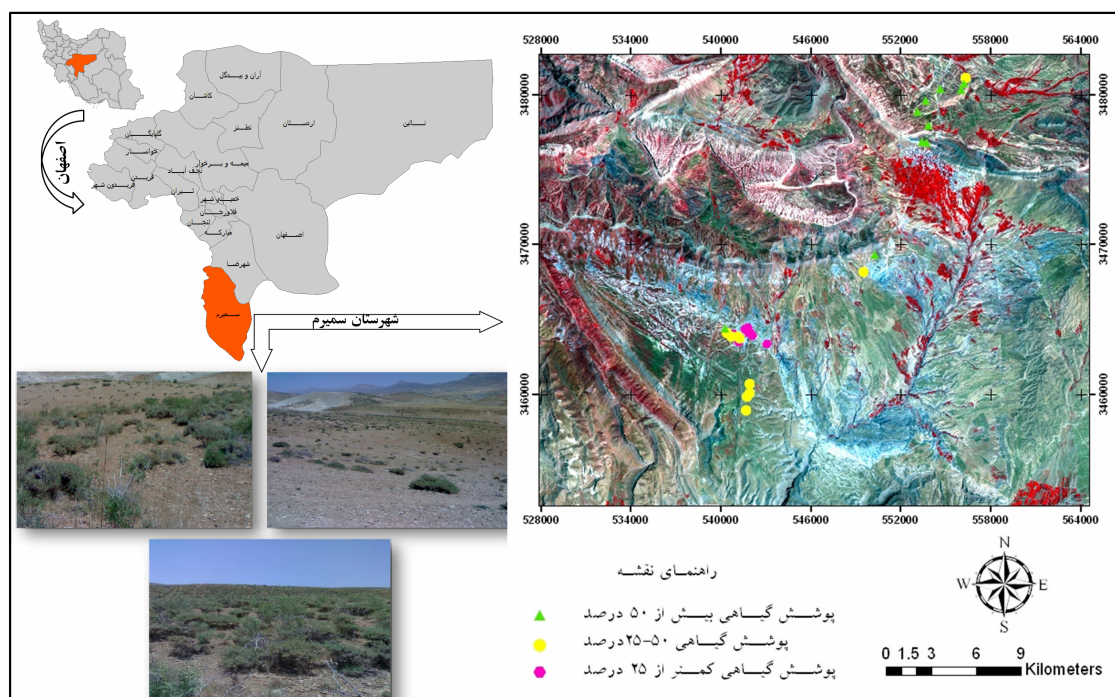
بخش وسیعی از مراتع منطقه وضعیت فقیر و متوسط دارند، و مراتع با وضعیت خوب سطح کمی از این شهرستان را به خوداختصاص می‌دهند (Bureau of Rangeland, 2004). مهم‌ترین تیپ‌ها و گونه‌های گیاهی شامل انواع گون (Astragalus spp)، دافنه (Daphne mucronata)، کنگر (Gundelia tournefortii)، گیس پیرزن (Stipa barbata)، بروموس وحشی (Bromus tomentellus) و کاهوی وحشی (Scariola orientalis) است. به‌منظور پهنه‌بندی پوشش گیاهی منطقه مطالعاتی و مقایسه آن با داده‌های ماهواره‌ای، مراتع در سه طبقه از پوشش گیاهی بدین شرح بررسی شدند: (۱) مراتع با پوشش گیاهی ۰-۲۵ درصد (شکل ۱-الف)؛ (۲) مراتع با پوشش گیاهی ۲۵-۵۰ درصد (شکل ۱-ب)؛ و (۳) مراتع با پوشش گیاهی بیش از ۵۰ درصد (شکل ۱-پ).

است. پژوهش حاضر با هدف مقایسه کارایی روش‌های پیکسلی (شاخص‌های گیاهی) و تحت پیکسلی (SMA) در پهنه‌بندی پوشش گیاهی منطقه نیمه‌خشک جنوب استان اصفهان صورت گرفته است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مطالعه شده

منطقه مطالعه‌شده با مساحتی حدود ۱۱۰۷۰۰ هکتار در محدوده جغرافیایی ۱۷' و ۵۱' تا ۴۰' و ۵۱' طول شرقی و عرض شمالی ۱۲' و ۳۱' تا ۲۸' و ۳۱' شهرستان سمیرم جنوب استان اصفهان واقع شده است (شکل ۱). ارتفاع متوسط منطقه مطالعه‌شده، ۲۴۶۰ متر از سطح دریا و اقلیم آن براساس تقسیم‌بندی کوپن سرد با تابستان‌های خشک و گرم و در ارتفاعات جنوبی جزو مناطق سرد با تابستان‌های خشک و خنک است.



شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعاتی؛ الف) مراتع با پوشش کمتر از ۲۵ درصد، ب) مراتع با پوشش بین ۲۵-۵۰ درصد

پ) مراتع با پوشش بیش از ۵۰ درصد

۲-۲- محاسبه شاخص‌های گیاهی

صحت پهنه‌بندی پوشش گیاهی به کمک شاخص‌های گیاهی، تحت تأثیر بازتاب گیاهان قرار دارد. گیاهان در مراحل مختلف فنولوژیکی به دلیل تغییر در میزان آب و کلروفیل بازتاب‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. بنابراین، بهترین زمان برای اندازه‌گیری پوشش گیاهی مراتع زمانی است که گیاهان به حداکثر میزان رشدشان رسیده باشند. در منطقه مطالعه‌شده، گیاهانی با مراحل فنولوژیکی متفاوت وجود دارد، که برای محاسبه شاخص‌های گیاهی از بین تصاویر ماهواره‌ای موجود در آرشیو، تصویر سنجنده TM ماهواره لندست ۵ با اندازه پیکسل ۳۰ متر در تاریخ ۱۳۸۸/۳/۱۱ که تقریباً با اوایل تیرماه - زمانی که کل جامعه گیاهی در حداکثر رشد هستند - بیشترین انطباق زمانی را داشت، انتخاب گردید. ابتدا تصویر ماهواره‌ای با دقت RMSE=۰/۴۶ نسبت به نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ با استفاده از ۲۰ نقطه کنترل زمینی در سیستم متریک (UTM zone 39N) به روش نزدیک‌ترین همسایه، پیش‌پردازش شد. با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه کوهستانی است، اثر پستی‌ها و بلندی‌ها روی تصویر تصحیح انعکاس شده با استفاده از عملیات تصحیح توپوگرافی به روش لامبرت در نرم‌افزار ERDAS Imagine 9.1 تعیین گردید. به منظور محاسبه شاخص‌های گیاهی NDVI، GVI و STVI-1 از ابزار فرمول‌نویسی نرم‌افزار ERDAS Imagine 9.1 استفاده شد. به کمک پلات پراکنش طیفی تصویر ماهواره‌ای منطقه مطالعاتی و لینک آن با تصویر مربوط به آن در نرم‌افزار Erdas Imagine 9.1، مختصات دو نقطه خاک و یک نقطه پوشش گیاهی یادداشت شد؛ سپس مختصات به دست آمده وارد نرم‌افزار Excel گردید و مقدار سه پارامتر (شیب، عرض از مبدأ، فاصله خط خاک از پوشش گیاهی) به دست آمد و با محاسبه رابطه (۱) تصویر شاخص PD54 منطقه مطالعه‌شده، تهیه شد (Pickup et al., 1993).

رابطه (۱)

$$PD54 = [ABS(-1 \times band2 \times gain) + band3 - offset] / ((SQRT(gain^2 + 1))) \times 254 / distance$$

که در آن؛ قدر مطلق: ABS؛ شیب خط = Gain؛ عرض از مبدأ = Offset؛ و فاصله خط خاک از پوشش گیاهی = Distance؛ band2 و band3 = باند ۲ و ۳ سنجنده TM است.

۲-۳- محاسبه آنالیز ترکیب طیفی (SMA)

روش محاسبه آنالیز ترکیب طیفی براساس مدل ریاضی رابطه (۲) محاسبه شد.

$$R_i = \sum_{k=1}^n f_k R_{ik} + \varepsilon_i \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن؛ i باند مورد استفاده، از ۱ تا n تعداد عضوهای پایانی، R_i انعکاس طیفی باند i در یک پیکسل که ممکن است دارای یک عضو یا چند عضو پایانی باشد، f_k فراوانی عضو پایانی k داخل یک پیکسل، R_{ik} انعکاس طیفی عضو k در یک پیکسل روی باند i، و ε_i خطای باند i است (Smith et al., 1990). برای اجرای این روش که در محیط نرم‌افزاری ENVI4.3 صورت گرفت، ابتدا ابعاد بهینه داده‌های لندست تعیین شد و از بین آنها در فضایی چندبعدی عضوهای پایانی یا پیکسل‌های خالص شناسایی شدند و در مرحله نهایی پدیده‌های مختلف تشکیل‌دهنده پیکسل‌ها به صورت تصاویر فراوانی براساس عضوهای پایانی تولید گردید (Boardman et al., 1994; ENVI Research Systems)

(Inc, 2000; Green et al., 1988). در هر یک از این تصاویر، دامنه ارزش عددی فراوانی بین صفر و یک و مجموع آنها در هر پیکسل برابر یک است. به منظور بهینه‌سازی باندهای تصویر لندست و کاهش همبستگی باندی، از الگوریتم کسر حداقل نویز^۱ (MNF) بهره گرفته شد. بعد از اعمال این روش،

1. Minimum noise fraction

انجام گرفت (Mesdaghi, 1998). روش کار بدین صورت بود که ۱۰ نقطه نمونه برداری در هر طبقه به صورت تصادفی - سیستماتیک تعیین گردید، سپس موقعیت آنها در سامانه موقعیت یاب جهانی^۲ (GPS) ثبت شد و در چهار جهت ترانسکت‌هایی به طول ۱۰۰ متر مستقر گردید. در نهایت به صورت قدم به قدم در طول هر ترانسکت حرکت صورت گرفت و تمام عوارض روی زمین اعم از انواع پوشش‌های بوته‌ای، یک‌ساله، لاشبرگ و حتی نقاط بدون پوشش (خاک لخت، اراضی مارنی) که با علامت روی نوک کفش نمونه بردار برخورد کردند ثبت شد و در نهایت درصد پوشش‌های مختلف منطقه محاسبه گردید.

به منظور محاسبه و ارزیابی صحت و کارایی شاخص‌های گیاهی و آنالیز SMA در استخراج پوشش گیاهی مرتعی در مقایسه با واقعیت زمینی، در نقشه‌های پوشش به دست آمده از این دو روش، بافری به شعاع ۱۰۰ متر در محیط نرم افزار ArcGIS9.3 در اطراف ۳۰ نقاط نمونه برداری تهیه گردید. سپس با استفاده از نرم افزار Erdas Imagine 9.1 از ارزش پیکسل‌ها در هر طبقه در داخل بافرها میانگین‌گیری شد و میزان همبستگی آن با درصد پوشش گیاهی در هر طبقه در محیط نرم افزار آماری SPSS 16.0 تعیین گردید.

۳- نتایج و بحث

همبستگی بین تصویر پوشش گیاهی به دست آمده از طریق SMA و ۴ گروه مختلف شاخص‌های گیاهی در مقایسه با داده‌های برداشت شده زمینی برای سال ۱۳۸۹ در منطقه سمیرم که بدون در نظر گرفتن نوع و فرم رویشی گیاهان محاسبه شده، در جدول ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در بررسی کلی طبقات، میزان همبستگی میان داده‌های زمینی و داده‌های ماهواره‌ای متفاوت و کلیه روش‌ها در

باندهای تصویر لندست از کمترین تا بیشترین نویز مرتب شدند. باندهای ابتدایی بیشترین انحراف معیار از نویز و باندهای انتهایی کمترین انحراف معیار را داشتند. بعد از تولید تصویر MNF به منظور استخراج عضوهای پایانی تصویر شاخص پیکسل خالص^۱ (PPI) بر آن اعمال گردید. بدین منظور تعداد تکرار برای محاسبه PPI ۱۰۰۰۰ و آستانه تعداد پیکسل خالص در تصویر خروجی ۱۰۰۰ تعیین شد. لازم به ذکر است که هرچه ارزش پیکسل‌ها در تصویر PPI بیشتر باشد، بدین معنی است که آن پیکسل به دفعات مکرر به عنوان پیکسل خالص انتخاب شده است. در نتیجه، انتخاب چنین پیکسل‌هایی به عنوان عضو پایانی مناسب‌تر است. در نهایت با استفاده از باندهای تصویر MNF که دارای حداکثر اطلاعات هستند و شاخص PPI در فضایی چندبعدی از ابرطیفی، عضوهای پایانی انتخاب شدند. در مطالعه حاضر برای تهیه نقشه هر عارضه، از میانگین ۲۰ پیکسل خالص تصویر خروجی شاخص PPI استفاده شد. با توجه به ۵ عضو پایانی انتخاب شده در این مطالعه، ۵ نقشه پوشش شامل پوشش گیاهی مرتعی، اراضی کشاورزی، اراضی مارنی، خاک لخت، و نقشه مناطق دارای سایه و آب براساس درصد فراوانی عضوهای پایانی در هر پیکسل براساس معادله SMA در محیط نرم افزار ENVI تهیه گردید. علاوه بر تصاویر مذکور، یک تصویر خطا نیز به عنوان میزان صحت استخراج پدیده‌ها تولید شد که هرچه این تصویر بر فکی و فاقد عارضه باشد، نشان می‌دهد که انتخاب عضوهای پایانی به درستی صورت گرفته است.

۲-۴- مطالعات میدانی

برای بررسی همبستگی طبقات مختلف پوشش گیاهی مرتعی با نقشه‌های به دست آمده از شاخص‌های گیاهی و آنالیز SMA، ابتدا نمونه برداری از سه طبقه پوشش گیاهی (طبقه اول پوشش ۲۵-۰ درصد)، طبقه دوم ۵۰-۲۵ درصد و طبقه سوم پوشش بیش از ۵۰ درصد) در اوایل تیرماه ۱۳۸۹ با استفاده از روش قدم - نقطه

1. Pixel purity index

2. Global Positioning System

شاخص‌های گیاهی که با شاخص سطح برگ رابطه مستقیم دارند همبستگی بالاتری نشان دادند. در این طبقه شاخص‌های گیاهی GVI، STVI، NDVI، PD54 و در نهایت SBI همبستگی معناداری با درصد پوشش گیاهی داشتند. در مرتع طبقه سوم که پوشش گیاهی بیش از ۵۰ درصد است و گونه غالب آن انواع گونه‌های چندساله گون و دافنه است، شاخص‌های گیاهی NDVI همبستگی بالاتری با درصد پوشش گیاهی نسبت به دیگر شاخص‌ها نشان داد و بقیه شاخص‌ها به ترتیب 1-STVI، GVI، SBI و PD54 با درصد پوشش گیاهی همبستگی معناداری دارند.^۱

به منظور تفکیک و تهیه نقشه برای هر یک از عضوهای پایانی به روش SMA در این مطالعه، ابتدا از روش کسر حداقل نویز برای کاهش نویزهای احتمالی در تصویر ماهواره‌ای استفاده شد. مطابق تصاویر استخراجی MNF، کمترین نویز مربوط به باند ۱ و بیشترین نویز مربوط به باند ۷ به دست آمد. سپس شاخص پیکسل خالص براساس تصاویر MNF و در فضای چندبعدی تهیه شد و عضوهای پایانی مراتع، اراضی کشاورزی، اراضی مارنی، خاک لخت، مناطق دارای آب و سایه انتخاب شدند و تصویر فراوانی مربوط به هر یک از آنها با استفاده از روش SMA تولید شد. در این تصاویر، مناطق سفیدرنگ نشان‌دهنده فراوانی بالای عضو و قسمت‌های سیاه‌رنگ کاهش فراوانی عضو مورد نظر در منطقه را نشان می‌دهند (شکل ۴- الف تا ج). افزون بر نقشه‌های فوق، یک تصویر خطا با نویز فراوان ایجاد گردید (شکل ۴- ب) که نشانه استخراج خوب عضوهای پایانی از تصویر لندست است. این نقشه همان نویز تصویر استفاده شده است که هرچه نویز بیشتری داشته باشد، نشان‌دهنده استخراج بهتر اطلاعات است (Adams et al., 1986).

سطح خوبی از نظر معناداری قرار دارند. همبستگی بالاتر بین SMA و داده‌های میدانی درصد پوشش زمین در مرتع طبقه اول - که درصد پوشش گیاهی آن کم و به میزان ۱۶/۳ با پوشش غالب گراس است - و قسمت عمده مرتع - که با خاک و سنگریزه اشغال شده است - در مقایسه با ۴ گروه شاخص گیاهی با ضریب همبستگی ۵۲ درصد مشاهده می‌شود. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، به علت کمبود پوشش گیاهی در سطح زمین، محاسبه شاخص‌های گیاهی تحت تأثیر درجه روشنایی^۱ و بازتاب خاک زمینه قرار می‌گیرد و درجایی که درصد پوشش گیاهی سبز کمتر از ۲۶ درصد باشد ممکن است نتوان طیف‌های گیاهی را تشخیص داد (Taher kia, 1997). بنابراین در مناطق مذکور، استفاده از برخی شاخص‌های گیاهی با محدودیت مواجه می‌گردد (Huete, 1996; Pettorelli et al., 2005). شاخص گیاهی PD54 که براساس مختصات خاک و پوشش گیاهی و محاسبه فاکتورهای Gain، Offset و Distance به دست می‌آید موجب از بین بردن تأثیر خاک زمینه در مراتع دارای پوشش گیاهی اندک می‌شود و می‌تواند پوشش گیاهی کم را به خوبی از خاک تفکیک کند (Pickup et al., 1993). در مطالعه حاضر از بین شاخص‌های گیاهی استفاده شده، شاخص PD54 همبستگی معناداری با درصد پوشش گیاهی مرتع طبقه اول نشان داد و شاخص‌های گیاهی NDVI، STVI، SBI و GVI که وابسته به شاخص سطح برگ هستند، در این طبقه در سطح اطمینان ۵ درصد معنادار نبودند. پترلی^۲ و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعاتی که در مورد شاخص‌های گیاهی انجام دادند بیان کردند که میزان رابطه بین NDVI و پوشش گیاهی به نحوه پراکنش پوشش گیاهی که به صورت ضعیف و پراکنده یا به صورت متراکم باشد بستگی دارد. به عبارت دیگر، در نواحی‌ای که پوشش گیاهی پراکنده و شاخص سطح برگ پایین است، NDVI به شدت تحت تأثیر انعکاس خاک قرار می‌گیرد (Pettorelli et al., 2005).

با افزایش پوشش گیاهی در مرتع طبقه دوم که گونه غالب گراس‌های جوان همراه با گون چندساله است،

1. Brightness
2. Pettorelli

جدول ۲. نوع و میانگین درصد اجزای تشکیل دهنده مرتع در منطقه مطالعه شده

طبقات مرتع	اندازه نمونه	یک ساله	چندساله ها	لاشبرگ	خاک لخت	سنگ و سنگریزه	کل پوشش گیاهی
مرتع طبقه اول (۲۵-۰ درصد)	۱۰	۸/۳	۸	۱۸/۸	۳۰/۹	۳۴	۱۶/۳
مرتع طبقه دوم (۲۵-۵۰ درصد)	۱۰	۷/۸	۳۰/۸	۱۷/۹	۱۹/۸	۲۳/۷	۳۸/۶
مرتع طبقه سوم (بیش از ۵۰ درصد)	۱۰	۱۳/۸	۴۳	۱۲/۲	۱۱/۴	۱۹/۶	۵۶/۸

جدول ۳. میزان همبستگی شاخص های گیاهی و SMA در هریک از طبقات مرتع و در کل منطقه

شاخص مرتع	SMA		NDVI		PD54		STVI		SBI		GVI	
	R ² (%)	P	R ² (%)	P	R ² (%)	P	R ² (%)	P	R ² (%)	P	R ² (%)	P
طبقه اول (۲۵-۰ درصد)	۵۲	۱/۹*	۳۱	۹/۲	۴۵	۳/۳*	۲۵/۷	۱۳/۵	۲۹	۱۰/۹	۳۱	۹/۵
طبقه دوم (۲۵-۵۰ درصد)	۴۳	۳/۸*	۵۰	۲/۲*	۴۴	۳/۵*	۶۰	۰/۸**	۴۱	۴/۵*	۹۱	۰/۰**
طبقه سوم (<۵۰ درصد)	۲۲/۶	۱۶/۵	۶۰/۷	۰/۸**	۴۱	۴/۴*	۵۰	۲/۳*	۴۷/۸	۲/۷*	۴۹	۲/۴*
کل مراتع	۳۰/۶	۰/۲**	۶۲/۷	۰/۰**	۵۳	۰/۰**	۴۹	۰/۰**	۳۶	۰/۰**	۴۸	۰/۰**

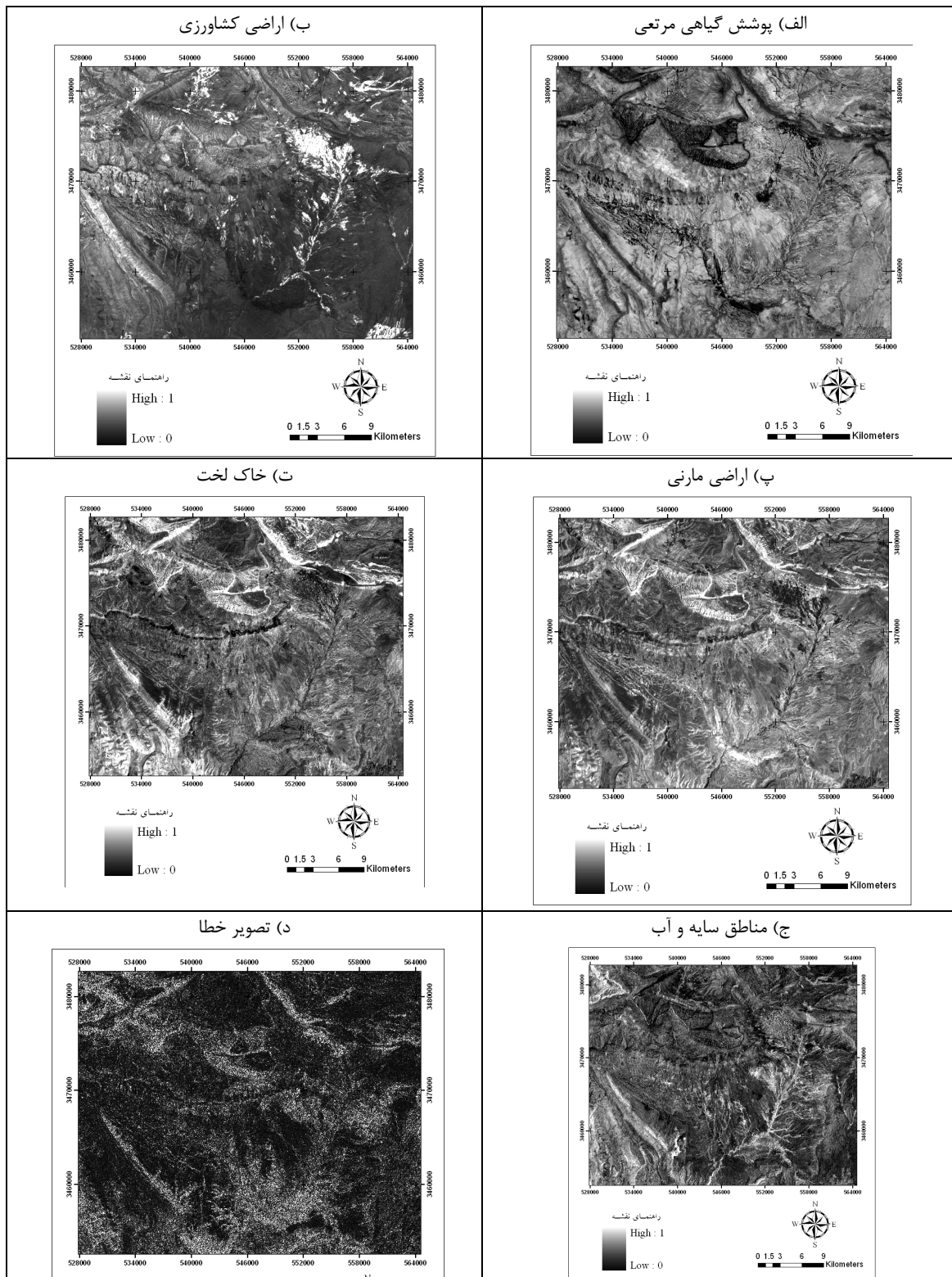
* در سطح ۵٪ معنادار
** در سطح ۱٪ معنادار

تمام شاخص های گیاهی و SMA با درصد پوشش گیاهی جمع آوری شده در روی زمین در سطح اطمینان یک درصد معنادار بود. اما اعداد همبستگی در جدول ۳ بیانگر آن است که همبستگی شاخص های گیاهی بیش از روش SMA است. شاخص گیاهی NDVI بیشترین همبستگی و پس از آن شاخص های PD54، STVI-1، GVI، SBI قرار دارند. یکی از عواملی که کاربرد SMA در مطالعات مختلف را محدود می کند، ترکیب غیرخطی^۱ عوارض روی زمین است، که در آن نور بازتاب شده از یک عارضه پیش از رسیدن به سنجنده از چندین عارضه دیگر بازتاب می گردد.

همان طور که در جدول ۳ مشاهده می شود، مقایسه تصویر پوشش گیاهی SMA با داده های زمینی در مرتع طبقه اول با مقدار ضریب تعیین (R²) برابر با ۵۲ درصد بیشترین همبستگی را دارد. مطالعات پیشین نیز نشان دادند که تصاویر SMA با داده های زمینی، ضریب تعیین بالاتری در مقایسه با شاخص های گیاهی در مناطق با پوشش گیاهی اندک و تنک دارند (Dawelbait et al., 2012, Elmore et al., 2000, Yang et al., 2012). با افزایش پوشش گیاهی - به ویژه گیاهان چندساله - در مرتع طبقه دوم (۲۵-۵۰ درصد) و در مرتع طبقه سوم (>۵۰٪)، SMA همبستگی کمتری در مقایسه با طبقه اول و شاخص های گیاهی نشان داد. در بررسی کل منطقه مطالعاتی که از تمام ۳۰ سایت نمونه برداری در آن استفاده شد، همبستگی

1. Nonlinear mixing

مقایسه کارایی شاخص‌های گیاهی و آنالیز ترکیب طیفی در تهیه نقشه پوشش گیاهی مراتع



شکل ۴. تصاویر فراوانی هریک از عضوهای پایانی حاصل از آنالیز SMA و تصویرخطا: (الف) پوشش گیاهی مرتعی، (ب) اراضی کشاورزی، (پ) اراضی ماری، (ت) خاک لخت، (ج) مناطق سایه و آب، (د) تصویر خطا

در مطالعه حاضر با توجه به اینکه از آنالیز خطی SMA برای تهیه نقشه پوشش گیاهی استفاده شده است، درعین حال که پوشش زمین از طبقه اول به سوم افزایش می‌یابد، از همبستگی آنالیز خطی SMA با داده‌های پوشش گیاهی زمینی کاسته می‌شود؛ به طوری که در مرتع طبقه دوم، همبستگی SMA با داده‌های زمینی ۰/۴۳ و در مرتع طبقه سوم برابر ۰/۲۲ است.

اهمیت ترکیب غیرخطی بین طیف‌های خاک و پوشش گیاهی زمین در مشاهدات درصد پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه‌خشک در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است. به‌طور مثال هیوت و همکارانش (۱۹۸۵) تغییرات معناداری در میزان سبزی‌نگی بازتاب‌شده از تاج پوشش پنبه را وقتی که خاک زمینه آن تغییرکرد گزارش کردند و علت آن را ترکیب غیرخطی طیفی برشمردند (Huete et al., 1985). بنابراین، خطای مشاهده‌شده در نتایج آنالیز ترکیب طیفی خطی (SMA) می‌تواند به‌علت بازتاب نور از عضوهای پایانی متعدد در چشم‌انداز باشد. البته باید اشاره کرد که شناسایی و پهنه‌بندی عضوهای پایانی غیرخطی افزون بر روش‌های خطی مانند SMA در روش‌های غیرخطی نیز با محدودیت‌هایی روبه‌روست. به‌طور مثال به‌رغم کارایی بالای روش‌های غیرخطی در شناسایی پوشش گیاهی، به‌علت وجود تیپ‌های مختلف گیاهی و تشکیل اشکوب‌های مختلف، این روش‌ها نیز با محدودیت‌هایی در تخمین فراوانی پوشش گیاهی مواجه‌اند (Dawelbait and Morari, 2011; Ray and Murray, 1996).

در مطالعه حاضر با توجه به اینکه از آنالیز خطی SMA برای تهیه نقشه پوشش گیاهی استفاده شده است، درعین حال که پوشش زمین از طبقه اول به سوم افزایش می‌یابد، از همبستگی آنالیز خطی SMA با داده‌های پوشش گیاهی زمینی کاسته می‌شود؛ به طوری که در مرتع طبقه دوم، همبستگی SMA با داده‌های زمینی ۰/۴۳ و در مرتع طبقه سوم برابر ۰/۲۲ است. اهمیت ترکیب غیرخطی بین طیف‌های خاک و پوشش گیاهی زمین در مشاهدات درصد پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه‌خشک در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است. به‌طور مثال هیوت و همکارانش (۱۹۸۵) تغییرات معناداری در میزان سبزی‌نگی بازتاب‌شده از تاج پوشش پنبه را وقتی که خاک زمینه آن تغییرکرد گزارش کردند و علت آن را ترکیب غیرخطی طیفی برشمردند (Huete et al., 1985).

بنابراین، خطای مشاهده‌شده در نتایج آنالیز ترکیب طیفی خطی (SMA) می‌تواند به‌علت بازتاب نور از عضوهای پایانی متعدد در چشم‌انداز باشد. البته باید اشاره کرد که شناسایی و پهنه‌بندی عضوهای پایانی غیرخطی افزون بر روش‌های خطی مانند SMA در روش‌های غیرخطی نیز با محدودیت‌هایی روبه‌روست. به‌طور مثال به‌رغم کارایی بالای روش‌های غیرخطی در شناسایی پوشش گیاهی، به‌علت وجود تیپ‌های مختلف گیاهی و تشکیل اشکوب‌های مختلف، این روش‌ها نیز با محدودیت‌هایی در تخمین فراوانی پوشش گیاهی مواجه‌اند (Dawelbait and Morari, 2011; Ray and Murray, 1996).

رابرت و همکاران (۱۹۹۹) برای برطرف‌کردن محدودیت کاربرد SMA در مناطق با ترکیب غیرخطی عوارض، روش اصلاح‌شده SMA را با نام مدل ترکیب طیفی اصلاح‌شده عضوهای پایانی متعدد^۱ (MESM) ارائه کردند. در روش ایشان، ترکیب‌های متعددی از عضوهای پایانی به‌صورت تکراری به هر پیکسل اختصاص می‌یابد تا ترکیب طیفی از بین برود و در نهایت بهترین مدل به هر پیکسل اختصاص می‌یابد

به‌طور کلی نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه، تأیید می‌کند که در مناطق با پوشش گیاهی متراکم و زیاد، شاخص‌های ساده گیاهی مانند NDVI برای ارزیابی پوشش گیاهی مناسب‌اند و روش آنالیز ترکیب طیفی و شاخص PD54 در مناطق خشک و نیمه‌خشک با پوشش گیاهی کم، کارایی بالاتری دارند. اکین و همکاران (۲۰۰۱) در بررسی استفاده از فناوری سنجش از دور در محیط‌های خشک و نیمه‌خشک اشاره کردند که همبستگی SMA در مناطق با پوشش گیاهی زیر ۳۰ درصد، بالاتر از شاخص‌های گیاهی از جمله NDVI است (Okın et al., 2001). گارسیا هارو و همکاران (۱۹۹۶) از روش SMA و شاخص‌های گیاهی در مطالعات‌شان به‌منظور بررسی پوشش گیاهی استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که SMA به‌دلیل حساسیت کمتر آن به خاک زمینه همبستگی بالاتری نشان می‌دهد (Garcia-Haro et al., 1996). براساس نتایج مطالعات ذکرشده انتظار می‌رود که SMA در طبقه‌ای که پوشش گیاهی کم و تنک است، همبستگی بالاتری داشته باشد؛ در مطالعه حاضر نیز همین نتیجه حاصل گردیده است.

1. Multiple Endmember Spectral Mixture Model
2. Nonlinear Spectral Mixture Analysis

در نقشه‌های خروجی گردد.

۴- نتیجه‌گیری

بیش از نیم قرن است که فرایند طبقه‌بندی تصاویر که پایه و اساس بسیاری از برنامه‌های توسعه، آمایش سرزمین و حفاظت از محیط زیست را شکل می‌دهد، توجه جوامع سنجش از دوری را جلب کرده است. خروجی روش‌های طبقه‌بندی بر پایه پیکسل، نقشه‌ای رستری است که در آن هر پیکسل یک برجسب مشخص دارد. این روش‌ها بیشتر در مناطقی معتبرند که همگن‌اند و عوارض یک‌دست دارند. این مسئله مستقیماً به قدرت تفکیک مکانی و طیفی سنجنده و همچنین به وضعیت عوارض، موقعیت و اندازه آنها بستگی دارد. اگر اندازه پیکسل آن قدر بزرگ باشد که چندین نوع عارضه در آن قرار بگیرد ممکن است صحت نتایج این گونه پهنه‌بندی‌ها کاهش یابد. در منطق روش‌های طبقه‌بندی زیر یا تحت پیکسل، یک پیکسل به یک کلاس نسبت داده نمی‌شود. در این روش‌ها سهم هر کلاس در پیکسل یا مقدار تعلق پیکسل به هر کلاس به‌طور فازی محاسبه می‌شود. در این مطالعه از داده‌های پوشش گیاهی میدانی و ماهواره‌ای به‌منظور مقایسه کارایی شاخص‌های گیاهی و آنالیز ترکیب طیفی (SMA) به‌عنوان روش‌های پیکسلی و تحت پیکسلی در پهنه‌بندی پوشش گیاهی استفاده شد. براساس نتایج این مطالعه، روش SMA در مراتع با پوشش گیاهی کم (۲۵-۰ درصد) به‌دلیل حساسیت کمتر به خاک زمینه، مناسب‌تر از روش شاخص‌های گیاهی تشخیص داده شد. از بین شاخص‌های گیاهی مطالعه‌شده نیز شاخص گیاهی PD54 بعد از SMA از کارایی بالاتری در این مناطق برخوردار است. در مناطق با پوشش گیاهی متوسط، هردو روش پیکسلی و تحت پیکسلی صحت نتایج تقریباً مشابهی در پهنه‌بندی پوشش گیاهی از خود نشان دادند؛ اما در سایت‌های با درصد پوشش گیاهی بالا (> ۵۰٪) شاخص‌های گیاهی یا همان روش‌های پیکسلی - مانند NDVI - همبستگی

عضوهای پایانی، از نشانه‌های طیفی تصویر سنجنده TM ماهواره لندست استفاده شد (Elmore et al., 2000). انتخاب عضو پایانی در محاسبه پوشش گیاهی از کتابخانه‌های طیفی به‌دلیل اینکه به‌جای نمایش بازتاب ناشی از تاج پوشش، بازتاب ناشی از برگ گیاهان را نشان می‌دهد ممکن است باعث بیش‌برآورد پوشش گیاهی از آنالیز SMA در مقایسه با داده‌های زمینی گردد (Ibid).

از منابع اصلی خطا که ممکن است نتایج همبستگی‌ها را بین داده‌های زمینی و ماهواره‌ای (شاخص‌های گیاهی و SMA) در این مطالعه تحت شعاع قرار داده باشد، می‌توان به سه گروه اشاره کرد. نخستین و مهم‌ترین منبع خطا، خطای ناشی از تصحیح هندسی است، که حدود ۱۵ متر است. خطای دیگر، دقت داده‌های مکانی سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) است که در محدوده مطالعاتی تا حدود ۱۰ متر نیز می‌رسد. سومین منبع خطا مربوط به محاسبات SMA است. خطای محاسبه SMA در برآورد پوشش گیاهی تابعی از کنتراست طیفی عضوهای پایانی است. در منطقه مطالعاتی با افزایش پوشش گیاهی و کاهش کنتراست بین پوشش‌های مختلف در سایت‌های مطالعه‌شده، خطای برآورد پوشش گیاهی در این روش افزایش یافته است (Adams and Gillespie, 2006; Elmore et al., 2000). مورد دیگری که باید در روش SMA به آن توجه داشت، انتخاب یک پیکسل یا میانگین چند پیکسل به‌عنوان عضو پایانی است. در مطالعه حاضر مطابق تحقیقات گذشته با ایجاد ارتباط بین پیکسل‌های شاخص PPI و تصویر TM و همچنین استفاده از مطالعات میدانی و نقشه‌های توپوگرافی و تیپ گیاهی استان اصفهان سعی گردید که از میانگین پیکسل‌های کاملاً خالص استفاده گردد. اما باید به این نکته توجه داشت که هرچند میانگین‌گیری بهترین نتایج را ارائه می‌کند و باعث حذف نویزهای احتمالی می‌شود، اما این روش به‌علت متوسط‌گیری پیکسل‌های با درجه خلوص متفاوت ممکن است باعث پیرایش خطا

- North Grapevine Mountains, Nevada: in Proceedings, ERIM Tenth Thematic Conference on Geologic Remote Sensing, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, MI, PP. I-407 - I-418.
- Borengasser, M., Hungate, W.S. and Watkins, R., Translated by Jafari, R., 2011, **Hyperspectral Remote Sensing Principles and Applications**, Jahade Daneshgahi, Tehran.
- Bureau of Rangeland, 2004, **Vegetation Classification Map of Isfahan**, Bureau of Rangeland Affairs, Forests, Rangelands and Watershed Manegament Organization, CD-ROM, Tehran, Iran.
- Campbell, J.B., 1996, **Introduction to Remote Sensing**, Guilford Press, New York.
- Dawelbait, M. and Morari, F., 2012, **Monitoring Desertification in a Savannah Region in Sudan Using Landsat Images and Spectral Mixture Analysis**, Journal of Arid Environments, Vol. 80, PP. 45-55.
- Dawelbait, M.A.A. and Morari, F., 2011, **LANDSAT, Spectral Mixture Analysis and Change Vector Analysis to Monitor Land Cover Degradation in a Savanna Region in Sudan (1987-1999-2008)**, International Journal of Water Resources and Arid Environments, Vol. 1, PP. 366-377.
- Elmore, A.J., Mustard, J.F., Manning, S.J. and Lobell, D.B., 2000, **Quantifying Vegetation Change in Semiarid Environments: Precision and Accuracy of Spectral Mixture Analysis and the Normalized Difference Vegetation Index**, Remote Sensing of Environment, Vol. 73, PP. 87-102.
- بالاتری با داده‌های زمینی داشتند. همچنین نتایج نشان دادند که شاخص‌های گیاهی در مناطق با سطح وسیع که دارای درصد و تنوع مختلف پوشش گیاهی هستند، از روش تحت پیکسل SMA کارآمدترند. بنابراین، طبق نتایج تحقیق حاضر استفاده از شاخص‌های گیاهی ساده در پهنه‌بندی و پایش مناطق با پوشش گیاهی مرتعی متوسط و متوسط به بالا و همچنین در مناطقی با وسعت زیاد که تغییرات تراکم پوشش گیاهی بالاست، به‌جای روش‌های تحت پیکسلی نسبتاً پیچیده پیشنهاد می‌گردد. با توجه به کارایی بالای SMA در شناسایی پوشش گیاهی مراتع تخریب‌یافته منطقه مطالعاتی، تحقیق حاضر این روش را به‌عنوان جایگزین شاخص‌های گیاهی در پهنه‌بندی پوشش گیاهی فقیر مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور پیشنهاد می‌کند.

۵- منابع

Adams, J.B. and Gillespie, A.R., 2006, **Remote Sensing of Landscapes with Spectral Images: A Physical Modeling Approach**, Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Adams, J.B., Smith, M.O. and Johnson, P.E., 1986, **Spectral mixture modeling: A new analysis of rock and soil types at the Viking Lander 1 Site**, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, Vol. 91, PP. 8098-8112.

Amiraslani, F. and Dragovich, D., 2011, **Combating Desertification in Iran over the last 50 years: An overview of changing approaches**, Journal of Environmental Management, Vol. 92, PP. 1-13.

Boardman, J.W. and Kruse, F.A., 1994, **Automated Spectral Analysis: A Geological Example Using AVIRIS Data**,

- ENVI Research Systems Inc, 2000, **ENVI User's Guide**, The Environment for Visualizing Images, Version 3.4. Research Systems, Inc, Boulder, USA.
- Fang, C., Keith, W., Anderson, J. and Gokhal, B., 2011, **Assessing the Susceptibility of Semiarid Rangelands to Wildfires Using Terra MODIS and Landsat Thematic Mapper Data**, *International Journal of Wildland Fire*, Vol. 20(5), PP. 690-701.
- Garcia-Haro, F.J., G., A., M. and Melia, J., 1996, **Linear Spectral Mixture Modeling to Estimate Vegetation Amount from Optical Spectral Data**, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 17, PP. 3373-3400.
- Green, A.A., Bermon, M., Switzer, P. and Craig, M. D., 1988, **A Transformation for Ordering Multispectral Data in Terms of Image Quality with Implications for Noise Removal.**, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 26, PP. 65-74.
- Huete, A., 1996, **Extension of Soil Spectra to the Satellite: Atmosphere, Geometric and Sensor Considerations**, *Photointerpretation*, Vol. 34, PP. 101-114.
- Huete, A.R., Jackson, R.D. and Post, D.F., 1985, **Spectral Response of a Plant Canopy with Different Soil Backgrounds**, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 17, PP. 37-53.
- Jafari, R., 2007, **Arid Land Condition Assessment & Monitoring Using Multispectral & Hyperspectral Imagery**, *Earth and environmental sciences*, University of Adelaide.
- 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*, Vol. 29, PP. 39-49.
- Jafari, R., Lewis, M.M. and Ostendorf, B., 2008, **An Image-based Diversity Index for Assessing Land Degradation in an Arid Environment in South Australia**, *Journal of Arid Environments*, Vol. 72, PP. 1282-1293.
- Laity, J., Translated by, Zehtabian, G.R., Karimpour Reihan, M., Damavandi, A. A., Kianian, M., Shirazi, M. and Salehpour jam, A., 2011, **Deserts and Desert Environments**, University of Tehran press, Tehran.
- Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W., 2000, **Remote Sensing and Image Interpretation**, New York: John Wiley and Sons.
- Lu, D., Batistella, M., Moran, E. and Mausel, P., 2004, **Application of Spectral Mixture Analysis to Amazonian Land-use and Land-cover Classification**, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 25, PP. 5345-5358.
- Lu, D. and Weng, Q., 2007, **A Survey of Image Classification Methods and Techniques for Improving Classification Performance**, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 28, PP. 823 - 870.
- Mesdaghi, M., 1998. **Management of Iran's**

- Rangelands**, Emam Reza University Press, Mashhad, Iran.
- Okin, G.S., Okin, W.J., Murray, B. and Roberts, D.A., 2001, **Practical Limits on Hyperspectral Vegetation Discrimination in Arid and Semiarid Environments**, Remote Sensing of Environment, Vol. 77, PP. 212-225.
- Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J. and Stenseth, N. C., 2005, **Using the Satellite –Derived NDVI to Assess Ecological Responses to Environmental Change, Trends in Ecology and Evolution**, Vol. 20, No. 9 ,
- 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**, Vol. 43, PP. 243–263.
- Ray, T. W. and Murray, B. C., 1996, **Nonlinear Spectral Mixing in Desert Vegetation**, Remote Sensing of Environment, Vol. 55, PP. 59-64.
- Roberts, D.A., Gardner, M., Church, R., Ustin, S., Scheer, G. and Green, R. O., 1998, **Mapping Chaparral in the Santa Monica Mountains Using Multiple Endmember Spectral Mixture Models**, Remote Sensing of Environment, Vol. 65, PP. 267-279.
- Smith, M.O., Ustin, S.L., Adams, J.B. and Gillespie, A.R., 1990, **Vegetation in Deserts: I. A regional measure of abundance from multispectral images**, Remote Sensing of Environment, Vol. 31, PP. 1-26.
- Smith, M.O., Ustin, S.L., Adams, J.B. and Gillespie, A.R., 1990, **Vegetation in Deserts: II. Environmental influences on regional abundance**, Remote Sensing of Environment, Vol. 31, PP. 27-52.
- Somers, B., Asner, G. P., Tits, L. and Coppin, P., 2011, **Endmember variability in Spectral Mixture Analysis: A review**, Remote Sensing of Environment, Vol. 115, PP. 1603-1616.
- Somers, B., Cools, K., Delalieux, S., Stuckens, J., Van der Zande, D., Verstraeten, W.W. and Coppin, P., 2009, **Nonlinear Hyperspectral Mixture Analysis for Tree Cover Estimates in Orchards**, Remote Sensing of Environment, Vol. 113, PP. 1183-1193.
- Somers, B., Verbesselt, J., Ampe, E.M., Sims, N., Verstraeten, W.W. and Coppin, P., 2010, **Spectral Mixture Analysis to Monitor Defoliation in Mixed-aged Eucalyptus Globulus Labill Plantations in Southern Australia using Landsat 5-TM and EO-1 Hyperion Data**, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 12, PP. 270–277.
- Taher kia, H., 1997, **Principles and Applications of Remote Sensing**, Jahade daneshgahi, Tehran.
- Ustin, S.L., Adams, J.B., Elvidge, C.D., Rejmanek, M., Rock, B. N., Smith, M.O.,

- Thomas, R. W. and Woodward, R. A., 1986, **Thematic Mapper Studies of Semiarid Shrub Communities**, BioScience, Vol. 36, PP. 446-452.
- Whitford, W.G., Translate by Azarnivand, H. and Malekian, A., 2010, **Ecology of Desert Systems**, Tehran university.
- Yang, J., Weisberg, P.J. and Bristow, N.A., 2012, **Landsat Remote Sensing Approaches for Monitoring Long-term Tree Cover Dynamics in Semi-arid Woodlands: Comparison of Vegetation Indices and Spectral Mixture Analysis**, Remote Sensing of Environment, Vol. 119, PP. 62-71.
- Zhongfei, L., Xiaobing, L., Dandan, W., Xu, X. and Hong, W., 2010, **An Assessment of Correlation on MODIS-NDVI and EVI with Natural Vegetation Coverage in Northern Hebei Province, China**, Environmental Sciences, Vol. 2, PP. 964-969.

