

بررسی قابلیت شاخص های طیفی سنجنده MODIS

در برآورد تولید گیاهی مراتع سمیرم

حسن یگانه^۱، سیدجمال الدین خواجه الدین^۲ و علیرضا سفیانیان^۳

تاریخ دریافت: 1386/9/11 - تاریخ پذیرش: 1386/12/4

چکیده

در طول دو دهه گذشته دانشمندان مختلف سنجش از دور نقش شاخص های گیاهی حاصل از داده های ماهواره ای را در بررسی منابع طبیعی ارزیابی کرده اند و این شاخص ها با پارامترهای گیاهی همبستگی خوبی داشته اند. هدف این مطالعه بررسی قابلیت شاخص های طیفی سنجنده MODIS به منظور برآورد تولید گیاهی در مراتع سمیرم می باشد. پیش پردازشهای مختلف شامل تصحیح هندسی با استفاده از نقشه های توپوگرافی 1:250000 با RMSE کمتر از 0/8 پیکسل انجام شد و برای تصحیحات اتمسفری از روش تفریق عارضه تاریک استفاده شد. عملیات برداشت زمینی در خرداد 1384 در سطحی معادل 800000 هکتار انجام گرفت. واحدهای گیاهی در سطحی که اختلاف مهمی در ترکیب فلورستیک- فیزیومیک نداشت، به عنوان تیپ گیاهی مستقل و یکنواخت در نظر گرفته شد و با روش نمونه برداری تصادفی طبقه بندی شده نمونه برداری گردیدند. اندازه گیری تولید گیاهی به روش تخمین مضاعف انجام گرفت. در این مطالعه از تصاویر مربوط به اول خرداد 1384 استفاده شد. شاخص های گیاهی بر روی تصاویر اعمال و نتیجه آنالیزهای تصاویر به 7 طبقه تولید مرتع طبقه بندی شد. در نهایت نقشه های تولیدی و نقاط نمونه برداری جهت بررسی صحت نتایج، کنترل گردید. نتایج نشان داد شاخص هایی که در آنها باندهای SWIR بکار رفته، همبستگی بسیار بالایی به میزان 0/85 با داده های زمینی دارند. همچنین شاخص های NDVI و SAVI و RVI و دیگر شاخص های مشابه که از باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک ایجاد شده اند، دارای همبستگی نسبتاً متوسطی حدود 0/6 با داده های تولید مرتع داشتند. نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص های باندهای SWIR سنجنده MODIS، تخمین تولید گیاهی مرتع را بهتر برآورد می کنند.

واژه های کلیدی: SWIR، تولید گیاهی، MODIS، شاخص های گیاهی.

1- کارشناس ارشد مرتع داری دانشکاه صنعتی اصفهان

2- دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشکاه صنعتی اصفهان

3- استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشکاه صنعتی اصفهان

مقدمه

مرتع یکی از منابع تجدید شونده با ارزش است که در برنامه‌های توسعه ملی بسیاری از کشورها جایگاه خاصی دارد. در کشور ما به خاطر وسعت زیاد آن (90 میلیون هکتار) از جایگاه و اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (12). روش‌های سنتی برآورد تولید از نظر مکانی و زمانی محدود است و در سطح وسیع عملی نیستند. در چنین شرایطی در طرح‌ها نمی‌توان تنها به یکبار ارزیابی و اندازه‌گیری جهت دستیابی به برنامه مدیریت درازمدت اکتفا کرد. استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای شیوه جدیدی برای ارزیابی پوشش گیاهی و یک منبع اطلاعات متناوب برای برآورد تولید علوفه فراهم می‌آورد (9 و 34).

به منظور آشکار سازی اطلاعات پوشش گیاهی و افزایش دقت آنها، می‌توان حداقل دو باند را ترکیب کرده و شاخص مرکبی به نام شاخص پوشش گیاهی¹ ایجاد نمود. هدف از ایجاد شاخص‌های پوشش گیاهی پیش‌بینی برخی از ویژگی‌های پوشش گیاهی نظیر خصوصیات تاج پوشش، بیوماس، تولید، درصد پوشش گیاهی و ارزیابی است. با توجه به این مهم، ترکیب باندهای طیفی مرئی و مادون قرمز نزدیک می‌تواند به متمایز ساختن پوشش گیاهی از سطح خاک و آب کمک کند (11). جکسون (1983) بیان می‌کند که یک شاخص گیاهی خوب باید به پوشش گیاهی حساس، به خاک غیرحساس و به عوامل جوی کمتر حساس باشد. آنها همچنین بیان کرده‌اند که یک شاخص خوب

باید در نواحی خشک قادر به حذف اثر سایه و تنوع بازتاب‌های برگ‌های گونه‌های مختلف موجود باشد. از جمله شاخص‌های ارائه شده می‌توان به NDVI² اشاره کرد که در تشریح روابط بین مشخصات پوشش گیاهی نظیر بیوماس اندام هوایی، بیوماس برگ و میزان کلروفیل زیاد به کار می‌رود. در مقایسه با استفاده وسیع از باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک، استفاده از باندهای طیفی مادون قرمز موج کوتاه یا SWIR³ (محدوده‌های 1/6 و 2/1 میکرومتر) در مطالعات پوشش گیاهی خیلی کمتر است (20). توکر⁴ (1980) نشان داد که باند 1/6 میکرومتر به میزان رطوبت برگ حساسیت بالایی دارد. وگلمن⁵ (1990) نشان داد که شاخص‌های گیاهی که بر اساس نسبت SWIR/NIR ساخته می‌شوند، نتایج پایش جنگل‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ و نیز شناخت بین مراحل مختلف تخریب جنگل را بهبود می‌بخشد. استفاده از باند 2/1 میکرومتر برای سنجش از دور مواد معلق روی سطح زمین و تصحیح جوی تصاویر پیشنهاد شده است. چون باند 2/1 میکرومتر در محدوده پنجره جوی قرار گرفته است، بنابراین کمتر تحت تاثیر گازهای جوی مانند ازن، اکسیژن، آب، دی اکسید کربن قرار می‌گیرد. طول موج این باند نسبت به اندازه مواد معلق بزرگتر است لذا از ستونهای جو به راحتی عبور می‌کند. کارنلی و همکاران (2001) در این رابطه شاخص جدیدی تحت عنوان AFRI⁶ را

2 - Normalized Difference Vegetation Index

3 - Short Wave Infrared

4 -Tuker

5 - Vogelman

6 -Aerosol Free vegetation Index

1 - Vegetation Index

از اختلاف دمایی باند 4 و 5 ($T_4 - T_5$) تصحیح $NDVI_{Max}$ و $2NDVI_{BAMax}$ وقتی با استفاده از اختلاف دمایی باند 4 و 5 ($T_4 - T_5$) تصحیح اتمسفری می شوند بیشترین همبستگی خطی را با بیوماس علفی دارند. در مطالعه دیگر گرینکن و همکاران (2005) وضعیت و بیوماس تیپ های گیاهی مراتع کشور سوریه را با استفاده از داده های MODIS و SPOT VEGETATION بررسی کردند آنها در این مطالعه تیپ بوته زار چند ساله و یک تیپ گراسلند یکساله را با استفاده از NDVI سری زمانی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد NDVI سری زمانی این دو سنجنده همبستگی بهتری با بیوماس گراس های یکساله دارند. وجود گیاهان یکساله در تیپ های بوته زار باعث افزایش NDVI می شود در حالی که NDVI اصلی این تیپ پایین تر است. آنها بیان می کنند برای حل این مشکل باید تیپ بوته زار را در فصل مناسب بررسی نمود (8).

با توجه به موارد فوق، اهمیت کاربرد باندهای طیفی مادون قرمز موج کوتاه در مطالعات کمی و کیفی پوشش گیاهی مرتعی با استفاده از داده های MODIS³، که یکی از بهترین ابزارهای موجود برای سنجش از دور در مقیاس جهانی و در فواصل زمانی کوتاه محسوب می شود، را دو چندان می کند. هدف اصلی از این مطالعه بررسی قابلیت شاخص های طیفی سنجنده MODIS به منظور برآورد تولید گیاهی در مراتع سمیرم می باشد.

مواد و روش ها

ارائه کردند که فرمول آن عبارت است از (15) و (16).

$$AFRI_{1.6} = (P_{NIR} - 0.66P_{1.6}) / (P_{NIR} + 0.66P_{1.6})$$

$$AFRI_{2.1} = (P_{NIR} - 0.5P_{2.1}) / (P_{NIR} + 0.5P_{2.1})$$

که در این فرمول شاخص پوشش گیاهی آزاد جوی است، P_{NIR} باند مادون قرمز نزدیک (باند 2 مودیس) و $P_{1.6}$ و $P_{2.1}$ به ترتیب باندهای 6 و 7 سنجنده مودیس می باشد.

در زمینه برآورد تولید علوفه با استفاده از داده های ماهواره ای کارهای زیادی انجام شده است ولی با استفاده از سنجنده MODIS مطالعات کمی صورت گرفته است. کاوامورا و همکاران (2003) با استفاده از داده های MODIS بیوماس گیاهی را در منطقه استپی زیلینگول چین بررسی کردند. آنها روابط بین فاکتورهای گیاهی و شاخص EVI مورد بررسی قرار دادند، نتایج آنها نشان داد که بیوماس زنده دارای همبستگی بالایی 0/74 با شاخص EVI دارد آنها بیان کردند که شاخص EVI-MODIS برای برآورد کمی و کیفیت علوفه نسبت به شاخص NDVI سنجنده AVHRR ارجحیت دارد (17). هابس¹ (1995) در منطقه مرکزی استرالیا با استفاده از داده های سری زمانی NDVI ماهواره NOAA تولید علفی را مورد بررسی قرار داد. او معتقد است که اثرات اتمسفری، روشنایی، رنگ خاک و پوشش درختی و درخچه ای روی داده های NDVI تاثیر می گذارند. وی برای حذف اثر رنگ خاک و پوشش درختی و درخچه ای از اختلاف NDVI بین فصل خشک و فصل رشد استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که

2 -Background-Adjusted Maximum NDVI

3 -Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

1 -Habss

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بصورت چهار گوش از پنجره اصلی داده ماهواره ای جدا شده است که دارای مختصات جغرافیائی $31^{\circ}05'$ تا 32° عرض شمالی و 51° تا $51^{\circ}50'$ طول شرقی می باشد این تصویر بخش عظم شهرستان سمیرم و بخشهایی از شهرستانهای دهقان و شهرضا از استان اصفهان، قسمت‌هایی از شهرستانهای بروجن و لردگان از استان چهارمحال و بختیاری و همچنین بخش کوچکی از قسمت شمال شرقی استان کهگیلویه و بویراحمد را در بر می‌گیرد (شکل 1).

شهرستان سمیرم در منطقه زاگرس و از نظر زمین شناسی در زون سنندج سیرجان واقع شده و از نظر چینه‌شناسی تشکیلات مربوط به دوران دوم زمین‌شناسی تا عهد حاضر در آن پراکندگی دارد (34). شهرستان بروجن از نظر زمین‌شناسی دارای رسوبات و نهشته‌های کواترنری و سازندهای سروک، مدود و بنگستان مربوط به کرتاسه می‌باشد (5). آب و هوای شهرستان سمیرم بر اساس تقسیم‌بندی کوپن جزو مناطق معتدل سرد با تابستان‌های گرم و خشک و در ارتفاعات جنوبی جزو مناطق معتدل سرد با تابستان‌های خنک و خشک می‌باشد و بارندگی منطقه از 350 تا 450 میلیمتر در مناطق مختلف متغیر است (11). اقلیم منطقه بروجن طبق روش کوپن معتدل سرد با تابستان‌های گرم و خشک، میانگین بارندگی سالانه 576 میلی‌متر و دمای سالانه 10 درجه سانتیگراد است. ارتفاع منطقه مورد مطالعه 2000-2500 متر

بالتر از سطح دریا می‌باشد (5). این منطقه دارای پوشش ایران و تورانی می باشد و در بیشتر تپه‌های منطقه گونه گون غالب می‌باشد. در ضمن در قسمت جنوبی منطقه مورد مطالعه بخشی از جنگل های بلوط غرب نیز حضور دارد.

روش انجام مطالعات صحرائی

عملیات برداشت زمینی در تاریخ 27 اردیبهشت لغایت 7 خرداد 1384 در سطحی معادل 800000 هکتار انجام گرفت. تپه‌های مختلف گیاهی با در نظر گرفتن گونه های غالب و میزان تولید به روش نمونه برداری تصادفی طبقه‌بندی شده¹ نمونه برداری گردید. ابتدا تمام منطقه مورد بازدید و ارزیابی قرار گرفت و طی بازدیدها پوشش گیاهی یکنواخت در سطحی که اختلاف مهمی در ترکیب فلورستیک- فیزیونومیک² (24) و خصوصیات ظاهری خاک در قسمت‌های مختلف آن دیده نمی‌شد، به عنوان تپه گیاهی مستقل و یکنواخت در نظر گرفته شد. در منطقه مورد مطالعه 20 منطقه همگن شناسایی شد. نمونه‌گیری از سطوح و پدیده‌های مختلف زمینی در تپه‌های مختلف انجام شد. پس از تعیین منطقه‌ای یکنواخت از نقطه نظر پوشش گیاهی و خاک، محل نمونه برداری به صورت تصادفی تعیین گردید. موقعیت این نقطه با استفاده از GPS مشخص شد. مدل GPS بکار رفته از نوع گارمین³ بوده و دارای خطای کمتر از 5 متر می‌باشد، سپس پلاتهای 10×10

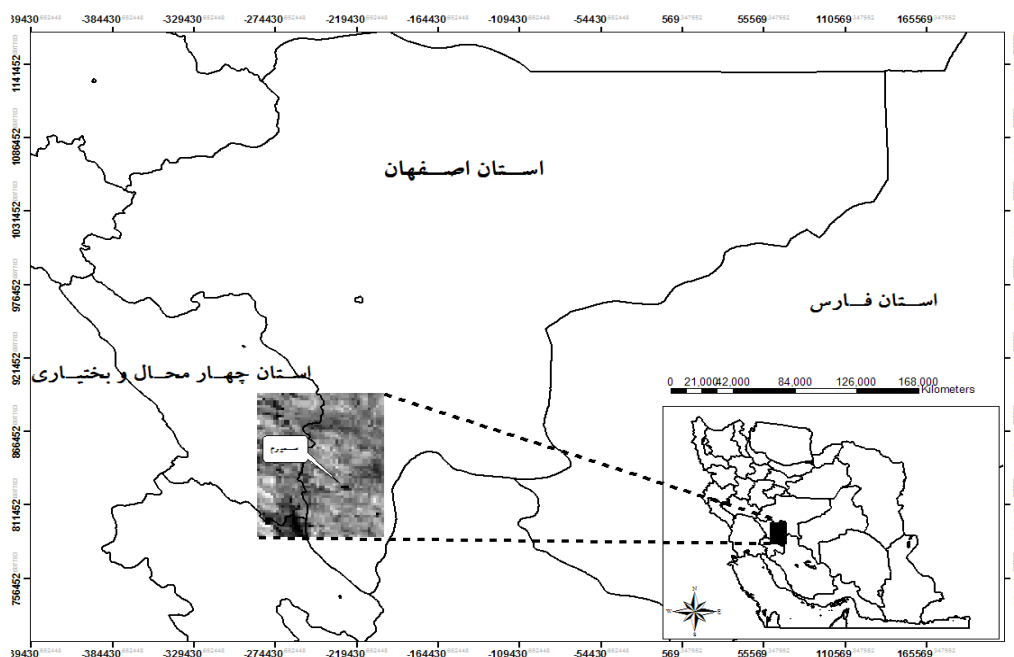
1 - Stratified Random sampling

2 - Floristic- Physiognomic

3 - Garmin

مطالعه پس از بررسی پراکندگی گونه‌ها، فاصله بین گیاهان و اندازه آنها و نیز حداقل سطح جوامع، انتخاب گردید. در این مطالعه از 10 کوادرات مربعی شکل در ابعاد 10×10 متر (100 متر مربع) استفاده شد. برای تعیین تعداد کوادراتهای کافی جهت تعمیم دادن نتایج مطالعات به کل هر اجتماع گیاهی، با تکیه بر مطالعات انجام شده (18 و 24) تعیین گردید.

متر (100 متر مربع) به تعداد 10 10 پلات روی محیط دایره فرضی به مرکزیت GPS و به شعاع حدود 150 متر مستقر گردید که پلات‌ها روی محیط دایره به فاصله 94 متر از هم می‌باشند. بدین ترتیب اطلاعات از چهار پیکسل جمع‌آوری گردیده است. برای کل منطقه 20 نقطه همگن مشخص و تعداد پلاتهای مستقر شده و مساحت آنها در منطقه مجموعاً 20000 ($20 \times 10 \times 100$) متر مربع بالغ گردید. در این مطالعه اندازه کوادرات



شکل 1: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

تفکیک 85 متر نیز جهت پردازش داده‌ها استفاده شد. باندهای 1 و 2 این سنجنده دارای قدرت تفکیک 250 متر و باندهای 3 تا 7 دارای قدرت تفکیک 500 متر و باندهای 8 تا 36 دارای قدرت تفکیک 1000 متر می‌باشند. MODIS دارای تکرار بالای تصاویر با دور تکرار 1 تا 2 روز می‌باشد تمام باندها این

در داخل هر یک از پلات‌ها اندازه‌گیری تولید علوفه گیاهی به روش تخمین مضاعف انجام شد. در نمونه‌برداری گونه‌های غالب و خوشخوراک مورد تغلیف دام، مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه داده‌های سنجنده MODIS مربوط به تاریخ اول خرداد 1384 شامل 36 باند طیفی، نقشه توپوگرافی 1:250000 و نقشه رقومی DEM با قدرت

سنجنده نسبت به هم تثبیت هندسی¹ شده اند. در منطقه مورد مطالعه 20 تیپ گیاهی مرتعی تفکیک گردید که مشخصات آنها در جدول 1 آمده است. همان طور که مشاهده می شود در اکثر تیپها به خاطر شرایط اقلیمی گونه گون غالب می باشد. تیپ های گیاهی از نظر مقدار تولید و درصد پوشش با هم تفاوت داشته اند.

جدول 1. تیپهای پوشش گیاهی مرتعی منطقه مورد مطالعه.

شماره تیپ	گونه‌های غالب
1	<i>Astragalus sp - Cirsium bracteosum</i>
2	<i>Astragalus sp -Agropyron sp-Acantholimon sp</i>
3	<i>Astragalus sp -Scariola orientalis</i>
4	<i>Astragalus sp</i>
5	<i>Scariola orientalis -Astragallus sp</i>
6	<i>Annual grass- Annual forbs</i>
7	<i>Anabasis aphylla- Scariola orientalis</i>
8	<i>Astragalus sp -Daphne mucronata</i>
9	<i>Astragalus sp-Bromus tomentellus</i>
10	<i>Astragalus sp - Agropyron sp- Daphne mucronata</i>
11	<i>Astragalus sp -Bromus tomentellus-Daphne mucronata</i>
12	<i>Astragalus sp - Agropyron sp -Bromus tomentellus</i>
13	<i>Astragalus sp -Daphne mucronata-Bromus tomentellus</i>
14	<i>Astragalus sp- Gymnocarpus sp- Agropyron sp</i>
15	<i>Astragalus sp- Scariola orientalis-Stachys inflata</i>
16	<i>Astragalus sp-Daphne mucronata</i>
17	<i>Artemisia aucheri- Astragalus sp</i>
18	<i>Gundelia turnefortii-cousinia sp</i>
19	<i>Scariola orientalis</i>
20	<i>Scariola orientalis-Euphorbia sp</i>

پیش‌پردازش و پردازش داده‌ها

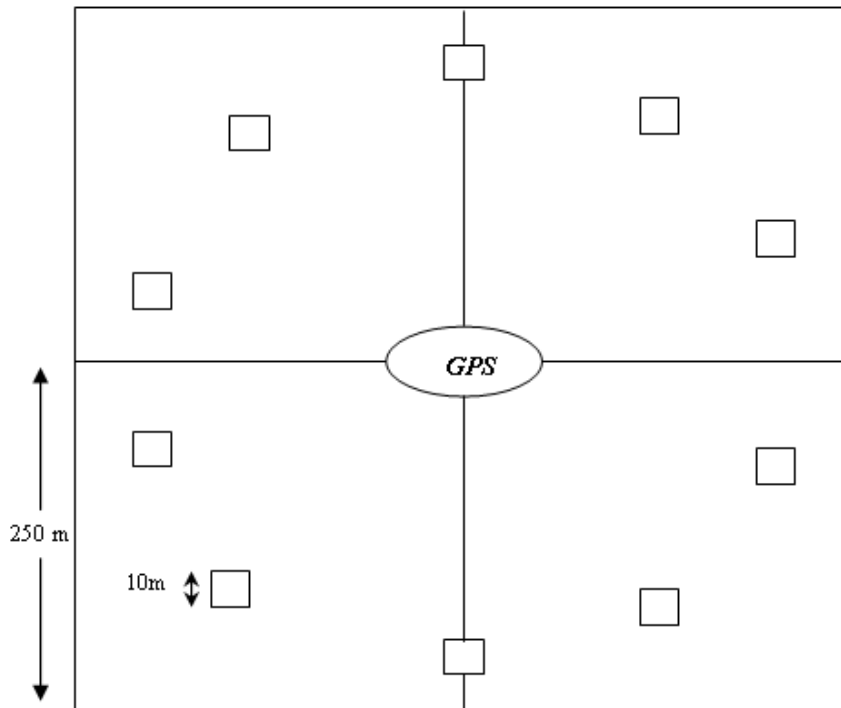
در این مطالعه برای تصحیح هندسی تصاویر از نقشه‌های توپوگرافی 1:250000 سازمان نقشه‌برداری استفاده شد. تصاویر با خطای کمتر از 0/8 پیکسل با استفاده از 26 نقطه کنترل زمینی به سیستم Lambert تصحیح شدند (13 و 30). جهت تصحیح اتمسفریک از تکنیک تفریق عارضه تاریک استفاده شد. پس از تصحیح جوی که روی باندهای مرئی اعمال شد ارزش DN های آب

سطحی به صفر نزدیک شد. (2، 25، 28 و 30). در نقشه نهایی جهت استخراج کاربری‌های مختلف منطقه مورد مطالعه، با ایجاد ترکیبات مختلف باندی و آنالیزهای PCA لایه‌های مختلف شامل جنگل، مرتع، برف، کشاورزی و اراضی رخنمون استخراج گردید.

پس از انجام پیش‌پردازش‌های لازم روی داده‌ها، شاخص‌های گیاهی مختلف با استفاده از باندهای 1 تا 7 سنجنده MODIS ایجاد

است (جدول 2). در این مطالعه با استفاده از PCA باندهای 250 متری به باندهای 500 متری فیوژن شدند (22 و 27).

گردید. در این تحقیق علاوه بر استفاده از شاخص‌های رایجی مانند SAVI و NDVI، از شاخص‌های باندهای SWIR (شاخص‌های AFRI_{1,6} و AFRI_{2,1}) استفاده شده



شکل 2: نحوه قرار گرفتن پلاتهای زمینی به مرکزیت GPS

عدد میانگین برای مطالعه همبستگی‌های تصاویر و داده‌های تولید مرتع استفاده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از جمع‌آوری اطلاعات زمینی و استخراج داده‌های مرجع از تصویر ماهواره‌ای آنالیز آنها انجام شد. اطلاعات تولید علوفه به عنوان متغیرهای وابسته و اطلاعات رقومی و شاخصها به عنوان متغیرهای مستقل وارد نرم‌افزار SPSS گردید. با استفاده از روش رگرسیون خطی روابط بین داده‌های زمینی و ماهواره‌ای مورد بررسی قرار گرفت و نهایتاً

جهت استخراج داده‌های رقومی مثل ارقام شاخص‌های گیاهی و یا تک تک باندها برای نقاط نمونه به ترتیب ذیل عمل شد. بدین ترتیب تصاویر بدست‌آمده از این فرایند نقش مهمی در طبقه‌بندی تصاویر و ایجاد شاخص‌های گیاهی جهت طبقه‌بندی طبقات تولید گیاهی دارد با این عمل در ارزش تصاویر تغییری زیادی ایجاد نشد. ابتدا مختصات نقاط زمینی بر روی تصویر تعیین گردید و عدد رقومی 4 پیکسل اطراف نقطه مرکزی استخراج و ثبت گردید. سپس میانگین‌گیری از اعداد 4 پیکسل استخراجی صورت گرفت و

منظور برآورد صحت تعدادی نقطه تصادفی روی نقشه نهایی که صحت آنها مورد تردید بود مشخص و در بررسی صحرایی با استفاده از GPS نقاط کنترل گردید و در نهایت جدول ماتریس خطا تشکیل و میزان صحت به استفاده از صحت کلی و شاخص کاپا بررسی گردید (5 و 14).

بهترین مدل با توجه به ضریب همبستگی متغیرها و سایر آمارهای جدول آنالیز واریانس معرفی گردیدند. پس از بدست آمدن معادله از باندها و شاخصها، مدل بر تصاویر اعمال گردید. در مرحله بعد با استفاده از تکنیکهای گروه بندی مجدد اقدام به طبقه بندی نقشه های تولید گردید (جدول 2). در این پژوهش به

جدول 2: طبقات تولید مرتع در نقشه های نهایی

شماره طبقه	طبقات (Kg/ha)
1	0-10
2	10-30
3	30-50
4	50-100
5	100-200
6	200-300
7	300<

جدول 3. شاخصهای گیاهی بررسی شده در این تحقیق.

شاخص گیاهی	فرمول	
AFRI _{2.1}	$(P_{NIR}-0.5P_{2.1}) / (P_{NIR}+0.5P_{2.1})$	کارنلی و همکاران 2001
AFRI _{1.6}	$(P_{NIR}-0.66P_{1.6}) / (P_{NIR}+0.66P_{1.6})$	کارنلی و همکاران 2001
RVI	P_{NIR} / P_{RED}	پیرسون و میلر 1972
DVI	$P_{NIR} - P_{RED}$	
TVI	$Sqrt((P_{NIR} - P_{RED}) / (P_{NIR} + P_{RED}) + 0.5)$	
IPVI	$P_{NIR} / (P_{NIR} - P_{RED})$	
ARVI	$(P_{NIR} - P_{RB}) / (P_{NIR} + P_{RB})$	کافمن و همکاران 1992
SARVI	$[(P_{NIR} - P_{RB}) (L+1) / (P_{NIR} + P_{RB} + L)]$	کافمن و همکاران 1992
NDVI	$(P_{NIR} - P_{RED}) / (P_{NIR} + P_{RED})$	روز 1974
SAVI	$[(P_{NIR} - P_{RED}) / (P_{NIR} + P_{RED} + L) (1+L)]$	هیوت 1988
SqRVI	$Sqrt(P_{NIR} / P_{RED})$	
NIR	Band2	

P_{NIR} : باند مادون قرمز نزدیک، P_{RED} : باند قرمز، $P_{1.6}$ ، $P_{2.1}$: باندهای 6 و 7 سنجنده مودیس

L : فاکتور تصحیح خاک، P_{RB} : ترکیب باندهای قرمز و آبی است

بر اساس نوع شاخص های گیاهی مورد استفاده در این تحقیق، نتایج آنالیز رگرسیون بین فاکتورهای گیاهی و شاخص های گیاهی در جدول 3 ارائه شده است. در جدول فوق همبستگی شاخص های گیاهی و داده های

نتایج:

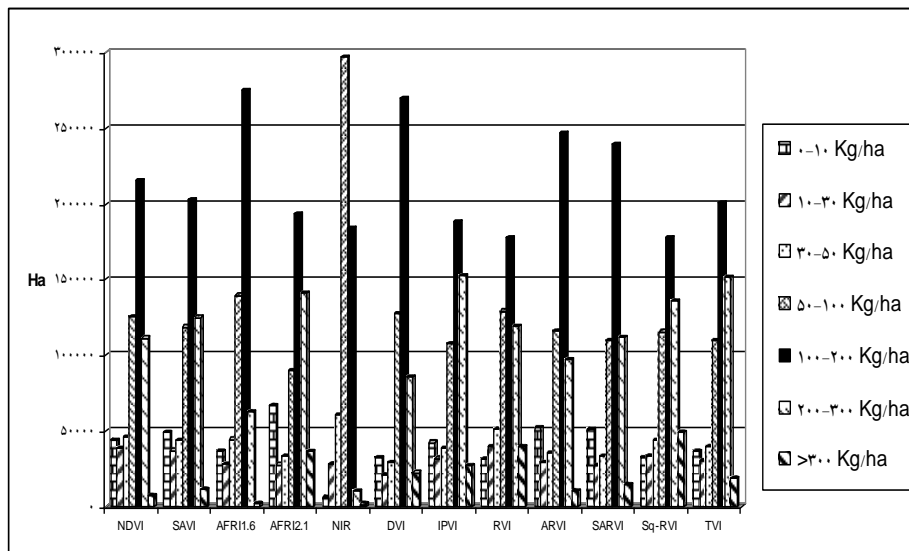
تولید مرتع با استفاده از شاخص 22 AFRI_{1.6} می 2005 در شکل 4 نشان داده شده است.

تولید تا حدودی بالا است و فقط همبستگی باند NIR نسبت به بقیه شاخص ها پایین تر است و بیشترین همبستگی مربوط به شاخص 22 AFRI_{1.6} می باشد (جدول 4). نقشه طبقات

جدول 4. معادلات بین شاخصهای گیاهی و دادههای زمینی

شاخص	معادله	R ²	معیار کاپا	صحت کلی
NDVI	$y = 4/14x - 68/68$	0/63**	0/51	63/3
SAVI	$y = 2281/6x - 721/63$	0/68**	0/48	60
NIR	$y = 0/044x - 305/9$	ns0/18	0/067	32/3
DVI	$y = 0/1x - 526/9$	0/44**	0/27	41/4
IPVI	$y = 9/33x - 2436$	0/5**	0/43	56/9
SqRVI	$y = 57/6x - 4/1$	0/51**	0/43	57/2
TVI	$y = 3217x - 4/3$	0/5**	0/44	58/6
ARVI	$y = 7/2x - 2/8$	0/6**	0/42	55/5
SARVI	$y = 9/13x - 0/8$	0/67**	0/4	55/4
RVI	$y = 57/2x - 24/4$	0/75**	0/47	60
AFRI _{1.6}	$y = 9/2x - 75/7$	0/84**	0/58	69/1
AFRI _{2.1}	$y = 2984/3x - 1466/6$	0/75**	0/4	55/9

ns معنی دار نیست ** همبستگی در سطح 0/01 معنی دار است.



شکل 3. مساحت طبقات تولید گیاهی بر حسب هکتار (Ha) در شاخصهای مختلف.

طبقات تعیین شد که نتایج آن در شکل (3) آمده است. در این شکل بیشترین

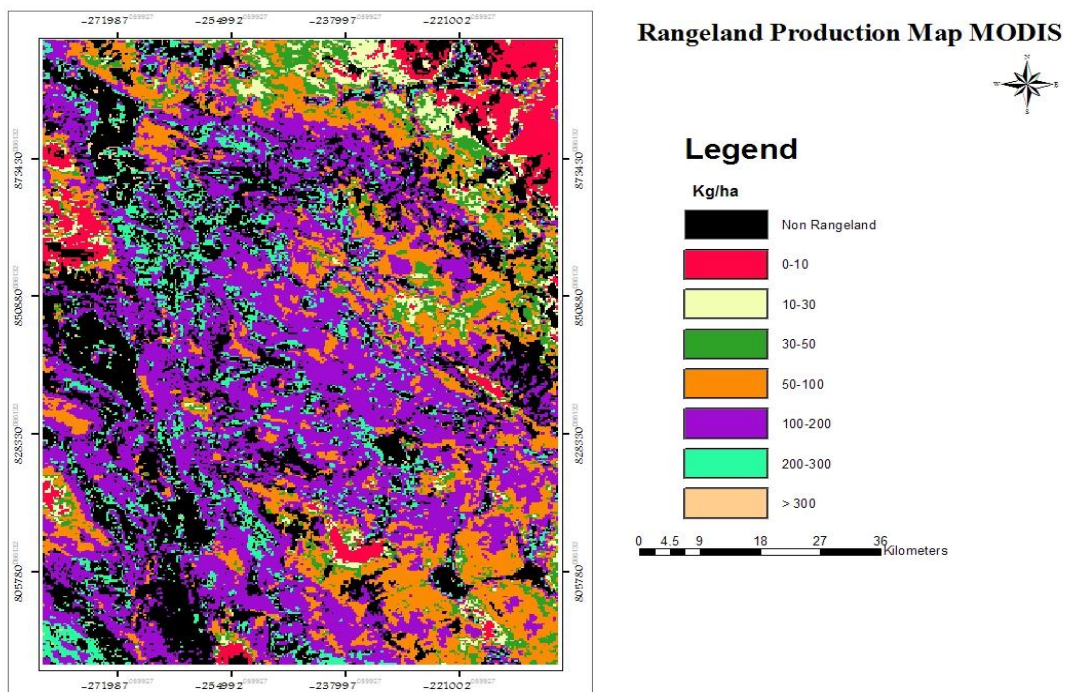
به منظور مقایسه مساحتهای طبقات مختلف تولید در نقشههای نهایی، مساحت هر یک از

بودن تولید بعضی از طبقات و همچنین در بیشتر مناطق غالب شدن گونه *Astragalus adsendense* که دارای پوشش تا 40 درصد در منطقه است ولی تولید علوفه کمی نسبت به پوشش گیاهی خود دارد در نتیجه باعث شده روی داده های تولید علوفه تاثیر داشته باشد.

همچنین در جدول 3 به طور خلاصه صحت کلی شاخص های گیاهی را نشان می دهد. در این جدول باند مادون قرمز نزدیک از صحت کمتری نسبت به شاخص های دیگر برخوردار است. بررسی صحت نقشه نشان می دهد که به غیر از باند NIR بقیه شاخص ها از صحت قابل قبولی برخوردار هستند، از طرف دیگر شاخص $AFRI_{1.6}$ نسبت به شاخص های دیگر دارای صحت بالایی است که با همبستگی بالای آن نیز همخوانی دارد.

طبقه در تاریخ مورد مطالعه در اکثر شاخص ها طبقه تولید 100-200 Kg/ha و کمترین آن طبقه بالاتر از 300 Kg/ha می باشد.

جهت بررسی صحت نقشه اقدام به کنترل نقشه با داده های زمینی شد. برای این منظور طی بازدیدهایی که از منطقه انجام گرفت، صحت نقشه های تولید مرتعی تعیین و برآورد گردید. جدول (4) ماتریس خطا، خطای کمیسیون و امیسیون نقشه تولید مرتع را با استفاده از شاخص NDVI نشان می دهد. در این مطالعه خطای کمیسیون (اشتباه کاربر) نشان دهنده میزان پیکسل های اراضی یک کلاس است که واقعاً به آن تعلق نداشته و خطای امیسیون (اشتباه تولید کننده) نشان دهنده میزان پیکسل های اراضی یک کلاس که جز کلاس های دیگر طبقه بندی شده است. در این مطالعه افزایش خطای امیسیون نزدیک



شکل 4- نقشه طبقات تولید مرتع با استفاده از شاخص $AFRI_{1.6}$ 22 می 2005

طبقه	1	2	3	4	5	6	7	Total	اشتباه
------	---	---	---	---	---	---	---	-------	--------

									کاربر
1	67	0	0	1	0	0	0	68	0/14
2	0	9	0	3	0	0	0	12	0/25
3	0	17	2	29	0	0	0	48	0/25
4	0	28	2	100	2	0	0	132	0/24
5	0	1	0	22	50	12	0	85	0/41
6	0	5	0	6	4	2	4	21	0/88
7	0	0	0	0	0	0	5	5	0
Total	67	62	0	161	56	14	9	371	-
اشتباه تولید کننده	0	0/85	0/5	0/37	0/1	0/85	0/44	-	0/36

جدول 5: جدول ماتریس خطا مربوط به نقشه تولید با استفاده از NDVI.

در جدول فوق شماره‌های طبقه به ترتیب طبقات 0-10، 10-30، 30-50، 50-100، 100-200، 200-300 و <300 Kg/ha می‌باشد.

بحث و نتیجه گیری

سنجنده مودیس با داشتن 36 باند از سنجنده های قوی برای مطالعه مناطق وسیع محسوب می گردد و باندهای SWIR و باندهای TIR آن منحصر بفرد است و کاربرد زیادی دارند. در این مطالعه باندهای SWIR سنجنده MODIS نسبت به سایر باندهای آن برای برآورد تولید علوفه سبز مناسب تر هستند. به طوری که شاخص های $AFRI_1$ و $AFRI_2$ دارای همبستگی 0/84 و 0/75 با داده های تولید داشتند و در سطح 0/01 نیز معنی دار هستند. مطالعات نشان می دهد از آنجایی که جذب در ناحیه مادون قرمز موج کوتاه (SWIR) با مقدار رطوبت برگ ها و شاخص ها ارتباط دارد و هرچه مقدار رطوبت اندامها بیشتر باشد، مقدار جذب بیشتر است لذا با توجه به ویژگی گیاهان مناطق خشک و نیمه خشک که مقدار رطوبت اندامها کم می باشد لذا مقدار جذب در ناحیه SWIR کم خواهد بود و به دنبال آن

بازتاب انرژی SWIR در گیاهان این مناطق بالا است. این مطالعه نشان داد که طول موج مادون قرمز نزدیک موقعی که در کنار باندهای SWIR مورد استفاده قرار می گیرد، همبستگی بالایی با پارامترهای گیاهی خواهد داشت. مطالعات مولیله و همکاران (2001) با استفاده از داده های TM تحقیق حاضر را تأیید می کند آنها بیان می کنند شاخص هایی که در آنها از طول موج SWIR استفاده شده است همبستگی بالایی با داده های تولید داشته است (حدود 0/6) (21). متقی (1381) نیز همبستگی بالایی بین داده های تولید با شاخص های طول موج SWIR در ماهواره TM پیدا کرد. در این مطالعه شاخص های NDVI و SAVI و RVI و دیگر شاخص های مشابه آنها همبستگی نسبتاً متوسطی با داده های تولید دارند (جدول 3) که با نتایج دیگران مطابقت دارد. فرزادمه‌ر و همکاران (1383) در مطالعه ای که در منطقه سمیرم با سنجنده

گیاهی چنین استنتاج می شود که شاخص هایی که از باندهای SWIR در آنها استفاده شده است، همبستگی خیلی بالایی با داده های زمینی داشتند (حدود 0/85). در نتیجه در مناطق خشک و نیمه خشک شاخص های SWIR در فصل رویش برای برآورد تولید مناسب هستند. نتایج این تحقیق نشان داد تخمین پارامترهای گیاهی (تولید علوفه) از طریق شاخصهای SWIR بدست آمده از داده های MODIS امکان پذیر است. از این ابزار می توان جهت تامین اطلاعات از میزان تولید علوفه و در نتیجه ظرفیت و میزان دام را در این تاریخ و همچنین میزان تخریب مرتع، استفاده کرد. از طرف دیگر در مناطق وسیع داده های MODIS توانسته است مقادیر تولید را با هزینه پایین و با دقت قابل قبول در مقیاس خود برآورد کند. در ضمن استفاده از داده های چند زمانه با فواصل زمانی کوتاه برای بررسی تغییرات فنولوژیکی و تولید ضروری به نظر می رسد. این داده ها در سطح وسیع با هزینه نسبتاً کم و در زمان محدود کاربری زیادی در بررسی مراتع و جنگل ها و مدیریت آنها دارد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان سپاسگزاری میشود. هم چنین از زحمات کلیه عزیزانی که به نحوی در انجام این تحقیق با محققین همکاری نموده اند، قدردانی می شود

ETM انجام دادند همبستگی بین شاخص های NDVI و SAVI و RVI و داده های تولید را کمتر از 0/5 برآورد کردند. مولیله و همکاران (2001) نیز همبستگی بین شاخص NDVI و داده های بیوماس علفی بوته ای ها را در مراتع نیمه خشک بوتسوانا کمتر از 0/5 برآورد کردند. مطالعات هابس (1995)، جیانلوگ و همکاران (1998) و تاد و همکاران (1998) نیز نتایج مشابهی را ارائه کرده اند که به ترتیب با سنجنده های AVHRR و TM مطالعات خود را انجام دادند. در مطالعه حاضر همبستگی بین باند 2 سنجنده مودیس (NIR) با داده های تولید بسیار پایین بود و در هیچ سطحی معنی دار نبود. آنها علت آن را کمی تاج پوشش گیاهی در زمین بیان کردند که بازتاب بسیار ناچیزی در این طول موج دارند. بیشتر بازتاب ها در پیکسل بزرگ این سنجنده ناشی از خاک می باشد که تاثیر پوشش گیاهی را کم می کند. ولی به کلی تاثیر خاک هم روی باندهای مادون قرمز نزدیک اثر می گذارد هم روی باندهای طول موج کوتاه. این نتایج با مطالعات فرزاد مهر و همکاران (1384) در منطقه خشک ساوه مطابقت داشت آنها همبستگی بین باند 4 تصاویر ETM^+ و داده های تولید را حدود 0/27 برآورد کردند. شاخصهای جوی (ARVI و SARVI) در این مطالعه از همبستگی خوبی برخوردار بودند. این شاخصها علاوه بر توانایی کاهش دادن آثار درخشندگی خاک در مناطق با پوشش پراکنده، آثار اتمسفری را نیز تا حد امکان کاهش می دهند (26). با توجه به نتایج حاصله از مقایسه داده های تولید و شاخص های

منابع

1. Akbari , M., A. R. Mamannpoush., A. Gieske and M. Miranzadeh, 2006, Crop and land cover classification in Iran using Landsat 7 imagery. INT. J. Remote sensing. 27: 4117-4135.
2. Alavi Panah, S. K., 2002, Application of remote sensing in earth science, Tehran University Publications. (in persian).
3. Alrababah, M. A and M. N. Alhamad, 2006, Land use/cover classification of arid and semi-arid Mediterranean Landscapes using Landsat ETM. INT. J. Remote sensing. 27: 2703-2718.
4. Darvishsefat, A. A., 1994, Einsatz und Fusion von multisensoralen satellitenbilddaten zur erfassung von waldinventuren, Ph.D Thesis, Zurich University.
5. Farapoor, M, H., 1994, soil geomorphological Relationships the Godar-Kabk area of Cheharmahal-Bakhtiari province. MS Thesis, Isfahan Univ. of Technology. (in persian).
6. Farzadmehr, J., Arzani, H. and Nazari Samani, A. A, 2005, An Investigation of the capability of in multi-temporal data of Landsat 7 satellite in estimating vegetation cover and production (Case study: Arid region, Saveh, Bakhshali-Nemati). Iranian J. Natural Res, Vol. 58, No. 3, PP:719-729. (in persian).
7. Farzadmehr, J., Arzani, H., Darvishsefat, A.A, and M. Jafari,2004, Investigation in estimating vegetation cover and Phytomas production, Using Enhanced Landsat 7 satellite data in semi arid region. Iranian J. Natural Res, Vol. 57, No. 2, PP:339-351. (in persian).
8. Geerken, R., N. Batikha., D. Celis and E. Depauw, 2005. Differentiation of rangeland vegetation and assessment of its status: field investigation and MODIS and SPOT VEGETATION data analysis. INT. J. Remote sensing. 26: 4499-4526.
9. Hobbs. T. J., 1995. The use of NOAA-AVHRR NDVI data to assess herbage production in the arid rangeland of central Australia. INT. J. Remote sensing. 16: 1289-1302.
10. Hosieni, S. Z., 2001. An Investigation of the capability the ETM⁺ data for assessing Land-use mapping, Case study: Chamestan region–Masandaran province. MS Thesis, Tehran University. (in persian).
11. Hydarinasab,E.,1996. Effects economic-social destruction summer's rangelands the Ghashghaii tribe Semirom, MS Thesis, Islamic Azad University Branch Najafabad. (in persian).
12. Irvani, M., 1998. Determination of potential habitat's for three range species using GIS & RS techniques in vahregan river basin. MS Thesis, Isfahan Univ. of Technology.
13. Jackson, R. D., 1983. Spectral indices in n-space. Remote Sensing of Environment. 13: 409– 421.
14. Jianlong, L., 1998. Estimating Grassland yield using remote sensing and GIS technique in China. New Zealand Journal of Agriculture. 41: 31-38
15. Karnieli, A., Y.J. Kaufman, L. Remer and A. Wald, 2001. AFRI — aerosol free vegetation index, Remote Sensing of Environment, 77: 10– 21.

16. Kaufman, Y.J., A.E. Wald, L.R. Remer, B.C. Gao, R.R. Li, & F. Luke, 1997. The MODIS 2. 1-mm band correlation with visible reflectance for use in remote sensing of aerosol. IEEE Transactions on Geo-science and Remote Sensing, 35: 1286–1298
17. Kawamura. K, T. Akiyama, H. Yokota, 2003. Quantification of grazing intensities on plant biomass in Xilinol Steppe, China using Terra MODIS image. International Workshop Environmental Change, 21-22 October, Kyoto, Japan.
18. Khajeddin. s. j., (1995) A survey of the plant communities of the Jazmorian Iran . using land sat Mss data. Unpublished PhD Thesis. University Of Reading.
19. Kivarze Moghadam, M., Sadeghi Naiinifard, F. and Sadeghi Naiini, 2007, Extraction areas cultivated *Oryza sativa* using MODIS satellite in Gillan, Mazandaran and Golestan provinces, Surveying Journal. Vol. 18 No. 1, May 2007.
20. Lillesand, T., R.W. Kieper, 2000. Remote Sensing and Image interpretations. Fourth Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York. pp. 725.
21. Moleele, N, S. Ringose, and W. Arnberg, 2001. Assessment of Vegetation Indices Useful for Browse [forage] prediction In Semi-arid rangelands. INT. J. Remote Sensing. 22: 741-756.
22. Moran, M. S., 1990. A Window-based technique for combining Landsat Thematic Mapper thermal data with higher-resolution multispectral data over agricultural land. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 56, 337-342.
23. Mottaghi, M. R, 2000, Using digital images TM data for estimation of vegetation cover of rangelands in area of Jahan-Nama. MS, Gorgan Agricultural and natural Resources University. (in persian).
24. Muller - Dombois, D. & H. Ellenberg, 1974. Aims and Method of Vegetation Ecology. John Wiley, New York.
25. Najafi Disfani, M (Translator), 1995, Computer Processing of Remotely-Sensed Images, SAMT Publications. (in persian).
26. Pinty, B. and M.M. Verstraete, 1992. A non-Linear index to monitor global vegetation from satellites. Vegetatio. 101: 15-20.
27. Pohl, C., J. L. Van Genderen, 1998. Multi-sensor image fusion in remote sensing: concepts, methods, and applications, INT. J. Remote Sensing. 19: 823-854.
28. Sabins, F.F. and W.H. Freeman, 1999. Remote sensing Principles and Interpretation, and Company. New York.
29. Shamaleki, N., Varshosaz, M and Alimohamadi Sarab, 2003, Investigation methods measurement quality special results fusion images, Geomatic 2003 Conference, National Cartographic Center.
30. Song, C., C.E. Woodcock, K. C. Seto, M.P. Lenney, and S.A. Macomber, 2001. "Classification and change Detection Using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects?" Remote sensing of environment. 75: 230-244.
31. Todd. S.W., R.M. Hoffer, and D.G. Milchunas, 1998. Biomass Estimation on Grazed and Ungrazed Rangelands using spectral Indices". INT. J. Remote Sensing. 19: 427-438
32. Tucker, J. C., 1980. A critical review of remote sensing and other methods for non-destructive estimation of standing crop biomass. Grass and Forage Science. 35: 177–182.
33. Vogelmann, J.E., 1990. Comparison between two vegetation indices for measuring different types of forest damage in north-eastern United States. INT. J. Remote Sensing. 11: 2281– 2297.

76..... MODIS بررسی قابلیت شاخص های طیفی سنجنده

34. Yekom Consulting Engineers, 1988, Comprehensive studies for agricultural development northern Karon Basin. Volume 5, Ministry of agriculture, Department of Planning and Budget. (in persian).