



تخمین تولید مرتع با استفاده از داده‌های ماهواره IRS LISS III مطالعه موردی: منطقه تنگ صیاد، استان چهارمحال و بختیاری

اسلام زرینه^۱، اسماعیل اسدی بروجنی^۲، مهدی نادری خوراسگانی^{۳*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت مرتع و آبخیز، دانشگاه شهرکرد

۲. استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد

۳. استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه شهرکرد

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۴/۲۴

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱۰/۱۲

چکیده

تولید مراتع در سطح گسترده با روش‌های مرسوم هزینه‌بر است و زمان زیادی را طلب می‌کند. با توجه به معمول شدن استفاده از داده‌های ماهواره‌ای برای برآورد تولید مراتع در نقاط مختلف جهان، مطالعه حاضر به منظور ارزیابی داده‌های ماهواره IRS برای برآورد تولید گیاهان مرتعی در منطقه تنگ صیاد (استان چهارمحال و بختیاری) انجام گردید. داده‌های ماهواره‌ای در تاریخ ۹ اردیبهشت ۱۳۸۶ و نمونه‌های گیاهی در نزدیک‌ترین زمان به تاریخ تصویربرداری برداشت شدند. سی واحد نمونه‌برداری در تیپ‌های مختلف گیاهی به صورت تصادفی مشخص شد و در هر واحد ۱۲ پلات تصادفی مشخص گردید و تولید گروه‌های مختلف گیاهی گندمیان، گیاهان پهن‌برگ علفی (فربها) و بوته‌ها اندازه‌گیری شد. تصاویر ماهواره‌ای در ۴ باند تهیه و تصحیحات لازم انجام شد و ۲۳ شاخص معمول گیاهی به کمک ترکیب باندهای تصحیح‌شده محاسبه شدند. ضرایب همبستگی شاخص‌های گیاهی با تولید گندمیان، پهن‌برگان علفی و بوته‌ها، مجموع تولید گندمیان و پهن‌برگان علفی و مجموع تولید سه گروه گیاهی محاسبه شدند. نتایج نشان داد که شاخص گیاهی DVI بالاترین ضریب همبستگی را با تولید گندمیان و مجموع تولید گندمیان و پهن‌برگان علفی دارد، در حالی که شاخص NDVI بیشترین همبستگی را با تولید کل گیاهان منطقه نشان می‌دهد. همچنین شاخص NDVI بالاترین ضریب تبیین را برای تخمین تولید گیاهان مورد بررسی نشان داد. این مطالعه امکان برآورد تولید گندمیان و مجموع تولید گندمیان و پهن‌برگان علفی را با عدم قطعیت مورد قبولی به کمک داده‌های ماهواره‌ای نشان داد. رشد سبزینه‌ای محدود پهن‌برگان علفی و بوته‌ها در ابتدای فصل رشد به حدی نیست که به‌وسیله سنجنده ثبت گردد، لذا برآورد تولید این نوع گیاهان در این زمان با عدم قطعیت بسیاری همراه است. همچنین این مطالعه نشان داد که برای تخمین تولید گیاهان پهن‌برگ علفی، شاخص GNDVI و نسبت باند دوم به چهارم یا پنجم IRS را می‌توان به‌کار برد.

کلیدواژه‌ها: IRS LISS-III، تولید مرتع، شاخص‌های گیاهی، منطقه تنگ صیاد، چهارمحال و بختیاری.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: شهرکرد، دانشگاه شهرکرد، دانشکده کشاورزی. تلفن: ۰۹۱۳۳۸۱۵۵۸۴

۱- مقدمه

به پارامترهای بیوفیزیکی حساس باشد. و در عین حال می‌بایست نسبتاً به نطفه^۱ ایجادشده به‌وسیله زمینه تاج پوشش و تأثیرات اتمسفری غیرحساس باشد (جی و پیترز، ۲۰۰۷).

جیان لانگ و همکاران (۱۹۹۸) برای بررسی تخمین تولید گراسلند در چین، از تکنیک سنجش از دور و GIS استفاده کردند. نتایج پژوهش آنها همبستگی بزرگ‌تر از ۰/۶۷ را بین تولید علوفه تازه و شاخص‌های گیاهی^۲ RVI و^۳ NDVI برای چهار تیپ گراسلند نشان دادند و دقت کلی تخمین تولید با استفاده از سنجش از دور نیز بالاتر از ۷۵ درصد بود. بوتن و تایزن (۱۹۸۳) گزارش کردند که فناوری‌های انعکاس طیفی در جایی که مجموع پوشش گیاهی بیشتر از ۳۰ درصد است، می‌تواند برآورد مناسبی را از بیوماس گیاه در اکوسیستم‌های گراسلند ارائه کند. آندرسون و همکاران (۱۹۹۳) معتقدند رابطه بین شاخص‌های گیاهی و بیوماس به عواملی مانند تغییرزاویه خورشید، آلودگی، پوشش‌های شبه‌برگی، آلودگی‌های جوی، سایه، وضعیت گیاه و میزان توده خشک سرپا بستگی دارد.

ژانگ و همکاران (۲۰۰۴) بیوماس بالای سطح زمین جنگل‌های ویسکانسین شمالی در ایالت متحد را با استفاده از داده‌های ماهواره لندست ۷ تخمین زدند. براساس این بررسی، تخمین بیوماس برای جنگل‌های چوب سخت به انعکاس مادون قرمز نزدیک و برای جنگل‌های کاج به شاخص^۴ NDVI وابسته بود. در مطالعه‌ای که سلیمانی و همکاران (۲۰۰۷) برای برآورد تولید با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست^۵ TM در زیرحوزه سفیدآب سد لار انجام دادند، نتایج نشان داد که بین شاخص‌های گیاهی مورد استفاده و داده‌های میدانی، همبستگی بالایی وجود دارد و از بین شاخص‌های گیاهی استفاده شده، شاخص^۶ NIR

آگاهی از تولید از مهم‌ترین اطلاعات مورد نیاز برای تعیین ظرفیت و مدیریت مراتع به‌شمار می‌آید. تولید عبارت است از رشد سال جاری گیاهان در واحد سطح و یا به بیان دیگر میزان افزایش بیوماس در دوره زمانی معین در یک سطح معین (مقدم، ۲۰۰۱). اندازه‌گیری تولید که یکی از موارد قابل اندازه‌گیری در مطالعات پوشش است از اوایل قرن بیستم آغاز شده است. در ارزیابی و اندازه‌گیری مرتع عموماً زمان محدود و محدودیت کارشناسی نیز وجود دارد، لذا روشی که انتخاب می‌شود ضمن اینکه باید سریع باشد، باید از دقت کافی نیز برخوردار باشد (سلیمانی و همکاران، ۲۰۰۷ و خوانین‌زاده، ۲۰۰۹). تاکنون به منظور برآورد تولید مرتع روش‌های متعددی ابداع شده است که کاربرد هر یک بستگی به هدف اندازه‌گیری، ساختار، ترکیب پوشش گیاهی، نوع گونه، دقت و امکانات در دسترس دارد. اندازه‌گیری تولید علوفه مراتع یکی از مسائل مهم در تعیین ظرفیت چرای مرتع قلمداد می‌شود. داده‌های ماهواره‌ای به منظور گسترش و مدیریت منابع مرتعی همواره در تأمین اطلاعات لازم در جنبه‌های مختلف جوامع گیاهی دارای اهمیت بوده‌اند. اندازه‌گیری طیفی از خصوصیات مختلف پوشش گیاهی از جمله بیوماس از طریق سنجش از دور موفقیت‌آمیز بوده است (هال و همکاران، ۱۹۹۳). سنجش از دور قادر به فراهم کردن اطلاعات توزیع شده مکانی و زمانی راجع به پوشش گیاهی، بیوماس و شاخص سطح برگ است (دنته همکاران، ۲۰۰۸).

برای اندازه‌گیری خصوصیات مراتع به کمک داده‌های سنجش از دور- از جمله پوشش و تولید - از شاخص‌هایی موسوم به شاخص‌های گیاهی استفاده می‌شود. طی سه دهه گذشته شاخص‌های گیاهی متعددی برای بالا بردن حساسیت به سیگنال‌های گیاهان سبز و کاهش اثر فاکتورهای خارجی از قبیل خاک و اتمسفر بنا نهاده شده‌اند (سیمس و گامون، ۲۰۰۲). شاخص گیاهی ایده‌آل بایستی به میزان بالایی

1. Noise

2. Ratio Vegetation Index

3. Normalized Difference Vegetation Index

4. Corrected Normalized Difference Vegetation Index

5. Thematic Mapper

6. Near Infrared

منطقه رخ می‌دهد و نتایج آن میزان حساسیت سنجنده را به میزان تولید مراتع در شرایط خشک آشکار خواهد ساخت. همچنین در این مطالعه شاخص‌های گیاهی متداول برای برآورد تولید گیاهان مرتعی ارزیابی و مناسب‌ترین آنها معرفی می‌شود. با رعایت اصول هم‌زمانی برداشت داده‌های ماهواره‌ای و داده‌های میدانی انجام شد. آنچه این مطالعه را از دیگر تحقیقات مشابه متمایز می‌کند آن است که مطالعه در ابتدای فصل رشد در ۹ اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۷ انجام گرفت، در حالی که در پاییز و زمستان سال ۱۳۸۶ خشکسالی شدیدی بر منطقه مطالعاتی مستولی بود، و این زمان به دلیل اینکه دامداران محلی و عشایر برای ورود به مراتع تعجیل دارند بسیار بااهمیت است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه تنگ‌صیاد ناحیه‌ای کوهستانی و مرتفع با مختصات جغرافیایی 59° 50' تا 9° 51' طول شرقی و 3° 32' تا 17° 32' عرض شمالی است و حدود ۲۷۰۰۰ هکتار مساحت دارد. این محدوده از نظر تقسیمات کشوری، در بخش شرقی شهرستان شهرکرد و بخش غربی شهرستان بروجن، در استان چهارمحال و بختیاری واقع شده و فاصله آن تا شهرکرد (مرکز استان) حدود ۱۵ کیلومتر است (شکل ۱). متوسط بارش سالیانه منطقه ۴۲۴ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالانه منطقه براساس ایستگاه سینوپتیک شهرکرد حدود ۱۱/۵ درجه سانتی‌گراد است. ارتفاع منطقه بین ۲۰۰۰ تا ۳۱۰۰ متر از سطح دریا است. در این منطقه ۲۰ تیپ گیاهی تشخیص داده شده (جدول ۱) و حدود ۲۵۰ گونه گیاهی متعلق به ۵۲ تیره‌شناسایی شده است. تیره‌های گیاهی مهم منطقه

مناسب‌ترین شاخص برای برآورد بیوماس در آن منطقه است و امکان تخمین دقیق تولید مراتع از طریق اطلاعات لندست TM به همراه نقاط کنترل زمینی وجود دارد.

لوریس و دامیانو (۲۰۰۶) شاخصی را به عنوان نسبت علفی سبز^۱ معرفی کردند که عبارت است از نسبت توده زنده^۲ به مجموع توده زنده و توده گیاهی غیرزنده^۳ و گزارش کردند که این شاخص با شاخص Green-NDVI که جیتلسن و همکاران (۱۹۹۶) با استفاده از باندهای ماهواره IRS-P6 LISS-III به دست آورده‌اند، همبستگی معنی‌داری را نشان می‌دهد. محققان مذکور شاخص Green-NDVI را به عنوان مهم‌ترین شاخص فعالیت فتوسنتزی، شرایط خاک اقلیمی^۴ و مرحله فنولوژیکی در گراسلندهای ایتالیا برشمردند و گزارش کردند که تنها شاخص Green-NDVI شامل باندهای فرسرخ نزدیک و سبز با اطلاعات گیاهی همبستگی معنی‌داری را نشان می‌دهد. گیرکن و ایلابوی (۲۰۰۴) به کمک داده‌های IRS-1C مراتع به شدت چرا شده را در سوریه از مراتع کمتر چرا شده جدا کردند.

دولت هند در سال ۱۹۹۸، ماهواره IRS-1A را با سنجنده LISS پرتاب کرد. این سنجنده در نسل‌های بعدی ماهواره‌های هند تکمیل شد و به سنجنده LISS-II تبدیل گردید و به استثنای ماهواره‌های P5، P4- و P3-IRS همچنان تا سال ۲۰۰۳ روی ماهواره IRS-P6 نصب شد. سنجنده LISS-III در چهار باند سبز، قرمز، فرسرخ و فرسرخ میانی بر روی ماهواره IRS-1C نصب شده است و داده‌های زمینی را برداشت می‌کند (ریچاردز و جیا، ۲۰۰۶).

هدف از این مطالعه امکان‌سنجی برآورد تولید گیاهان مرتعی در منطقه تنگ‌صیاد از توابع استان چهارمحال و بختیاری به کمک داده‌های ماهواره‌ای IRS است. برآورد تولید در ابتدای فصل رشد و در مناطق نیمه‌خشک از نیازهای عمده مدیریت مراتع است که می‌تواند در صدور مجوز ورود دام به مرتع راهگشا باشد. مطالعه حاضر در شرایط خشکسالی در

1. Green Herbage Ratio
2. Biomass
3. Necromass
4. Pedoclimatic

مکانی و میدانی به شرح زیر است:
 داده‌های مکانی شامل نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور (چاپ اول، ۱۳۷۸) به نام‌های فرخ‌شهر (SE ۶۱۵۴۱)، خیرآباد (NE ۶۱۵۴ II)، سفیددشت (NE ۶۲۵۴ III)، فرادنبه (NW ۶۲۵۴ III)، مزرعه چاه گرگ (SE ۶۲۵۴ III)، سورک (SW ۶۲۵۴ III) و کلیشادخ (SW ۶۲۵۴ IV) که برای بررسی منطقه و تصحیح هندسی تصاویر مورد استفاده قرار گرفتند.

عبارت‌اند از: Compositeae, Chenopodiaceae, Gramineae, Caryophyllaceae, Euphorbiaceae, Labiatae و Umbelliferae. گیاهانی از قبیل Astragalus و Astragalus myricanthus و susianus در سطح منطقه به وفور یافت می‌شوند (سازمان حفاظت محیط زیست، ۲۰۰۲).

۲-۲- منابع داده‌ها

داده‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل داده‌های



شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعاتی در استان چهارمحال و بختیاری و کشور

جدول ۱. تیپ‌های گیاهی شناسایی شده در منطقه

شماره	نام تیپ	شماره	نام تیپ	شماره
۱	Ast.my.+ Grasses	۱۱	Ast. a. ¹ +Ast. my. ² + Acan. m. ³ + Cou.t. ⁴	۱
۲	Ast.my.+ Grasses+ Hert.a. ⁹ + Art.a. ¹⁰	۱۲	Ast. sus. ⁵ + Ast. my+ Ast.spp ⁵ + Cou.t+ Grasses	۲
۳	Ast.spp+Cou.t.+ Hert.a.	۱۳	Ast. a+ Ast.spp+ Acan. m	۳
۴	Ast.sus.+ Ast.my.+ Ast.spp+ Cou.t.+ Stip.h.	۱۴	Ast.a+ Ast.sus+ Ast.g+ Acan.m	۴
۵	Ast.sus.+ Ast.my.+ cou.t.	۱۵	Ast.my.+ Acan.m+ Cou.t+ Stip.h. ⁷	۵
۶	Ast.sus.+ Ast.spp+ Cou.t.+ Grasses+daph.m. ¹¹	۱۶	Ast.my.+ Ast.spp+ Cou.t.	۶
۷	Ast.sus.+ Ast.spp+ Psath. F. ¹² + Cou.t.	۱۷	Ast.my.+ Ast.spp+Cou.t.+ Stip.h.	۷
۸	Ast.sus.+ Cou.t.+ Grasses	۱۸	Ast.my.+ Ast.sus.+ Ast.g. ⁸ + Cou.t.	۸
۹	Hert.+ Acan.m.	۱۹	Ast.my.+ Cou.t.	۹
۱۰	R.per. ¹³ + Ast.e. ¹⁴	۲۰	Ast.my.+ Cou.t.+ Stip.h.	۱۰

منبع: سازمان حفاظت محیط زیست، ۲۰۰۲

شماره‌های ۱ تا ۱۴ معرف گونه‌های زیر هستند:

1. Astragalus albispinus, 2. Astragalus myricanthus, 3. Acanthophyllum microcephalum, 4. Cousinia tenuirumula, 5. Astragalus susianus, 6. Astragalus spp, 7. Stipa hohenackeriana, 8. Astragalus gossypinus, 9. Hertia angustifolia, 10. Artemisia aucheri, 11. Daphne mucronata, 12. Psathyrostachys fragilis, 13. Rhamnus persica, 14. Astragalus echidnaeformis

تخمین تولید مرتع با استفاده از داده‌های ماهواره IRS LISS III

انتخاب گردید. پس از مشخص شدن واحد نمونه‌برداری $70/5 \times 70/5$ متر است به عنوان یک واحد نمونه‌برداری انتخاب گردید.

پس از مشخص شدن واحد نمونه‌برداری $70/5 \times 70/5$ متری در داخل آن به صورت تصادفی ۱۲ محل برای پلات‌های نمونه‌برداری مشخص شد و اطلاعات جمع‌آوری شده ۱۰ پلات برای کالیبراسیون معادلات، و از ۱۲ پلات داخل واحد نمونه‌برداری اطلاعات ۲ پلات به صورت تصادفی برای اعتبارسنجی معادلات مورد استفاده قرار گرفتند.

میزان تولید گندمیان^۲، پهن‌برگان علفی^۳ و بوته‌ها^۴ با استفاده از روش قطع و توزین برآورد گردید. در این روش گیاهان موجود در داخل هر پلات برحسب فرم رویشی از سطح زمین (گندمیان و پهن‌برگان علفی) یا رشد سال جاری آنها (بوته‌ها) قطع گردید. نمونه‌ها پس از برداشت بلافاصله در محل توزین شدند و وزن تر آنها یادداشت گردید. نمونه‌ها سپس به آزمایشگاه منتقل شدند و ضریب خشکی برای هر فرم رویشی به دست آمد و با استفاده از ضریب خشکی، میزان تولید خشک هر یک از فرم‌های رویشی و در نهایت تولید خشک منطقه به دست آمد.

داده‌های ماهواره IRS-1C LISS-III با قدرت تفکیک $23/5$ متر مربوط به ۲۸ آوریل ۲۰۰۸ مطابق با ۹ اردیبهشت ۱۳۸۷ و شامل چهار باند است (جدول ۲). در مورد داده‌های میدانی کوشش شد که در نزدیک‌ترین زمان پس از برداشت تصاویر ماهواره‌ای جمع‌آوری گردند. این داده‌ها عبارت‌اند از داده‌های ۳۰ واحد نمونه‌برداری که به صورت تصادفی با در نظر گرفتن تیپ‌های گیاهی انتخاب شدند. با توجه به ابعاد پیکسل‌ها در سنجنده LISS-III که معادل $23/5 \times 23/5$ متر است، ابعاد واحدهای نمونه‌برداری $70/5 \times 70/5$ متر (۹ پیکسل) تعیین گردید. به منظور سهولت کار و کاهش حجم نمونه‌برداری در هر واحد، از ۱۲ پلات $1/5 \times 2$ متری (در مجموع ۳۶۰ پلات) استفاده گردید (شکل ۲). لازم به توضیح است که معمولاً در هنگام کار میدانی در نظر گرفتن یک پیکسل منفرد برای اندازه‌گیری‌های میدانی همراه با عدم قطعیت بالایی است، زیرا طی عملیات اصلاح هندسی^۱ تصاویر ارزش یک پیکسل تحت تأثیر ارزش پیکسل‌های مجاور قرار می‌گیرد. بنابراین به جای اینکه معیار صرفاً ارزش یک پیکسل قرار گیرد، مجموعه‌ای از پیکسل‌ها که شامل مربعی از 3×3 پیکسل $23/5$ متری یا ابعاد $70/5 \times 70/5$ متر است به عنوان یک واحد نمونه‌برداری

جدول ۲. خصوصیات ماهواره و داده‌های ماهواره‌ای IRS LISS-III

نام ماهواره : IRS-1C	نام سنجنده: LISS-III	
قدرت تفکیک مکانی: $23/5$ m	عرض تصویربرداری: 141 km مرئی و 148 km برای SWIR	
دوره تکرار: ۲۴ روز	قدرت تفکیک رادیومتری: 7 bit	
تاریخ پرتاب و ارتفاع: 1994 و 817 km		
باند	دامنه طیف الکترومغناطیس (μm)	دامنه ارزش‌های رقومی
LISS2	$0/52-0/59$	$36-177$
LISS3	$0/62-0/68$	$20-186$
LISS4	$0/77-0/86$	$49-149$
LISS5	$1/55-1/70$	$35-111$

منبع: ریچاردز و جیا، ۲۰۰۶

1. Geometric correction
2. Grasses
3. Forbs
4. Bushes

در این معادله:

$L_{\max \lambda}$: میزان تشعشعی است که با $Q_{\text{cal max}}$ مطابقت دارد (m².sr.μm).

$L_{\min \lambda}$: میزان تشعشعی است که با $Q_{\text{cal min}}$ مطابقت دارد (m².sr.μm).

$Q_{\text{cal max}}$ و $Q_{\text{cal min}}$ به ترتیب عبارت‌اند از حداکثر و حداقل ارزش رقومی پیکسل‌ها هنگام کالیبراسیون که به ترتیب مطابق‌اند با حداکثر و حداقل میزان تشعشع ثبت شده به وسیله سنجنده.

Q_{cal} : رقم کمی تصویر

با محاسبه مقدار تشعشع (L_{λ}) به کمک رابطه (۱) امکان محاسبه میزان انعکاس^۴ (ρ_p) وجود دارد. رابطه (۲) نحوه محاسبه انعکاس را نشان می‌دهد (لیلسند و همکاران، ۲۰۰۴):

$$\rho_p = \frac{\Pi L_{\lambda} d^2}{E_{\text{sun}\lambda} \cdot \text{COS}\theta} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این معادله:

ρ_p : میزان انعکاس؛

L_{λ} : میزان تشعشع (m².sr.μm)؛

d : فاصله زمین تا خورشید (واحد نجومی)؛

$E_{\text{sun}\lambda}$: میزان تشعشع خورشیدی در خارج از

اتمسفر؛

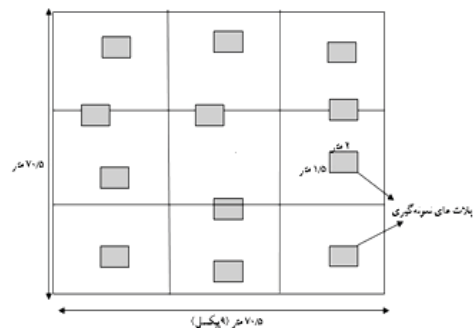
θ : زاویه انحراف تابش خورشید از خط عمود

(درجه)، و

Π : معادل ۳/۱۴ است.

برای تصحیح هندسی تصاویر از ۱۶ نقطه کنترل زمینی^۵ که به کمک نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و سامانه موقعیت جهانی مشخص شدند، استفاده شد. میزان خطای^۶ RMSe برای تصحیح هندسی تصاویر برابر ۰/۰۰۸ پیکسل بود.

ارزش رقومی^۱ پیکسل‌های مربوط به ۱۲ پلات نمونه‌برداری در تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از مختصات جغرافیایی تعیین شده با دستگاه موقعیت‌یاب جهانی^۲ تعیین گردید. از بین ۱۲ پلات هر واحد نمونه‌برداری، ۲ پلات به صورت تصادفی انتخاب شد و برای اعتبارسنجی مورد استفاده قرار گرفت. میانگین داده‌های میدانی و ارزش‌های رقومی مربوط به ۱۰ پلات نمونه‌برداری محاسبه شد و میانگین داده‌های میدانی و ارزش‌های رقومی ۲ پلات منتخب نیز برای اعتبارسنجی به کار رفت.



شکل ۲. نمونه‌ای از واحد نمونه‌برداری و پراکنش پلات‌ها در داخل واحد نمونه‌برداری

۲-۳- پردازش تصاویر ماهواره‌ای

با توجه به خام بودن تصاویر ماهواره‌ای پردازش تصاویر در دو بخش انجام گردید، در نخستین گام تصحیحات رادیومتری انجام گردید و اطلاعات باندها به انعکاس تبدیل شدند. استفاده صرف از ارزش‌های رقومی پیکسل‌ها برای تشکیل شاخص‌های گیاهی برای بررسی‌های کیفی داخل یک تصویر و مقایسه نقاط مختلف یک تصویر به صورت کیفی کفایت می‌کند ولی برای محاسبه‌های کمی پارامترهای گیاهی به کمک شاخص‌های گیاهی، تبدیل باندهای خام به انعکاس ضروری است. برای تبدیل ارزش‌های رقومی به انعکاس ابتدا میزان تشعشع^۳ دریافتی توسط هر باند (L_{λ}) با استفاده از معادله شماره ۱ محاسبه شد (لیلسند و همکاران، ۲۰۰۴).

رابطه (۱)

$$= \left(\frac{L_{\max \lambda} - L_{\min \lambda}}{Q_{\text{cal max}} - Q_{\text{cal min}}} \right) \cdot (Q_{\text{cal}} - Q_{\text{cal min}}) + L_{\min \lambda}$$

1. Digital Value
2. Global Positioning System
3. Radiation
4. Reflectance
5. Ground control point
6. Root Mean Square error

جدول ۳. شاخص‌های گیاهی مورد مطالعه

منبع	معادله	شاخص گیاهی
Rouse et al. (1974)	$(NIR - RED) / (NIR + RED)$	Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
Gitelson et al. (1996)	$(NIR - GREEN) / (NIR + GREEN)$	Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)
Jordan (1969)	NIR / RED	Ratio Vegetation Index (RVI)
Richardson and Wiegand (1977)	$(NIR - a \times RED - b) / \sqrt{(a^2 + 1)}$	Perpendicular Vegetation Index (PVI)
Baret and Guyot (1991)	$(RVI - 1) / (RVI + 1)$	Normalized Ratio Vegetation Index (NRVI)
Clevers (1988)	$NIR - \gamma \times RED$	Weighted Difference Vegetation Index (WDVI)
Baret et al. (1989)	$a \times (NIR - a \times RED - b) / a \times NIR + RED - ab$	Transformed Soil Adjusted Vegetation Index (TSAVI)
Huete (1988)	$[(NIR - R) / (NIR + R + 0.5)] \times 1.5$	Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)
Rondeaux et al. (1996)	$(NIR - RED) / (NIR + RED + 0.16)$	Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index (OSAVI)
Qi et al. (1994)	$0.5 \times ((2 \times (NIR + 1)) - ((2 \times NIR + 1)^2 - 8 \times (NIR - red))^{0.5})$	Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI2)
Crippen (1990)	$NIR / (NIR + RED)$	Infrared Percentage Vegetation Index (IPVI)
Arzani (2002)	$(NIR - MIR) / (NIR + MIR)$	Infrared Index (IR)
Broge and Leblanc (2000)	$0.5 [120(R_{750} - R_{550}) - 200(R_{670} + R_{550})]$	Transformed Vegetation Index (TVI)
Haboudane et al. (2004)	$1.5 \times [1.2 \times (NIR - G) - 2.5 \times (R - G)] / [(2 \times NIR + 1)^{0.5} - (6 \times NIR - 5 \times \sqrt{RED}) - 0.5]^{0.5}$	Modified Second Triangular Vegetation Index (MTVI2)
Arzani (2002)	$NIR / (RED + MIR)$	Reflectance Absorbance Index (RA)
Arzani (2002)	$(NIR - (1.2 \times RED)) / (NIR + RED)$	Modified Normalized Difference Vegetation Index (MNDVI)
Arzani (2002)	$(MIR - RED) / (MIR + RED)$	Middle Infrared Vegetation Index (MIRV2)
Tucker (1979)	$NIR - RED$	Difference Vegetation Index (DVI)
Roujean and Breon (1995)	$(NIR - RED) / \sqrt{(NIR + RED)}$	Renormalized Difference Vegetation Index (RDVI)
Goel and Qin (1994)	$(NIR^2 - RED) / (NIR^2 + RED)$	Nonlinear Vegetation Index (NLI)
Chen (1996)	$(NIR / RED - 1) / \sqrt{(NIR / RED + 1)}$	Modified Simple Ratio (MSR)
Gitelson et al. (2004)	$NIR / GREEN - 1$	Greenness Index (GI)
Rock et al. (1986)	MIR / NIR	Moisture Stress Index (MSI)

گردید. جدول ۳ معادلات ۲۳ شاخص گیاهی را نشان می‌دهد که در این مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفتند.

۲-۵- آنالیزهای آماری

برای بررسی قابلیت داده‌های ماهواره‌ای به منظور برآورد

۲-۴- محاسبه شاخص‌های گیاهی^۱

در مطالعات مربوط به تولید و عملکرد گیاهان مرتعی از شاخص‌های گیاهی متعددی استفاده شده است. انتخاب شاخص گیاهی مناسب برای هر منطقه از حساس‌ترین مراحل کار برشمرده می‌شود. در این مطالعه به منظور برآورد پارامتر تولید گیاهی از شاخص‌های معمول و رایج ارائه‌شده از سوی پژوهشگران مختلف استفاده

1. Vegetation Indices

در این معادلات $Z_{(xi)}$ ، $Z_{(xi)}^*$ ، $\sigma_{(xi)}$ و N به ترتیب عبارت‌اند از متغیر اندازه‌گیری شده، تخمینی، انحراف معیار مقادیر اندازه‌گیری شده و تعداد متغیرها. مقدار RV باید نزدیک یک و مقدار MEE باید تا حد امکان کوچک باشد (وبستر و اولیور، ۱۹۹۰).

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تولید گندمیان

جدول ۴ وزن خشک گیاهان را در ۱۶ پلات نمونه‌برداری نشان می‌دهد. خلاصه آماری کل پلان‌های برداشت شده نیز در جدول مذکور آورده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود بالاترین میانگین مربوط به وزن خشک بوته‌ها و پایین‌ترین میانگین مربوط به وزن خشک گیاهان پهن‌برگ علفی است.

تولید، ابتدا ماتریس همبستگی بین داده‌های تولید با شاخص‌های گیاهی محاسبه شد و سپس با انتخاب شاخص‌ها با بالاترین ضریب همبستگی، مناسب‌ترین مدل‌های رگرسیونی برای برآورد فاکتور تولید به کمک شاخص گیاهی تشکیل شد. داده‌های تولید شامل تولید گندمیان، فرب‌ها یا پهن‌برگان علفی، بوته‌ها و تولید کل به عنوان متغیر وابسته و شاخص‌های گیاهی به عنوان متغیر مستقل در مدل‌ها قرار گرفتند.

اعتبارسنجی مدل‌ها با محاسبه واریانس کاهش‌یافته^۱ (RV) و میانگین خطای تخمین^۲ (MEE) (رابطه‌های ۳ و ۴) انجام شدند.

$$RV = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N \left\{ \frac{Z_{(xi)} - Z_{(xi)}^*}{\sigma_{(xi)}} \right\}^2 \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$MEE = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N (Z_{(xi)} - Z_{(xi)}^*) \quad \text{رابطه (۴)}$$

جدول ۴. نتایج نمونه‌برداری تعدادی از پلان‌های نمونه‌برداری و خصوصیات آماری کل پلان‌های نمونه‌برداری شده

شماره پلات	وزن خشک (g)			شماره پلات	وزن خشک (g)		
	بوته	پهن‌برگ علفی	گندمیان		بوته	پهن‌برگ علفی	گندمیان
۱	۴۷/۵۰	۴/۸	۲۸/۴	۹	۳۸/۳۵	۲/۴۶	۱۴/۲۷
۲	۴۰/۶۹	۲/۲۱	۲۲/۰۳	۱۰	۳۰/۳۱	۸/۹۵	۲۰/۰۵
۳	۲۵/۷۵	۹/۱۳	۳۵/۷۰	۱۱	۴۵/۳۳	۲۹/۲۸	۲۹/۶۰
۴	۳۲/۵۹	۵/۸۷	۳۳/۲۲	۱۲	۳۰/۳۲	۱۲/۹۴	۴۱/۱۹
۵	۲۵/۷۵	۱۲/۸۷	۲۴/۲۹	۱۳	۶۹/۹۱	۱/۳۷	۲۶/۲۸
۶	۲۳/۶۳	۱/۸۰	۴۸/۹۸	۱۴	۷۱/۴۱	۶/۱۱	۱۱/۱۱
۷	۳۲/۱۶	۵/۳۹	۱۲/۱۹	۱۵	۵۲/۹۸	۵/۷۶	۲۹/۵۲
۸	۴۴/۸۰	۳/۳۶	۱۱/۳۰	۱۶	۳۶/۶۱	۵/۸۳	۱۲/۸۴
حداکثر	۷۱/۴۱	۲۹/۲۸	۴۸/۹۸	انحراف معیار	۱۴/۳۲	۶/۹۷	۱۱/۵۰
حداقل	۲۳/۶۳	۱/۳۶	۳/۱۰	میانگین	۴۱/۳۵	۷/۳۹	۲۰/۲۴
کشیدگی (Kurtosis)	-۰/۳۲	۴/۱	-۰/۲۵	چولگی (Skewness)	۰/۸۷	۲/۰۷	۰/۵۶

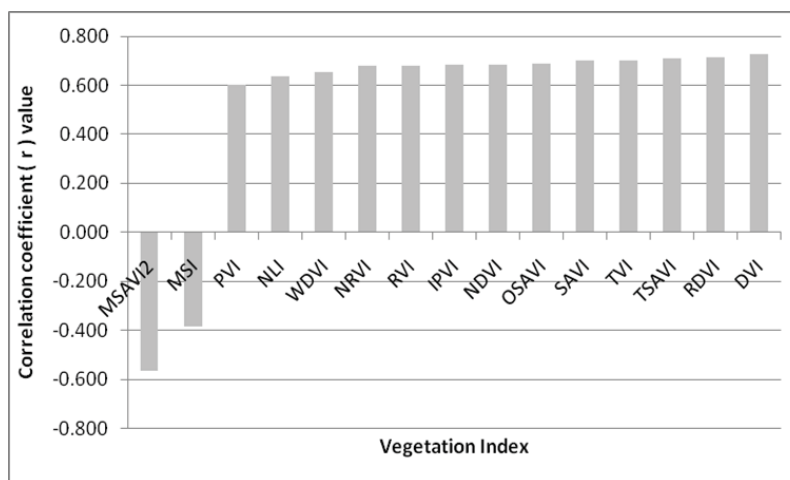
1. Reduced Variance
2. Mean Estimation Error

برآورد گردید (شکل ۵).

$$y = 3/55x - 377/21 \quad R^2 = 0/46 \quad \text{رابطه (۵)}$$

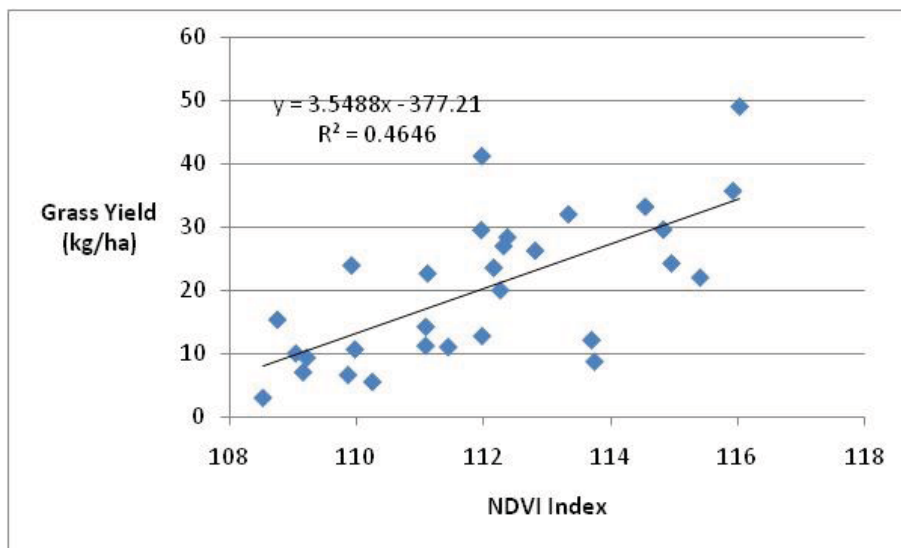
در این معادله x و y به ترتیب مقدار شاخص NDVI و میزان تولید برحسب کیلوگرم بر هکتار هستند. شاخص‌های MEE و RV برای رابطه (۵) به ترتیب برابر ۰/۱۳ و ۰/۶۳ هستند که نشان‌دهنده توانایی شاخص گیاهی NDVI برای برآورد تولید گندمیان است. جیان لونگ و همکاران (۱۹۹۸) ضریب همبستگی ۰/۶۷۹ را بین میزان عملکرد سبز گراسلندها و شاخص NDVI گزارش کردند. همچنین لونگ و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از داده‌های ماهواره MODIS شاخص NOVI گراسلندهای مناطقی از چین را محاسبه کردند و ضریب همبستگی ۰/۵۱ را بین شاخص NDVI و بیومس بخش هوایی گندمیان به دست آوردند. این پژوهشگران گزارش کردند که ضریب ۰/۵۱ در حدی مورد قبول هست که بتوان براساس آن بیومس گندمیان منطقه را تعیین و ظرفیت دامی منطقه را مشخص کرد.

شکل ۳ شاخص‌های گیاهی را که همبستگی معنی‌داری (در سطح کمتر از ۰/۰۱ درصد) با تولید گندمیان دارند به ترتیب صعودی نشان می‌دهد. از بین این شاخص‌ها، شاخص DVI^1 بالاترین و شاخص PVI^2 کمترین ضریب همبستگی معنی‌دار را از خود نشان می‌دهند. قدر مطلق ضریب همبستگی شاخص‌های MSI^3 و $MSAVI_2^4$ نیز بین دو حد ذکرشده قرار می‌گیرند. همبستگی نسبتاً قوی شاخص‌ها نشانگر امکان تخمین تولید گندمیان در ابتدای فصل رشد است. با توجه به اهمیت شاخص گیاهی تفاوت نرمال (NDVI) رابطه این شاخص با تولید گندمیان نیز بررسی شد (شکل ۴). همان‌طور که شکل ۴ نشان می‌دهد، امکان تخمین تولید این دسته از گیاهان به کمک معادلات رگرسیون خطی وجود دارد. با وجود اینکه سال آبی ۱۳۸۶ سالی خشک محسوب می‌شود، ولی با همان میزان بارندگی نازل گندمیان توانسته‌اند در ابتدای فصل رشد و تولید داشته باشند و سنجنده IRS توانسته است بین تولید این‌گونه گیاهان و پوشش‌های دیگر تمایز قائل شود. از رابطه (۵) و نقشه NDVI میزان تولید گندمیان برای منطقه مورد مطالعه

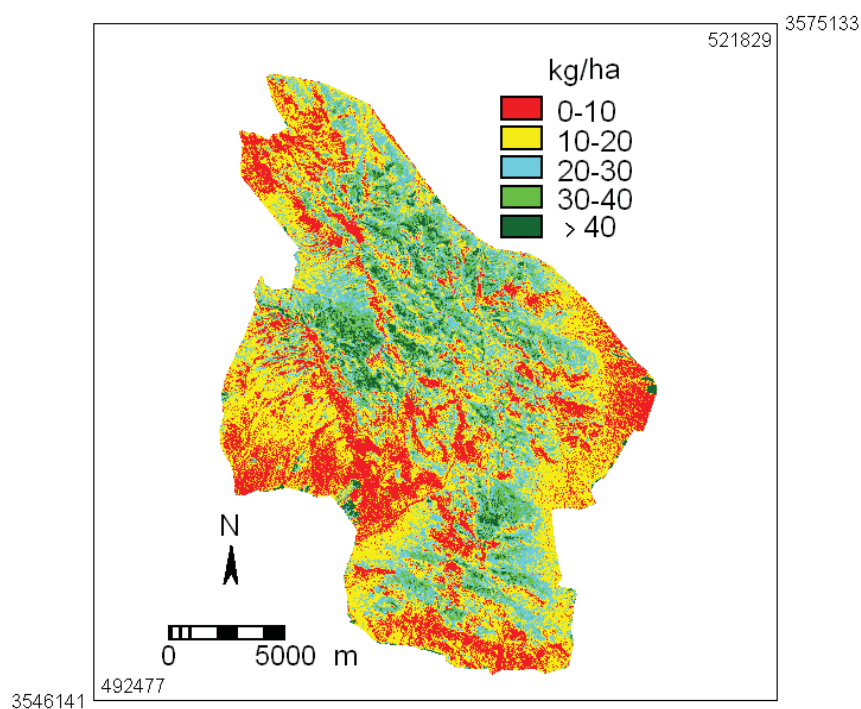


شکل ۳. مقادیر ضریب همبستگی تولید گندمیان و شاخص‌های گیاهی

1. Difference Vegetation Index
2. Perpendicular Vegetation Index
3. Moisture Vegetation Index
4. Modified Adjusted Vegetation Index



شكل ۴. رابطه بين توليد گندميان و شاخص NDVI



شكل ۵. پهنه‌بندی میزان توليد گندميان به كمك رابطه (۵) و NDVI

كشت گندم تخصيص يافته‌اند و نمونه‌برداری توليد در آنها انجام نشده است.

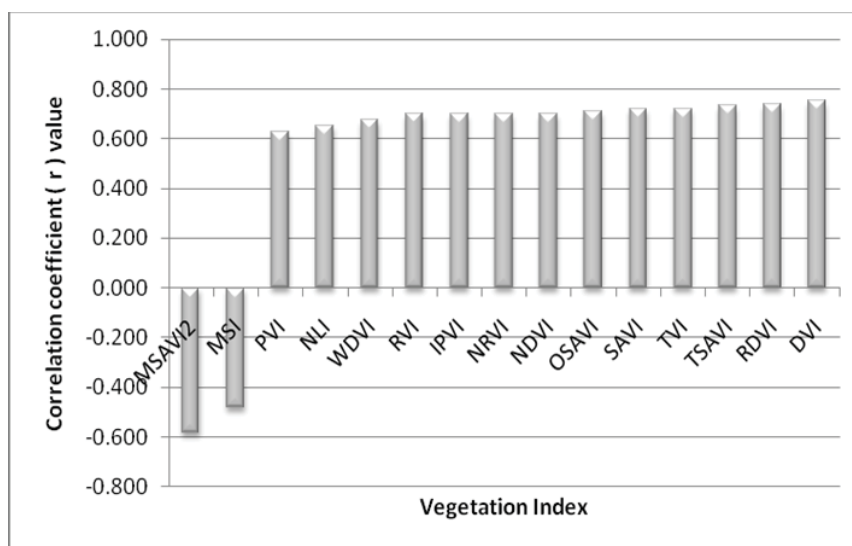
شكل ۵ نشان می‌دهد كه میزان توليد گندميان در مناطق مرکزی، بالاتر از مناطق حاشیه‌ای است. البته در حواشی منطقه (در شرق) مزارعی وجود دارند كه به

۲-۳- مجموع تولید گندمیان و گیاهان پهن برگ علفی

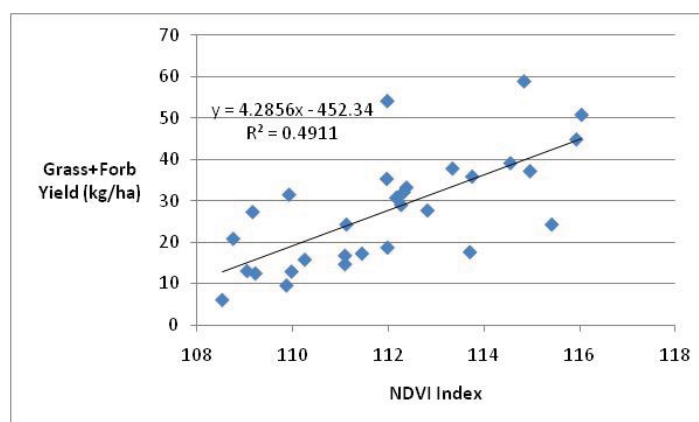
رابطه همبستگی مجموع میزان تولید گندمیان و گیاهان پهن برگ علفی با شاخص‌های گیاهی مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۶ گروه شاخص‌های گیاهی را که با مجموع میزان تولید گندمیان و گیاهان پهن برگ علفی همبستگی معنی‌داری در سطح کمتر از ۰/۰۱ دارند، نشان می‌دهد.

مجموع تولید این دو گروه از گیاهان - همچون

میزان تولید گندمیان - بالاترین ضریب همبستگی را با شاخص DVI و کمترین ضریب همبستگی را با شاخص PVI دارند و قدر مطلق ضرایب همبستگی شاخص‌های $MSAVI_2$ و MSI بین این دو حد قرار می‌گیرند. با توجه به قوی بودن و معنی‌دار بودن ضرایب همبستگی، کلیه شاخص‌های نشان داده‌شده در شکل ۶ را می‌توان برای تخمین تولید مجموع این دو گروه گیاهی به کار برد.



شکل ۶. مقادیر ضریب همبستگی مجموع تولید گندمیان - گیاهان پهن برگ علفی و شاخص‌های گیاهی



شکل ۷. رابطه بین مجموع تولید گندمیان و گیاهان پهن برگ علفی و شاخص NDVI

بخش‌های مرکزی و کمترین میزان تولید در حاشیه منطقه وجود دارد.

برای بررسی امکان برآورد مجموع تولید سه گروه گیاهان موجود گندمیان، پهن‌برگ علفی و بوته‌ها رابطه همبستگی آنها و شاخص‌های گیاهی محاسبه شدند. هیچ‌یک از شاخص‌ها در سطح کمتر از ۰/۰۱ معنی‌دار نیستند و شکل ۹ آن گروه از شاخص‌هایی را که در سطح کمتر از ۰/۰۵ معنی‌دارند نشان می‌دهد. شاخص NDVI بالاترین میزان همبستگی معنی‌دار مثبت را با میزان تولید کل دارد و البته قدرمطلق ضریب همبستگی شاخص MSI بالاترین ضریب است. شکل ۱۰ رابطه میزان تولید کل و شاخص NDVI را نشان می‌دهد؛ که رابطه‌ای خطی است (رابطه (۷)).

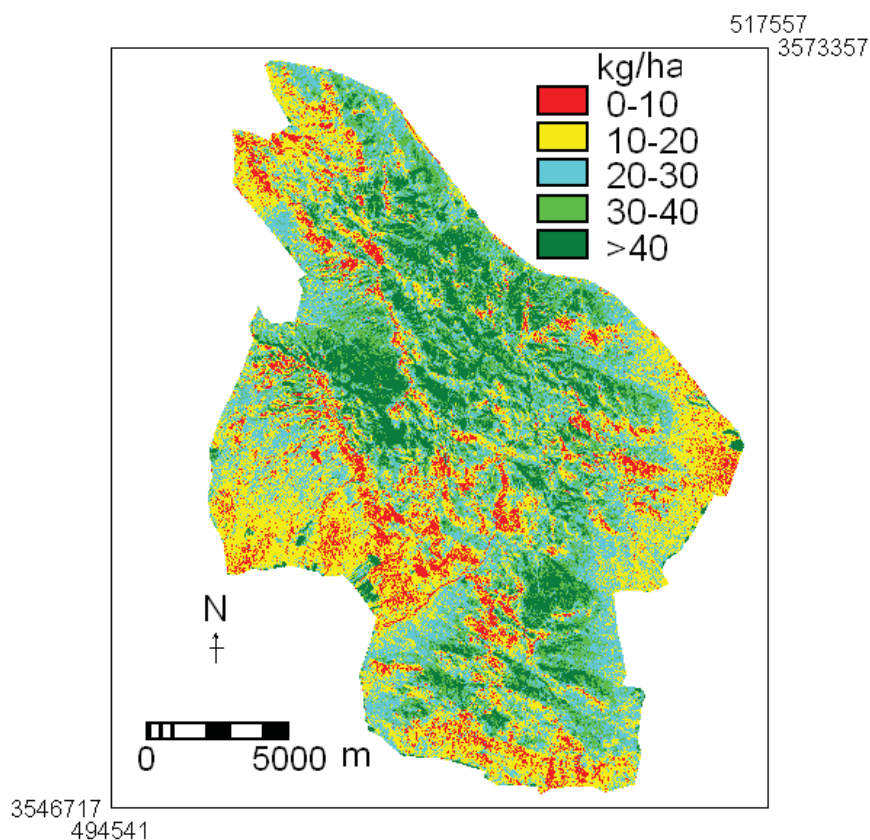
رابطه (۷)

$$y = 3/1223x - 280/71 \quad R^2 = 0/1585$$

با توجه به متداول بودن شاخص NDVI و وجود همبستگی نسبتاً قوی بین این شاخص و مجموع تولید گندمیان و گیاهان پهن‌برگ علفی، معادله رگرسیون خطی آنها در شکل ۷ نشان داده شده است. معادله رگرسیون خطی بین این دو متغیر عبارت است از:

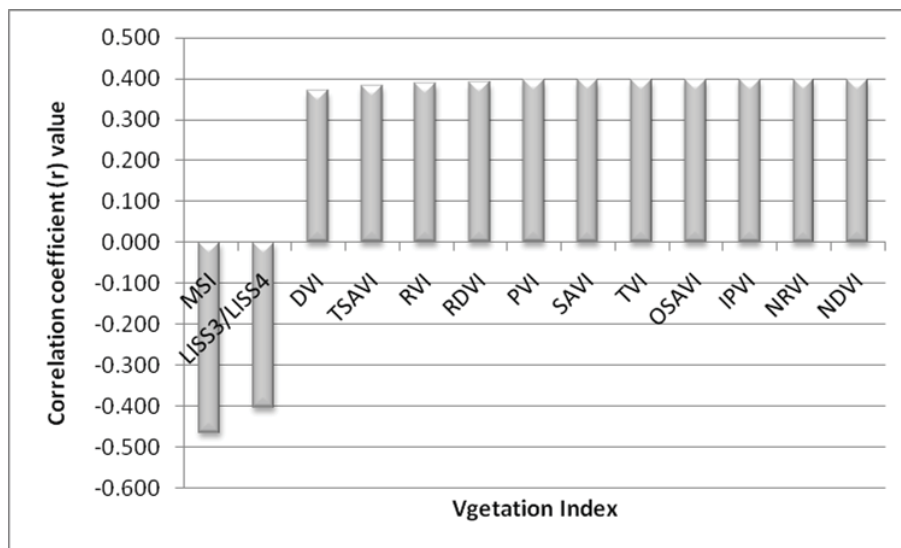
$$\text{رابطه (۶)} \quad y = 4/2856x - 452/34 \quad R^2 = 0/49$$

در این معادله y مجموع تولید گندمیان و گیاهان پهن‌برگ علفی و x مقدار شاخص NDVI است. شاخص‌های اعتبارسنجی واریانس تنزل‌یافته (RV) و میانگین خطای تخمین (MEE) برای معادله فوق به ترتیب برابر ۰/۶۲۹ و -۰/۳۵۱ است. به کمک رابطه (۶) و شاخص NDVI پهنه‌بندی، میزان تولید این دو گروه گیاهان انجام شد (شکل ۸). ملاحظه می‌شود که مقادیر تولید بیش از ۴۰ کیلوگرم در هکتار در

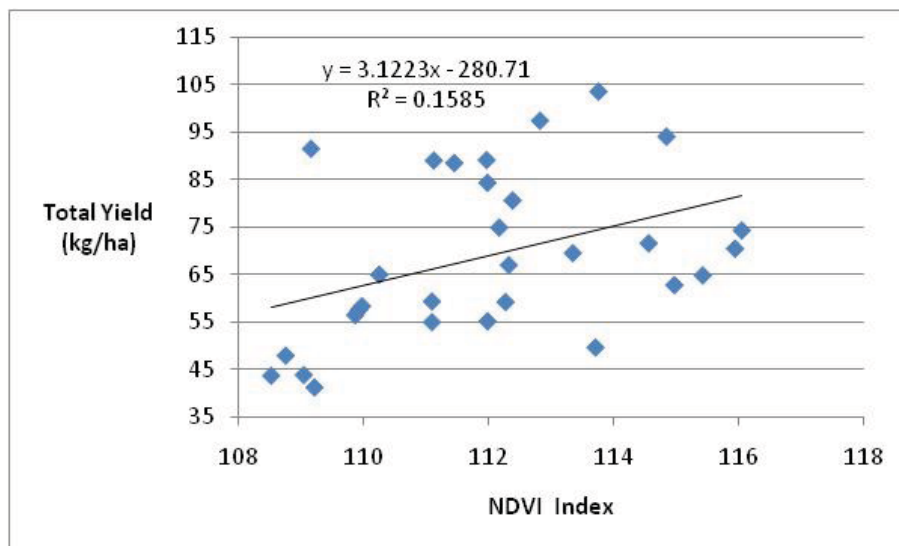


شکل ۸. پهنه‌بندی مجموع تولید گندمیان و گیاهان پهن‌برگ علفی و شاخص NDVI

تخمین تولید مرتع با استفاده از داده‌های ماهواره IRS LISS III



شکل ۹. مقادیر ضرایب همبستگی تولید کل گیاهان و شاخص‌های گیاهی



شکل ۱۰. رابطه بین مجموع تولید کل گیاهان و شاخص NDVI

قطعیت بیشتری برای تخمین تولید کل وجود دارد، که می‌تواند به علت خطای اندازه‌گیری تولید بوته‌ها در شروع فصل باشد؛ زیرا تولید بوته در مقایسه با تولید گیاهان دیگر نظیر گندمیان بسیار اندک است و همین مقدار مختصر نیز کمتر در معرض سنجنده قرار می‌گیرد. لوریس و دامیانو (۲۰۰۴) ضریب تبیین ۰/۲۱

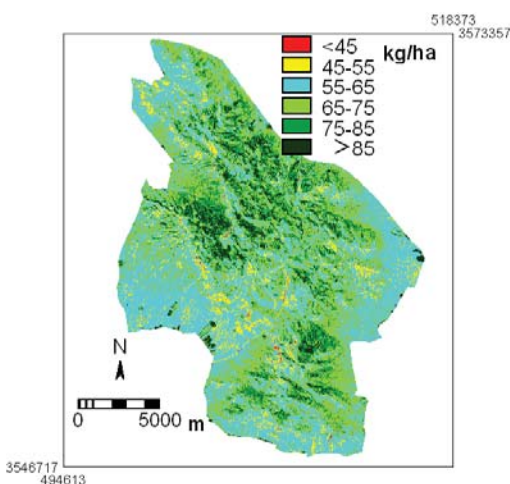
در رابطه (Y)، x ارزش شاخص گیاهی NDVI و y میزان تولیدی کل (کیلوگرم در هکتار) است. شاخص‌های اعتبارسنجی مدل عبارت‌اند از واریانس تنزل‌یافته (RV) و میانگین خطای تخمین (MEE) که به ترتیب برابر ۰/۶۳ و ۰/۵۰ است. با توجه به بالا بودن نسبی میانگین خطای تخمین به نظر می‌رسد که عدم

گیاهان در شروع فصل بهار بوده است. در این زمینه اشمیت و کارنیلی (۲۰۰۱) از مطالعاتشان در مناطق فوق‌العاده خشک گزارش کردند که به علت بازتاب زیاد خاک پس‌زمینه، ضرایب همبستگی گیاهان در این مناطق پایین است. گراتز و همکاران (۱۹۸۲) نیز در پی مطالعاتشان در مناطق خشک استرالیا گزارش کردند که در مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل پراکنده و پایین بودن میزان شاخص، سطح برگ گیاهان چندساله بازتاب بالایی در ناحیه مادون قرمز نزدیک ندارند.

برای تولید گندمیان، شاخص‌های گیاهی همبستگی نسبتاً بالایی نشان می‌دهند. دلیل این امر ممکن است رشد سبزینه‌ای این گروه از گیاهان در ابتدای فصل رشد تحت تأثیر چند بارش بهاری رخ داده شده باشد. فعالیت فتوسنتزی نسبتاً بالای این گروه از گیاهان منجر به ثبت این فعالیت به‌وسیله سنجنده شده است. همچنین این گروه از گیاهان اندام‌های خشک کمتری دارند و مزاحمت کمتری برای ثبت آنها به‌وسیله سنجنده وجود دارد. در این زمینه جیان لانگ و همکاران (۱۹۹۸) نیز از تحقیقاتی که در گراسلندهای چین انجام دادند گزارش کردند که شاخص NDVI همبستگی نسبتاً بالایی با تولید علوفه تازه تیپ‌های مختلف گراسلندها دارد. این مطالعه نشان می‌دهد که علاوه بر باند مادون قرمز نزدیک (NIR)، باند مادون قرمز میانی (MIR) نیز توانایی برآورد تولید برخی از گروه گیاهان نظیر بوته‌ها را دارد. بوید و همکاران (۱۹۹۶) و کوران و ویلیامسون (۱۹۸۵) نیز بر اهمیت باند مادون قرمز میانی در برآورد تولید گیاهان چندساله تأکید ورزیده‌اند. نتایج این مطالعه به‌طور کلی نشان‌دهنده توانایی داده‌های ماهواره IRS برای برآورد تولید گیاهان در شرایط خشک و نیمه‌خشک است - همان‌طور که در شرایط خشک‌سالی ۱۳۸۶ منطقه در ابتدای فصل با دقت مناسبی تولید مراتع را برآورد کرده است. با توجه به اینکه تصاویر مورد بررسی مربوط به ابتدای اردیبهشت ماه است و با گذشت زمان - مخصوصاً در خردادماه - پوشش گیاهی گسترش

را در رابطه برآورد توده زنده به کمک شاخص Green-NDVI گزارش کردند. شکل ۱۱ پهنه‌بندی میزان تولید مجموع سه گروه گیاهان مورد مطالعه را نشان می‌دهد که به کمک رابطه (۷) تهیه شده است. همان‌طور که شکل ۱۱ نشان می‌دهد، بیشترین میزان تولید مجموع گیاهان مرتعی در دامنه‌های داخلی منطقه وجود دارد و به جز قسمت‌هایی از نواحی حاشیه که زیر کشت غلات رفته‌اند، تولید در ابتدای فصل در نواحی حاشیه‌ای پایین قرار دارد.

تولید گیاهان پهن‌برگ علفی (فورب‌ها) به‌طور مستقل با هیچ‌یک از شاخص‌های گیاهی مورد بررسی، همبستگی معنی‌داری نشان نداد. احتمالاً تولید پایین این گروه از گیاهان در ابتدای فصل رشد و فعالیت فتوسنتز آنها به اندازه‌ای نبوده است که سنجنده بتواند آن را ثبت کند. تولید بوته‌ها نیز به‌طور مستقل با شاخص $GNDVI^1$ و نسبت‌های $LISS_2/LISS_4$ و $LISS_2/LISS_5$ همبستگی معنی‌داری ($P < 0/05$) را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱. برآورد مجموع تولید کل گیاهان به کمک شاخص NDVI

پایین بودن ضرایب همبستگی خصوصاً در مورد برآورد میزان تولید بوته‌ها و گیاهان پهن‌برگ علفی به‌طور مستقل - همان‌طور که ذکر شد - به احتمال قوی به علت کاهش رشد سبزینه‌ای این دو گروه از

- Radiance in Landsat TM Middle and Thermal Infrared Wavebands for the Detection of Tropical Forest Regeneration**, International Journal of Remote Sensing, Vol. 17, PP. 249-261.
- بیشتری می‌یابد، پیشنهاد می‌شود که در طی خردادماه و اوایل تابستان که پوشش گیاهی بیشتری در منطقه وجود دارد، تصاویر ماهواره‌ای IRS مورد ارزیابی قرار گیرند.
- ۴- منابع**
- Anderson, G. L., Hanson, F. D., and Haas, R. H., 1993, **Evaluating Landsat Thematic Mapper Derived Vegetation Indices for Estimating Aboveground Biomass Semiarid Rangelands**, Remote Sensing of Environment, Vol. 45, PP. 165-175.
- Arzani, H., 2002, **Examination of Vegetation Indices for Vegetation Parameters Measurements in Semi Arid and Arid Area**, The Third International Iran and Russia Conference Agriculture and Natural Resources, Vol. 2, PP. 596-603.
- Baret, F., and Guyot, G., 1991, **Potentials and Limits of Vegetation Indices for LAI and APAR Assessment**, Remote Sens. of Environ, 35, PP. 161-173.
- Baret, F., Guyot, G, and Major D., 1989, **TSAVI: A Vegetation Index which Minimizes Soil Brightness Effects on LAI and APAR Estimation**, 12th Canadian Symposium on Remote Sensing and IGARSS "90", Vancouver, Canada, 4.
- Boutton, T.W., Tieszen, L. L., 1983, **Estimation of Plant Biomass by Spectral Reflectance in an East African Grassland**, Journal Range Management, Vol. 36(2), PP. 213-216.
- Boyd, D. S., Foody, G. M., Curran, P. J., Lucas, R. M., Honzak, M., 1996, **An Assessment of**
- Broge, N.M., and Leblanc, E., 2000, **Comparing Predictive Power and Stability of Broadband and Hyperspectral Vegetation Indices for Estimation of Green Leaf Area Index and Canopy Chlorophyll Density**, Remote Sensing of Environment, Vol. 76, PP. 156-172.
- Chen, J. M., 1996, **Optically-based Methods for Measuring Seasonal Variation of Leaf Area Index in Boreal Conifer Stands**, Agricultural and Forest Meteorology, Vol. 80, PP. 135-163.
- Clevers, J. G. P. W., 1988, **The Deviation of Simplified Reflectance Model for Estimation of Leaf Area Index**, Remote Sensing of Environment vol. 25, PP. 53-69.
- Crippen, R.E., 1990, **Calculating the Vegetation Index Faster**, Remote Sensing of Environment Vol. 34, PP. 71-73.
- Curran, P. J., and Williamson, H. D., 1985, **The Accuracy of Ground Data in Remote Sensing Investigations**, International Journal of Remote Sensing, Vol. 23 (10), PP. 1637-1651.
- Dente, L., Satalino, G., Mattia, F., and Rinaldini, M., 2008, **Assimilation of Leaf Area Index Derived from ASAR and MERIS Data Into CERES-Wheat Model to Map Wheat Yield**, Remote Sensing of Environment, Vol. 112, PP. 1395-1407.

- Geerken, R., Ilaiwi, 2004, **Assessment of Rangeland Degradation and Development of Strategy for Rehabilitation**, Remote Sensing of Environment, Vol. 90, Issue 4, PP. 490-504.
- Gitelson, A. A., Kaufman, Y. J., and Merzlyak, M. N., 1996, **Use of Green Channel in Remote Sensing of Global Vegetation from EOS-MODIS**, Remote Sensing of Environment Vol. 58, PP. 289-298.
- Gitelson, A. A., Vina, A., Arkebauer, T. J., Rundquist, D. C., Keydan, G., Leavitt, B., 2004, **Remote Estimation of Leaf Area Index and Green Leaf Biomass in Maize Canopies**, Journal of Plant Physiology, 161, PP. 165-173.
- Goel, N. S., Qin, W., 1994, **Influences of Canopy Architecture on Relationships between Various Vegetation Indices and LAI and FPAR: A Computer Simulation**, Remote Sensing Reviews 10, PP. 309-347.
- Graetz, R. D., Gentle, M. R., Pech, R. P., and Drewien, G., 1983, **The Application of Landsat Image Data to Rangeland Assessment and Monitoring: An Example from South Australia**, Rangeland Journal, Vol. 5, pp. 63-73.
- Haboudane, D., Miller, J. R., Pattey, E., Zarco-Tejada, P. J., and Strachan, I., 2004, **Hyperspectral Vegetation Indices and Novel Algorithms for Predicting Green LAI of Crop Canopies: Modeling and Validation in the Context of Precision Agriculture**, Remote Sensing of Environment, Vol. 90, PP. 337-352.
- Hall, D. O., Scurlock, J. M. O., Bolhar-Nordenkampe, H. O., Leegood, R. C. and Long, S. P., 1993, **Photosynthesis and Production in a Changing Environment: A Field and Laboratory Manual**, Norwell, Massachusetts, USA.
- Huete, A.R., 1988, **A Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)**, Remote Sensing of Environment, Vol. 25, PP. 295-309.
- Iranian Department of Environment, 2002, **Management Plan of Conserved Region (National Park) of Tange Sayyad**, Vegetation cover (Vol. 10), Publication of Iranian Department of Environment (In Persian).
- Ji, L., and Peters, A. J., 2007, **Performance Evaluation of Spectral Vegetation Indices Using a Statistical Sensitivity Function**, Remote Sensing of Environment, Vol. 106, PP. 59-65.
- Jianlong, L., Tiangang, L., and Quangong, C., 1998, **Estimating Grassland Yields Using Remote Sensing and GIS Technologies in China**, New Zealand Journal of Agricultural Research, Vol. 41, PP. 31-38.
- Jordan, C.F., 1969, **Derivation of Leaf Area Index from Quality of Light on Forest Floor**, Ecology vol. 50, PP. 663-666.
- Khavaninzadeh, A. R. 2009, **Study the Possible Mapping of Vegetation Cover Using Landsat TM Data in Nayer Region-Yazd (Iran)**, M.Sc. Thesis in Rangeland Management, Natural Resources Faculty, Esfahan University of Technology (In Persian).

- Lillesands, T. M., Kiefer, R. W., Chapman, J. W., 2004. **Remote Sensing and Interpretation**, 5th ed. John Wiley and Sons, New York.
- Long, Y., Zhou, L., Liu, W. and Zhou Hua-Kun, 2010, Using remote sensing and GIS technology to estimate grass yield and livestock carrying capacity of Alpine Grasslands in Golog Prefecture, China. *Pedosphere* Vol. 20 No. 3, PP. 342-351.
- Loris, V., Damiano, G., 2006, Mapping the green herbage ratio of grassland using aerial and satellite derive spectral reflectance. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, Vol. 115, Issues 1-4, PP. 141-149.
- Moghaddam, M. R., 2001, **Descriptive and Statistical Ecology of Vegetation Cover**, Tehran University Publication. (In Persian).
- Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A.R., Kerr, Y.H., Sorooshian, S., 1994, **A Modified Soil Adjusted Vegetation Index**, *Remote Sensing of Environment* 48 (2), PP. 119-126.
- Richards, A. J., Jia, X., 2006, **Remote Sensing Digital Image Analysis, An Introduction**, 4th ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Richardson, A. J., Wiegand, A. L., 1977, **Distinguishing Vegetation from Soil Background Information**, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 43, No. 12, PP. 1541-1552.
- Rock, B.N., Vogelmann, J. E., Williams, D. L., Vogelmann, A. F., Hoshisaki, T., 1986, **Remote Detection of Forest Damage**, *BioScience*, Vol. 36, PP. 439-445.
- Rondeaux, G., Steven, M., Baret, F., 1996, **Optimization of Soil- adjusted Vegetation Indices**, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 55, PP. 98-107.
- Roujean, J.L., Breon, F. M., 1995, **Estimating PAR Absorbed by Vegetation from Bidirectional Reflectance Measurements**, *Remote Sensing of Environment*, 51, PP. 375-384.
- Rouse, J. W., 1974, **Monitoring the Vernal Advancement of Retrogradation of Natural Vegetation**. NASA/GSFS Type III, Final Report, Greenbelt, MD. 371 PP.
- Schmidt, H., Karnieli, A., 2001, **Sensitivity of Vegetation Indices to Substrate Brightness in Hyper Arid Environment: The Makhtesh Ramon Center Case Study**, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 17, pp. 3503-3520.
- Sims, D. A., Gamon, J. A., 2002, **Relationships Between Leaf Pigment Content and Spectral Reflectance Across a Wide Range of Species, Leaf Structures and Developmental Stages**, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 81 (2-3), PP. 331-354.
- Soleimani, K., TamrTash, R., Alavi, F., Lotfi, S., 2007, **Application of Landsat TM Data for Estimation Rangeland Yield (A Case Study: Sub-basin of Sefidab, Lar Dam)**, *J. of Agriculture and Natural Resources Science and Technology*, Vol. 40, PP. 411-422.
- Tucker, C. J., 1979, **Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation**, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 8, PP. 127-150.

Webster, R., Oliver, M. A., 1990, **Statistical Methods in Soil and Land Resource Survey**, Spatial Information Systems, Oxford University Press, Oxford, 316 P.

Zhang, D. L., Tong, Q., 1998, **Study of the Spectral Mixture Model of Soil and Vegetation in Poyang Lake Area China**, International Journal of Remote Sensing, Vol. 19, PP. 2077-2084.

Zhang, D., Rademacher, J., Chen, J., Crow, T., Bresee, M., Moine, J. L., and Ryu S. R., 2004, **Estimating Aboveground Biomass Using Landsat 7 ETM+ Data Across a Managed Landscape in Northern Wisconsin, USA**, Remote Sensing of Environment, Vol. 93, PP. 402-411.