مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات مرتع و بیابان ایران | شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IJRDR.2021.123850
جلد ۲۸ شماره ۱، صفحه ۳۳-۲۱، (۱۴۰۰) | شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350875.1400.28.1.3.7

ارزیابی شاخص تولید ناخالص اولیه بر اساس NDVI با قدرت تفکیک مکانی سنجنده MODIS در برآورد تولید مراتع (حوضه رزین استان کرمانشاه)

مهشید سوری[۱]، طیبه علیبگی[۲*]، مهدی عرفانیان[۳]، جواد معتمدی[۴] و رستم خلیفه‌زاده[۵]

۱- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۲*-نویسنده مسئول، کارشناس ارشد مرتع‌داری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ایران، پست الکترونیک: tayebealibigi@gmail.com

۳- دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ایران

۴- دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۵- دکترای علوم مرتع، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۶/۰۹ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۸/۲۱

چکیده

پایش مراتع برای تحقیق در مورد تغییرات جهانی و توسعه پایدار، مهم می‌باشد. تولید ناخالص اولیه یکی از عوامل کلیدی برای درک شرایط گراسلند در حال رشد است. محصولات تولید ناخالص اولیه سنجنده MODIS ماهواره‌های Terra و Aqua که بر اساس مدل LUE و داده‌های بازتاب سطح زمین استخراج می‌شوند، به پارامترهای FPAR و بازدهی مصرف نور حساسیت دارند. هدف این مطالعه معرفی یک شاخص بهبودیافته مبتنی بر محصولات تولید ناخالص اولیه و شاخص پوشش گیاهی NDVI سنجنده MODIS می‌باشد. عملیات میدانی از تاریخ ۱۹ اردیبهشت ۱۳۹۴ همزمان با رشد پوشش گیاهی در حوضه مطالعاتی رزین استان کرمانشاه انجام شد. در هریک از تیپ‌ها، مناطق معرف تعیین شد و در هریک از نقاط معرف ۶ عدد ترانسکت ۱۰۰ متری مستقر گردید. در امتداد هر یک از ترانسکت‌ها ۵ عدد پلات به فاصله ۲۰ متر قرار داده شد و در مجموع ۸۴ عدد ترانسکت و ۴۲۰ پلات در سطح حوزه مورد استفاده قرار گرفت. اطلاعاتی مانند نوع تیپ مرتع و میزان علوفه تر واقعی (AFY, kg/ha) در حوضه رزین بررسی شد. در مجموع سه تیپ در حوزه شناسایی گردید. داده‌های تولید ناخالص اولیه تغییریافته با داده‌های اندازه‌گیری شده در حوضه رزین استان کرمانشاه محاسبه و اعتبارسنجی شد. نتایج نشان داد که در تیپ ۱ با R2 معادل ۰/۷۷ شاخص Ss تولید ناخالص اولیه ndvi به‌عنوان شاخص بهبودیافته، در تیپ ۲ شاخص Ss تولید ناخالص اولیه ndvi با R2 ۰/۷۳، تیپ ۳ شاخص Ss تولید ناخالص اولیه ndvi با R2 معادل ۰/۷۱ و در نهایت کل تیپ مرتع شاخص Ss تولید ناخالص اولیه ndvi با R2 معادل۰/۵۱ تعیین گردید. داده‌های تولید ناخالص اولیه تغییریافته یک شاخص قابل قبول برای پایش گراسلند است. به‌طوری‌که دقت برآورد تولید مراتع بر اساس شاخص Ss تولید ناخالص اولیه ndvi، ۸۰ درصد به‌دست آمد. نتایج آماری مقایسه مقادیر برآورد شده با مشاهدات صحرایی حکایت از دقت قابل قبول مدل‌های آماری در برآورد تولید دارد. از آنجایی که داده‌های MODIS دو بار در روز در دسترس می‌باشند، شاخص بهبودیافته می‌تواند نیاز واقعی پایش مراتع را در مقیاس منطقه‌ای پاسخ دهد.

واژه‌های کلیدی: تولید مرتع، تولید ناخالص اولیه، NDVI، کسر پوشش گیاهی.

مقدمه

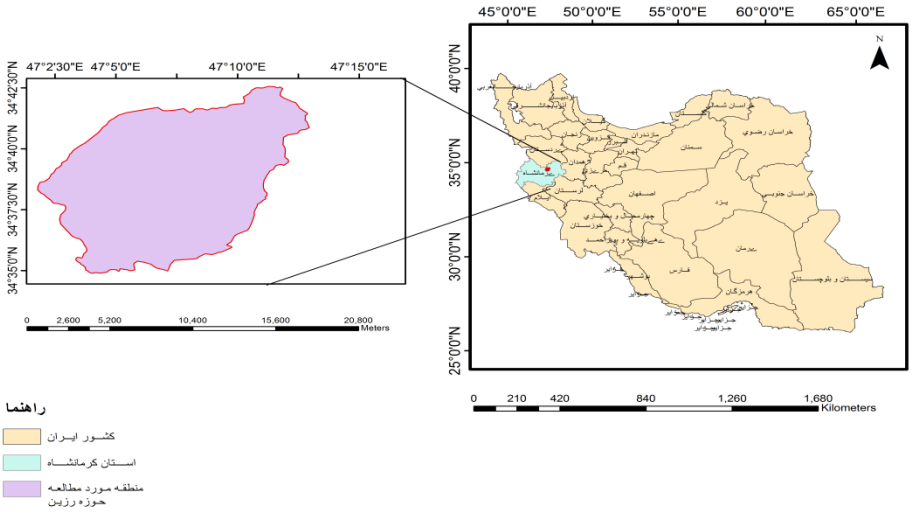
اساسی‌ترین امر در مدیریت صحیح مراتع اندازه‌گیری تولید است. در ارزیابی و اندازه‌گیری مرتع عموما محدودیت زمانی و کارشناسی وجود دارد، ازاین‌رو روشی که انتخاب می‌شود ضمن سریع بودن باید از دقت کافی نیز برخوردار باشد، به‌ویژه زمانی که هدف از اندازه‌گیری تولید، استفاده از داده‌ها برای تخمین ظرفیت مرتع باشد. همچنین این روش باید قادر به نشان دادن تغییرات در طول زمان و قابل استفاده در شرایط مختلف مرتع باشد (Farzadmehr *et al*., 2004). GPP (Gross primary production) یکی از شاخص‌های مورد استفاده در پایش اولیه مراتع است (chen, 2008). تولید ناخالص اولیه به صورت کلی میزان تثبیت کربن از طریق فتوسنتز گیاهی است که برای تعیین مقدار تولید بیوماس در یک اکوسیستم صرف‌نظر از مقدار تنفس تعریف می‌شود (Wu *et al*., 2010). تولید ناخالص اولیه را می‌توان برای تعیین عملکرد محصول و همچنین ذخایر کربن محاسبه کرد. تعیین مقدار دقیق تولید ناخالص اولیه، برای پایش مراتع حیاتی است (Wu *et al*., 2009). روش‌های مختلفی برای برآورد تولید ناخالص اولیه ارائه شده است. به این منظور داده‌های سنجش از دور به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. قابلیت سیستم اطلاعات جغرافیایی در تلفیق لایه‌های اطلاعاتی حاصل از عملیات میدانی و یا سنجش از دور به مراتب بالاتر از روشهای سنتی بوده و بدیهی است که نتیجه حاصل گویاتر و از دقت بالاتری برخوردار است (Farzaneh, 1993). برآورد تولید ناخالص اولیه نه تنها برای تعیین تشخیص تغییرات مکانی و زمانی، بلکه برای تعیین یکنواختی پوشش و مشاهدات اکوسیستم استفاده می‌شود (Wu *et al*., 2010). تولید ناخالص اولیه، یک متغیر مهم در چرخه جهانی کربن است. در حدود نیمی از کربن در برگ، ریشه و چوب گیاهان ذخیره می‌شود و نیمی دیگر از طریق تنفس به اتمسفر برمی‌گردد (Kotchenova *et al*., 2004).اغلب یکی از گسترده‌ترین روش‌های استفاده شده برای برآورد تولید ناخالص اولیه، داده‌های سنجش از دور است. این روش یکی از روش‌های بسیاری است که ممکن است توان پرداختن به حرکات زمانی و مکانی تولید ناخالص اولیه را داشته باشد (Rossini *et al*., 2012). اداره فضانوردی و فضایی آمریکا (ناسا) در سال ۱۹۹۹ تولید ناخالص اولیه برای کل جهان را بر اساس محصولات با قدرت تفکیک مکانی، یک کیلومتر سنجنده MODIS برآورد کرد (Running *et al*., 2004). شاخص NDVI و شاخص EVI در میان شاخص‌های متعدد پوشش گیاهی هر دو از شاخص‌های پوشش گیاهی جهانی هستند که برای آماده نمودن دائمی اطلاعات مکانی و زمانی پوشش گیاهی استفاده می‌شوند (Matsushita *et al*., 2007). شاخص NDVI که کارایی مفید آن در بسیاری از مطالعات مشخص شده است، بر پایه این حقیقت که کلروفیل موجود در ساختار گیاهان قادر است نور قرمز را جذب و لایه مزوفیل برگ نور مادون قرمز نزدیک را منعکس نماید، استوار است. این شاخص با استفاده از فرمول NDVI محاسبه شده و مقدار آن بین اعداد ۱+ تا ۱- تغییر می‌کند. مقادیر منفی در این شاخص حکایت از عدم حضور پوشش گیاهی دارد (Pettorelli *et al*., 2005).به‌طوری‌که کسر پوشش گیاهی (Fractional vegetation coverage) یک شاخص سنجش از دوری است که تداخل پیکسل‌ها را در نظر می‌گیرد. تصاویر پیکسل می‌تواند نماینده قسمت‌های پوشیده شده با پوشش گیاهی و بدون پوشش باشد و در کل نشان‌دهنده وجود پوشش گیاهیست (Zribi *et al*., 2003). مراتع یکی از منابع تجدیدشونده با ارزش هستند که در برنامه توسعه ملی بسیاری از کشورها جایگاه خاصی دارند. روش‌های سنتی اندازه‌گیری تولید مراتع از نظر زمانی و مکانی محدود بوده و در سطح وسیع بسیار دشوار می‌باشند. در این شرایط نمی‌توان با یکبار ارزیابی و اندازه‌گیری در مراتع برای پایش و مدیریت بلندمدت اقدام کرد. بنابراین ذکر این نکته ضروری است که

ارائه شاخص‌های نوین و کاربردی مبتنی بر فن سنجش از دور در برآورد تولید مراتع که از دقت قابل قبول برخودار بوده و با هزینه‌های کمتری در مقایسه با روش‌های میدانی قابل انجام باشند، برای بخش‌های اجرایی و تحقیقاتی ایران بسیار ضروری می‌باشند. بنابراین در این تحقیق سعی شد که یک اندیکاتور یا شاخص بهبودیافته بر اساس محصولات سنجنده MODIS برای ارزیابی پوشش گیاهی، برآورد تولید و پایش مراتع، در مراتع منطقه رزین استان کرمانشاه مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

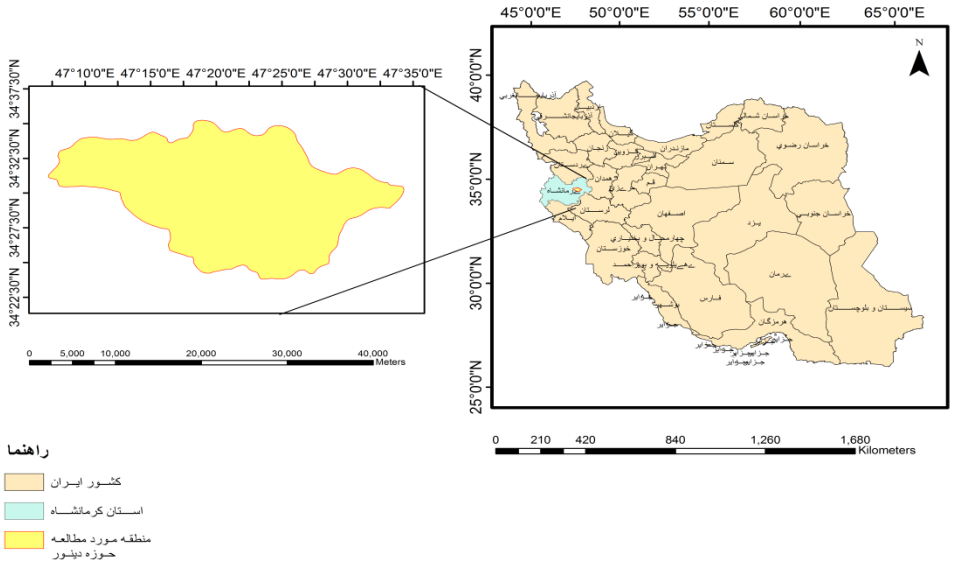
مناطق مورد مطالعه

حوضه آبخیز رزین به‌عنوان حوضه معرف در پروژه بین المللی انسجام سازمانی برای مدیریت منابع طبیعی، با وسعت ۱۴۶۸۸ هکتار در شمال استان کرمانشاه واقع شده است. مختصات جغرافیایی محدوده مورد مطالعه از "۴۵ ' ۰۱ ° ۴۷ تا "۴۳ '۴۳ °۴۷ طول شرقی و "۳۴ '۳۴ °۳۴ تا "۲۷ '۴۲ °۳۴ عرض شمالی می‌باشد (شکل ۱). بر اساس اندازه‌گیری‌های میدانی انجام شده، حوضه رزین شامل ۲۴ واحد همگن بود که ۱۰ واحد آن به باغ و کشاورزی اختصاص داشت و از پژوهش حذف گردید، در مجموع ۱۴ واحد مرتع مورد مطالعه قرار گرفت. تیپ‌های مشاهده شده در سطح حوضه شامل تیپ *Astragalus macrostachys- Stachyis inflata* به مساحت ۱۷۸۶/۶ هکتار با ارتفاع ۲۲۸۰-۱۵۴۰ متر از سطح دریای آزاد در شمال و شمال‌شرقی حوضه واقع شده است. وضعیت این تیپ فقیر و گرایش آن منفی می‌باشد. تیپ *Astragalus -Festuca ovina-Bromus tomentellus gummifera*، این تیپ به مساحت ۶۰۷/۵ هکتار با ارتفاع ۲۲۲۰- ۱۷۲۸ متر از سطح دریای آزاد در شمال و شمال شرقی حوضه واقع شده است. وضعیت این تیپ متوسط و گرایش آن منفی است. تیپ *crinitum -Poa bulbosa-Taeniatherum Medicago rigidula*، این تیپ به مساحت ۲۱۰۸/۷ هکتار با ارتفاع ۱۷۲۰- ۱۵۲۰ متر از سطح دریای آزاد در جنوب حوضه واقع گردیده است. وضعیت این تیپ متوسط و گرایش آن منفی است.



شکل ۱- موقعیت حوضه رزین در ایران و استان کرمانشاه

حوضه آبخیز دینور یکی از زیر حوضه‌های رودخانه گاماسیاب است که آبهای سطحی شمال‌شرق استان کرمانشاه محدوده میان ۴۷/۷ تا ۴۷/۴۲ طول شرقی و ۳۴/۳۳ تا ۳۴/۵۲ عرض شمالی را به سوی این رودخانه زهکشی می‌کند. حوضه دینور در این پژوهش در قالب حوضه شبیه‌سازی شده استفاده گردید (شکل ۲).



شکل ۲- موقعیت حوضه دینور در ایران و استان کرمانشاه

روش کار

عملیات میدانی در تاریخ ۱۹ اردیبهشت ۱۳۹۴ همزمان با رشد پوشش گیاهی در حوضه مطالعاتی رزین انجام شد. بر اساس اندازه‌گیری‌های میدانی انجام شده، حوضه رزین شامل ۲۴ واحد همگن بود که ۱۰ واحد آن به باغ و کشاورزی اختصاص داشت و از پژوهش حذف گردید، در مجموع ۱۴ واحد مرتع مورد مطالعه قرار گرفت. در هر یک از واحدهای مرتع، مناطق معرف تعیین شد. در هر یک از ۱۴ مناطق معرف، ۶ عدد ترانسکت ۱۰۰ متری مستقر گردید. مساحت هر یک از مناطق معرف ۱۰ هکتار بود. در امتداد هر یک از ترانسکت‌ها ۵ عدد پلات ۱ مترمربعی به فاصله ۲۰ متر مستقر شد. در مجموع ۸۴ عدد ترانسکت و ۴۲۰ پلات در سطح حوضه مستقر گردید. اندازه‌گیری تولید به روش قطع و توزین انجام شد.

آماده‌سازی داده‌های ماهواره‌ای

در این مرحله داده‌های ماهواره Terra سنجنده Modis، ۱۶ روزه شاخص NDVI و ۸ روزه تولید ناخالص اولیه مطابق با زمان اندازه‌گیری داده‌های زمینی از وب‌سایت ناسا به‌دست آمد. این محصولات دارای قدرت تفکیک مکانی یک کیلومتر می‌باشند. حداکثر ارزش دو لایه ۱۶ روزه و ۸ روزه NDVI برای محاسبه لایه mNDVI، در طول دوره استفاده شد (رابطه ۱). در حالی که s (g cm^{-2} d^{-1}) تولید ناخالص اولیه، از جمع لایه‌های تولید ناخالص اولیه به‌دست آمد (رابطه ۲).

$$mNDVI = \max(NDVI) \quad (۱)$$

(۲)

تولید ناخالص اولیه = sum (s تولید ناخالص اولیه)

کسر پوشش گیاهی (FVC)

پیکسل‌ها نماینده قسمت‌های پوشیده با پوشش گیاهی و قسمت بدون پوشش گیاهی هستند. فرض بر این بود که NDVI هر پیکسل از دو قسمت تشکیل شده است، پوشیده شده با پوشش گیاهی و بدون پوشش گیاهی (Li *et al.*, 2004). کسر پوشش گیاهی (FVC) با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد.

$$f_{ndvi}=\frac{NDVI-NDVI_{min}}{NDVI_{max-NDVI_{min}}} \qquad (۳)$$

که در آن NDVImin حداقل NDVI برای تصویر mNDVI و NDVImax حداکثر آن است. کسر پوشش گیاهی (FVC) برای کاهش خطای علوفه تر واقعی در دامنه 1Km2 استفاده گردید که به‌وسیله برآورد نمونه به‌دست آمد.

درصد گراسلند (PG)

داده‌های جمع‌آوری شده در تیپ‌های مرتع برای تصمیم گیری در مورد اینکه چند درصد پیکسل‌ها شامل گراسلند بودند، استفاده شد. نقشه PG بر اساس روش زمین‌آماری کریجینگ برای کل منطقه تهیه گردید. این نقشه بیانگر این موضوع است در هر پیکسل سنجنده MODIS عملا چند درصد شامل گراسلند می‌باشد که از اطلاعات و مشاهدات متعدد درصد و نوع پوشش گیاهی در داخل پلات‌های اندازه‌گیری در سطح حوضه بدست آمد.

استخراج شاخص‌های تولید ناخالص اولیه

شاخص‌های Ss تولید ناخالص اولیه و mNDVI از نظر جغرافیایی و زمانی با داده‌های زمان اندازه‌گیری مطابقت داده شد و بر اساس تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس در نرم‌افزار GIS استخراج شدند. لایه استاندارد (SAFY) نیز بر اساس روابط زیر به‌دست می‌آید (Fu *et al.*, 2013).

رابطه (۴) لایه استاندارد AFY(SAFY)

$$SAFY = FVC \times AFY$$

رابطه (۵) شاخص AFY

$$AFY = f\ (Ss\ \text{تولید ناخالص اولیه})$$

رابطه (۶) تولید ناخالص اولیه Ss

$$Ss\ \text{تولید ناخالص اولیه} = PG \times Ss$$

مدل‌سازی

به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، ابتدا لایه‌های مورد نیاز شامل s تولید ناخالص اولیه، Ss تولید ناخالص اولیه، Ss تولید ناخالص اولیه AFY ndvi و SAFY در محیط Arc GIS استخراج شد. سپس رابطه همبستگی بین شاخص‌های s تولید ناخالص اولیه و AFY، Ss تولید ناخالص اولیه و SAFY و Ss تولید ناخالص اولیه ndvi و SAFY برای هر یک از تیپ‌ها و کل تیپ مرتع محاسبه گردید. AFY تابعی از s تولید ناخالص اولیه بود. رابطه همبستگی بین دو شاخص Ss تولید ناخالص اولیه و Ss ndvi تولید ناخالص اولیه توسط شاخص SAFY ایجاد شد. برای کاهش اثرهای تداخل پیکسل‌های شاخص‌های Ss تولید ناخالص اولیه، Ss تولید ناخالص اولیه ndvi و SAFY، لایه‌های PG و FVC استخراج شدند. ازاین‌رو شاخص‌های PG و FVC به‌منظور بهبود وضعیت شبیه‌سازی تولید ایجاد گردیدند.

اعتبارسنجی

رابطه رگرسیونی به‌دست آمده برای هر یک از تیپ‌ها و کل تیپ مرتع اعتبارسنجی هر یک از تیپ‌ها بر اساس یک چهارم داده‌ها انجام شد. با استفاده از R2 و برآورد خطای نسبی

(REE) به‌دست آمده از رابطه رگرسیونی، در هریک از تیپ‌ها شاخصی که R2 بالاتر و REE پایین‌تری داشت به‌عنوان شاخص نمونه انتخاب شد (رابطه ۷). در شبیه‌سازی تولید مرتع از این شاخص استفاده گردید.

$$REE=\sqrt{\sum \frac{[(Y_i-\acute{Y}_i)/\acute{Y}_i]^2}{N}} \qquad (۷)$$

که در آن Y برآورد داده‌های میدانی، $\acute{Y}_i$ برآورد ارزش از مدل‌های رگرسیونی و N تعداد نقاط مدل می‌باشد. برای هر یک از تیپ‌ها ۸۰ درصد داده‌های میدانی برای تهیه مدل‌های رندومی به صورت تصادفی انتخاب و ۲۰ درصد داده‌ها برای اعتبارسنجی استفاده شد. توابع آماری به‌دست آمده برای محاسبه تولید مرتع مورد استفاده قرار گرفت. نتایج شبیه‌سازی با داده‌های برآورد شده مقایسه شد و دقت شبیه‌سازی با استفاده از (رابطه ۸) محاسبه گردید. دقت مدل رگرسیون توسط برآورد خطای نسبی (REE) محاسبه شده اعتبارسنجی شد.

رابطه (۸) دقت شبیه‌سازی

$$P=1-\left|\frac{P_s-P_o}{P_o}\right|$$

Po= داده مشاهداتی صحرایی

Ps= داده تخمینی

شبیه‌سازی تولید مرتع دینور بر اساس شاخص بهبودیافته

تولید مرتع در حوزه دینور حوزه نزدیک به حوزه رزین در تاریخ ۱۳۹۴ بر اساس عملکرد شاخص Ss تولید ناخالص اولیه ndvi شبیه‌سازی شد. مبنای محاسبه برای برآورد میزان تولید در تیپ‌های دینور، تیپ‌های مشابه در حوضه رزین بود. تولید مرتع برای هر یک از تیپ‌های حوزه دینور با استفاده از رابطه رگرسیون تیپ‌های مشابه حوضه رزین برآورد شد.

نتایج

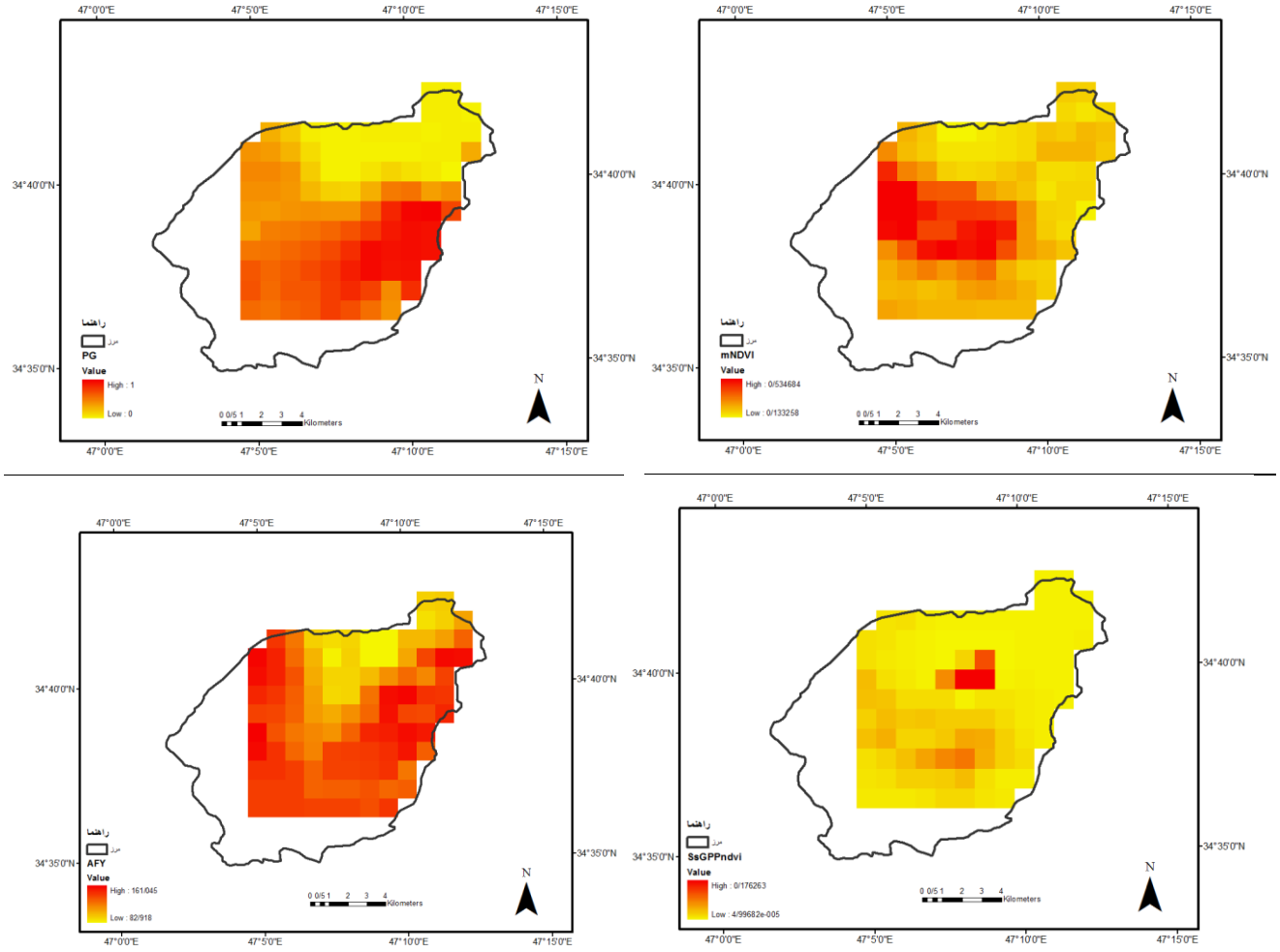
استخراج لایه‌های اولیه

همبستگی بین s تولید ناخالص اولیه و AFY، Ss تولید ناخالص اولیه و SAFY، Ss تولید ناخالص اولیه ndvi و SAFY و رابطه خطی بین سه نوع تیپ در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که مقدار R2 در شاخص sتولید ناخالص اولیه نسبت به شاخص Ss تولید ناخالص اولیه و شاخص Ss تولید ناخالص اولیه ndvi در بیشتر موارد کمتر بود. در حالی که میزان REE بالاتر بود. مقدار R2 برای هر سه تیپ بررسی شد. در تمامی تیپ‌ها و کل تیپ مرتع میزان R2 در شاخص Ss تولید ناخالص اولیه ndvi نسبت به بقیه شاخص‌ها بالاتر بود. در مقایسه با شاخص Ss تولید ناخالص اولیه، شاخص Ss تولید ناخالص اولیه ndvi همبستگی بهتری با شاخص SAFY نشان داد. همچنین نتایج نشان داد که شاخص Ss تولید ناخالص اولیه ndvi گزینه مناسبی برای شبیه‌سازی تولید می‌باشد. طبق این نتایج شاخص Ss تولید ناخالص اولیه ndvi اصلاح شده یک شاخص بهبودیافته برای شبیه‌سازی تولید نسبت به شاخص Ss تولید ناخالص اولیه بود.

جدول ۱- همبستگی بین تولید ناخالص اولیه و AFY، Ss تولید ناخالص اولیه و SAFY، Ss تولید ناخالص اولیه ndvi و SAFY برای هر سه تیپ و کل مرتع

تیپ	نقاط مدل	نقاط اعتبارسنجی	انواع تولید ناخالص اولیه	رابطه همبستگی	R^2	REE (٪)
تیپ۱	۳۰	۱۰	s تولید ناخالص اولیه	Y=۱۰۷۵/۴x+۸۴/۲۸۱	۰/۵۳	۱۵
			Ss تولید ناخالص اولیه	۲۸/۳۹ x +۶۷۳۳/۸Y=	۰/۶۱	۱۳
			Ss تولید ناخالص اولیه ndvi	۱۶/۵۹۵x+۱۰۲۶۶۰Y=	۰/۷۷	۱۲
تیپ ۲	۱۳	۵	s تولید ناخالص اولیه	۱۱۱/۰۹x+۹۱۸/۸۸Y=	۰/۵۷	۱۲
			Ss تولید ناخالص اولیه	۳۲/۵۳۷x+۲۴۵۰۶Y=	۰/۵۴	۱۰
			Ss تولید ناخالص اولیه ndvi	۵۶/۱۲۶x+۳۱۱۳۳Y=	۰/۷۳	۷
تیپ ۳	۱۹	۷	s تولید ناخالص اولیه	Y=۵۲۴/۴۵x+۱۲۳/۰۳	۰/۴۱	۱۲
			Ss تولید ناخالص اولیه	Y=۱۱۰۴۱x+۴۳/۱۵۲	۰/۴۵	۷
			Ss تولید ناخالص اولیه ndvi	Y=۵۴۹۹۹x+۶۱/۴۹۶	۰/۷۱	۵
کل مرتع	۶۳	۲۱	s تولید ناخالص اولیه	Y=۱۲۷۶/۱x+۸۹/۳۹۴	۰/۲۹	۲۴
			Ss تولید ناخالص اولیه	Y=۴۳۳۷/۹x+۴۸/۳۱۹	۰/۴۸	۲۱
			Ss تولید ناخالص اولیه ndvi	Y=۴۸۱۴۶x+۴۶/۹	۰/۵۱	۲۰

مقادیر پررنگ نشان‌دهنده بزرگترین مقدار R^2 برای هر گروه است.



شکل ۳- لایه‌های تولید شده PG(a), $SsGPP_{ndvi}$(b), mNDVI(c), AFY(d)

شبیه‌سازی تولید مرتع در حوضه دینور بر اساس شاخص بهبودیافته

طبق نقشه PG به‌دست آمده تیپ ۱ و ۲ مشاهده شده در حوضه رزین، در درون حوضه دینور قرار گرفت؛ سایر تیپ‌هایی که در منطقه مشاهده شد شامل اراضی دیم و باغ‌ها بود که برای تخمین میزان تولید متوسط استفاده نشد (جدول ۲).

جدول ۲- تیپ‌های موجود در حوضه دینور

تعداد پیکسل	طبقه پوشش اراضی
۱۱	تیپ ۱
۱۸	تیپ ۲
۳	اراضی دیم
۱۸	باغ‌ها

میزان تولید در پیکسل‌های مشاهده شده در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- میانگین تولید در پیکسل‌ها

میانگین تولید (کیلوگرم در هکتار)	تعداد پیکسل	تیپ
۸۰	۳	۱
۱۸۱/۸۱	۶	۲

مجموع تولید دو تیپ مرتعی دینور ۲۶۱/۸۱ کیلوگرم در هکتار شبیه‌سازی شد. دقت برآورد مجموع تولید تیپ بر اساس روش شبیه‌سازی میدانی ۸۰٪ بود (جدول ۴). نتایج حاصل از شبیه‌سازی آماری با شرایط میدانی در بیشتر موارد سازگار بودند. Ss تولید ناخالص اولیه ndvi یک شاخص بهبودیافته بود و نیازهای میدانی را پاسخ داد. در این مطالعه یک شاخص بهبودیافته برای پایش گراسلند بر اساس داده‌های MODIS تولید ناخالص اولیه و NDVI پیشنهاد شد. هر دو داده MODIS تولید ناخالص اولیه و NDVI اصلاح شده با استفاده از آنالیز همبستگی SAFY، برای هر سه تیپ و کل مرتع رزین مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که با توجه به میزان ضریب R2 ، زمانی که NDVI اصلاح شده شاخص Ss تولید ناخالص اولیه در آنالیز همبستگی مورد استفاده می‌گیرد، رابطه بهبود می‌یابد. دقت شبیه‌سازی تولید گراس به وسیله شاخص Ss تولید ناخالص اولیه ndvi، ٪۸۰ برآورد شد. نتایج آمار ماهواره‌ای با شرایط میدانی در اغلب موارد مطابق بود. بنابراین Ss تولید ناخالص اولیه ndvi نسبت به Ss تولید ناخالص اولیه یک شاخص بهبودیافته مناسب‌تر برای شبیه‌سازی تولید گراس است و نیازهای عملی را برای برآورد تولید برطرف می‌کند.

جدول ۴- برآورد تولید متوسط گراسلند بر اساس داده‌های زمینی و شبیه‌سازی در تیپ‌های حوضه دینور

ناحیه	داده‌های شبیه‌سازی شده	داده‌های زمینی	دقت (٪)
تیپ ۱	۸۰	۱۱۰	۷۳
تیپ ۲	۱۸۱/۸۱	۲۲۰	۸۳
مجموع تولید	۲۶۱/۸۱	۳۳۰	۸۰

مقایسه بین داده‌های زمینی و داده‌های شبیه‌سازی شده در حوزه دینور در جدول (۴) ارائه شد. بالاترین دقت در تیپ ۲ با میزان ۸۳ درصد گزارش شد.

بحث

نتایج این تحقیق بیانگر این مطلب بود که آنالیز همبستگی برای نوع خاصی از مرتع یا تیپ، با توجه به میزان R^2 به‌دست آمده رابطه قوی‌تری نسبت به آنالیز همبستگی برای کل تیپ مرتع داشت. در مقایسه با شاخص Ss تولید ناخالص اولیه، Ss تولید ناخالص اولیه ndvi همبستگی بهتری با شاخص SAFY دارد که به‌دلیل استفاده از عامل $NDVI^2$ است. این نتایج نشان داد که شاخص Ss تولید ناخالص اولیه ndvi گزینه مناسب‌تری برای شبیه‌سازی تولید می‌باشد. در شاخص $SsGP_{ndvi}$ عامل $NDVI^2$ در نظر گرفته شد، در حالی که در Ss تولید ناخالص اولیه این شاخص در نظر گرفته نشد. در این مطالعه NDVI به عنوان نماینده € و FPAR عمل می‌کند. این دو نماینده نقش مهمی در عدم قطعیت داده‌های MODIS تولید ناخالص اولیه دارند. Wu و Niu (۲۰۱۲)، نشان دادند که استفاده از شاخص NDVI می‌تواند عدم قطعیت داده‌های MODIS را کاهش دهد و تأثیر مثبتی بر محصولات MODIS داشته باشد. این شاخص تأثیر مثبتی بر تغییر محصولات MODIS تولید ناخالص اولیه داشت. طبق این نتایج شاخص Ss تولید ناخالص اولیه ndvi اصلاح شده شاخص بهبودیافته‌ای برای شبیه‌سازی تولید نسبت به شاخص Ss تولید ناخالص اولیه است. نتایج حاصل از آنالیز همبستگی انجام شده بین شاخص‌های s تولید ناخالص اولیه و AFY، Ss تولید ناخالص اولیه و SAFY، Ss تولید ناخالص اولیه $_{ndvi}$ و SAFY نشان داد که در تیپ *Astragalus macrostachys- Stachyis inflata* با ۱۰ نقطه اعتبارسنجی، تیپ*-Festuca ovina gummifera Astragalus Bromus tomentellus* با ۵ نقطه اعتبارسنجی، تیپ *-Poa bulbosa-Medicago rigidula Taeniatherum* با ۷ نقطه و کل تیپ مرتع با ۲۱ نقطه، میزان همبستگی برای تیپ *-Poa bulbosa-Medicago rigidula Taeniatherum* بین دو شاخص، Ss تولید ناخالص اولیه ndvi و SAFY با R^2 معادل ۰/۷۷ به‌دست آمد. تیپ - *Astragalus Festuca ovina-Bromus tomentellus gummifera* میزان همبستگی را بین شاخص‌های Ss تولید ناخالص اولیه ndvi و SAFY با R^2 معادل ۰/۷۳ نشان داد. در مورد تیپ*Astragalus macrostachys- Stachyis inflata* بیشترین همبستگی بین شاخص‌های Ss تولید ناخالص اولیه ndvi و SAFY با R^2 ۰/۷۱ بود. در نهایت در مورد کل تیپ مرتع، میزان همبستگی بین شاخص‌های Ss تولید ناخالص اولیه ndvi و SAFY با R^2 معادل ۰/۵۱ بود. Xinyu و همکاران (۲۰۱۴) آنالیز همبستگی برای چهار نوع تیپ مرتعی شامل چمنزار آلپی، چمنزار مردابی کوهستانی، علفزار بوته‌ای کوهستانی و گراس چوبی کوهستانی و همچنین برای کل تیپ مرتع را در منطقه سیچوان چین انجام دادند. بدین صورت که در تیپ چمنزار آلپی میزان همبستگی برای شاخص Ss تولید

ناخالص اولیه ndvi نسبت به دو شاخص s تولید ناخالص اولیه و Ss تولید ناخالص اولیه به میزان ۰/۷۸ بیشتر بود. در مورد تیپ چمنزار مردابی کوهستانی بالاترین همبستگی مربوط به شاخص Ss تولید ناخالص اولیه با میزان ۰/۶۵ گزارش شد. تیپ بوته‌زار علفزار کوهستانی بالاترین همبستگی را با R^2 ۰/۷۷ مربوط به شاخص Ss تولید ناخالص اولیه ndvi داشت. در تیپ گراس چوبی کوهستانی بیشترین همبستگی مربوط به Ss تولید ناخالص اولیه ndvi با R^2 ۰/۷۷ گزارش شد. در مورد کل تیپ مرتع همبستگی با میزان R^2 ۰/۶۴ مربوط به شاخص Ss تولید ناخالص اولیه ndvi بود. به نظر ایشان رابطه قوی‌تری با توجه به میزان R^2 برای نوع خاصی از مرتع یا تیپ نسبت به کل تیپ مرتع وجود دارد. آنان همچنین دقت شبیه سازی برای سایر مراتع استان سیچوان را ۸۵ درصد تخمین زدند. بنابراین نتایج تحقیقات بیانگر این مطلب بود که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. این تحقیق نشان داد که استفاده از شاخص NDVI که در محدوده باندهای مادون قرمز و مادون قرمز نزدیک قرار دارد با ترکیب سایر شاخص‌های MODIS می‌تواند میزان تولید را با دقت بالاتری تخمین بزند. شاخص NDVI می‌تواند به‌عنوان شاخص کارایی برای تخمین میزان تولید استفاده شود. در این زمینه ارزانی (۱۳۷۶) نیز معتقد است که شاخص NDVI و دیگر شاخص‌هایی که بر مبنای ترکیب باندهای ۳ و ۴ تی‌ام و طول موج‌های ۰/۷-۰/۶ میکرومتر هستند، با دقت بیشتری میزان تولید بیوماس را برآورد می‌کنند. همچنین Darwish Sefat (۱۹۹۸) شاخص NDVI را در تعیین میزان نسبی پوشش گیاهی مؤثر دانست. Vahedi (۱۹۹۹)، با استفاده از اطلاعات تک باندها و تعیین بهترین آنها برای نمایش درصد پوشش گیاهی به این نتیجه رسید که درصد پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه او با باندهای لندست ۳ و لندست ۴ رابطه معنی‌داری دارد. این نتایج نشان داد با استفاده از باندهای ذکرشده، تخمین پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه امکان‌پذیر است. Mottaqi (۲۰۰۲)، چنین بیان کرد که همبستگی بالایی بین داده‌های تولید با شاخص‌های طول موج مادون قرمز کوتاه در ماهواره لندست وجود دارد. همچنین ایشان نشان دادند که شاخص‌های NDVI و RVI و دیگر شاخص‌های مشابه آنها همبستگی نسبتاً خوبی با داده‌های تولید داشتند. Farzadmehr و همکاران (۲۰۰۴) نشان داد که شاخص NDVI قابلیت تخمین پوشش و تولید گیاهان مرتعی را دارد. نتایج مذکور بیانگر این واقعیت است که نقشه حداکثر شاخص پوشش گیاهی NDVI در دوره رشد گراسلندها کاربرد دارد. به‌نحوی‌که همبستگی بالایی با مقادیر تولید اندازه‌گیری شده در منطقه دارد و در برآورد تولید مراتع باید به‌عنوان یکی از مهمترین شاخص‌های پوشش گیاهی مورد توجه محققان قرار گیرد. همچنین محصولات NDVI و تولید ناخالص اولیه این امکان را در اختیار محققان قرار می‌دهد که بر اساس متدولوژی تحقیق و با صرف هزینه و زمان کمتر، برآورد تولید مراتع را در سطح وسیع انجام دهند. البته این نکته را باید مدنظر داشت که تأثیر فاکتورهای محیطی و اکولوژیکی هر منطقه در نوع رفتار طیفی گیاهان آن منطقه مؤثر می‌باشد. این نکته به محدودیت استفاده از اطلاعات تک باندها می‌انجامد. بنابراین در پایان پیشنهاد می‌شود که داده‌های سنجش از دور برای برآورد میزان تولید مراتع به دلیل سرعت، دقت قابل قبول و کاهش هزینه نسبت به روشهای میدانی اندازه‌گیری پوشش گیاهی استفاده شود. همچنین استفاده از دیگر شاخص‌های گیاهی سنجنده MODIS برای مقایسه آن با شاخص‌های به‌کاررفته در این تحقیق برای معرفی مناسب‌ترین شاخص‌ها برای پایش مراتع در ایران استفاده شود.

منابع مورد استفاده

– Chen, Q.G., 2008. Current status and development of grassland monitoring in China. Journal of Particulate Science, 25: 29–38.

– Darwish Sefat, A. A., 1998. Estimating the accuracy of thematic maps of GIS database. Fifth Conference on

2565–2584.
– Running, S.W., Nemani, R.R., Heinsch, F.A., Zhao, M., Reeves, M. and Hashimoto, H., 2004. A continuous satellite-derived measure of global terrestrial primary production. Journal of Bioscience, 54 (6):547–560.
– Vahedi, R., 1999. Investigating the possibility of estimating vegetation percentage using Landsat TM satellite digital data in Semirom Region, M.Sc. Thesis, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, 112 p.
– Wu, C. and Niu, Z., 2012. Modelling light use efficiency using vegetation index and land surface temperature from MODIS in Harvard Forest. Journal of Remote Sensing, 33(7): 2261–2276.
– Wu, C., Han, X., Ni, J., Niu, Z. and Huang, W., 2010. Estimation of gross primary production in wheat from in situ measurements. Int. Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 12(3): 183–189.
– Wu, C., Niu, Z., Tang, Q., Huang, W., Rivard, B. and Feng, J., 2009. Remote estimation of gross primary production in wheat using chlorophyll-related vegetation indices. Agricultural and Forest Meteorology, 149(6-7): 1015–1021.
– Wu, C.Y., Niu, Z. and Gao, S.A., 2010. Gross primary production estimation from MODIS data with vegetation index and photosynthetically active radiation in maize. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 115(D12), 127p.
– Xinyu, F., Chuanjhang, T., Xuxiao, Z., Jingying, F. and Dongjiang, G., 2014. An improved indicator of simulated grassland production based on MODIS NDVI and GPP data: A case study in the Sichuan province, China. Journal of Ecological Indicators, 40(12): 102–108.
– Xu, B., Yang, X., Tao, W., Qin, Z., Liu, H. and Miao, J., 2007. Remote sensing monitoring upon the grass production in China. Acta Ecologica Sinica, 27(2): 405–413.
– Zribi, M., Le Hegarat-Mascle, S., Taconet, O., Ciarletti, V. and Vidal-Madjar, D., 2003. Derivation of wild vegetation cover density in semi-arid regions: ERS2/SAR evaluation. International Journal of Remote Sensing, 24(6): 1335–1352.

Geographic Information Systems, Tehran, Iran.
– Farzad Mehr, J., 2004. Estimation of rangeland vegetation and vegetation characteristics in steppe and semi-steppe vegetation areas using data from Landsat Vespat satellites, PhD thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 175 p.
– Farzadmehr, J., Arzani, H., Darvish Sefat, A. A. and Jafari., M., 2004. Investigation of Landsat satellite data capability in estimating canopy cover and vegetation production (Case study: Hana-Semirom semi-steppe region), Journal of Natural Resources of Iran, 1 (2): 15-75.
– Farzaneh, A., 1993. Application of GIS in Natural Resources. Journal of Forests and Rangelands, 2 (3): 12-15.
– Fu, X.Y., Tang, C.J., Zhang, X.Y., Zhou, S., Huang, Y.H. and Jang, D., 2013. Estimation of grass yield based on MODIS data in Sichuan Province, China. Journal of Geo-Information Scince, 15(4): 611–617.
– Kotchenova, S.Y., Song, X., Shabanov, N.V., Potter, C.S., Knyazikhin, Y. and Myneni, R.B., 2004. Lidar remote sensing for modeling gross primary production of deciduous forests. Remote Sensing of Environment, 92 (2):158– 172.
– Li, M.M., Wu, B.F., Yan, C.Z. and Zhou, W.F., 2004. Estimation of vegetation fraction in the Upper Basin of Miyun reservoir by remote sensing. Journal of Resource Science, 26 (4): 153–159.
– Matsushita, B., Wei, Y., Jin, C., Yuyichi, O. and Guoyn, Q., 2007. Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to topographic effects: A case study in high-density Cypress forest. Sensors www.mdpi.org/sensors, 7(11):2636-2651.
– Mottaqi, M.R., 2002. Application of digital images of TM sensor in the study of rangeland vegetation, a case study of Jahannama Protected Area, Master Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 121 p.
– Rossini, M., Cogliati, S., Meroni, M., Migliavacca, M., Galvagno, M., Busetto, L., Cremonese, E., Julitta, T., Siniscalco, C., di Cella, U.M. and Colombo, R., 2012. Remote sensing-based estimation of gross primary production in a subalpine. Journal of Grassland, 9 (7):

Evaluation of GPP based on NDVI index with MODIS spatial resolution sensor in estimating rangeland production (Resin Basin of Kermanshah Province)

M. Souri[1], T. Alibeygi[2*], M. Erfaniian[3], J. Motamedi[4] and R. Khalifezadeh[5]

1-Assistant Professor, Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
2*- Corresponding author, M.Sc. Graduate of Range Management, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran
3-Associate Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran
4-Associate Professor, Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
5- Ph.D. in Rangeland Sciences, Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 08/31/2018 Accepted: 11/12/2019

Abstract

Gross primary production is one of the key factors for understanding growing grassland conditions and rangeland monitoring. The present study aims to introduce an improved index based on the primary GDP and NDVI vegetation index of MODIS. In this regard, field operations were carried out in May, simultaneously with the growth of vegetation in the Rasin basin of Kermanshah province. In each of the types, reference areas were determined, and six (100-meter) transects were deployed in each of the representative points. Along each transect, five plots were placed at a distance of 20 meters, and a total of 84 transects and 420 plots were used in the field. Information such as rangeland type and actual fresh forage (AFY, kg/ha) were determined in the Rasin basin. In general, three types were identified in the field. Modified primary GDP data were calculated and validated with the measured data in the Rasin basin of Kermanshah province. The results showed that, in type 1, with R^2 equal to 0.77 Ss index of gross primary production of NDVI as an improved index, in type 2, Ss index of primary production of NDVI with R^2 0.73, in type 3, Ss index of gross primary production NDVI with R^2 equal to 0.71, and finally, for the whole rangeland type, Ss index of gross primary production of NDVI with R^2 equal to 0.51 was determined as the improved index. The results also showed that the modified primary GDP data is an acceptable indicator for monitoring grasslands. The accuracy of estimating rangeland production based on the Ss index of gross primary production of NDVI was 80%. The statistical results of comparing the estimated values with field observations indicate the acceptable accuracy of statistical models in estimating production. Also, since MODIS data is available twice a day, the improved index can supply the real need for rangeland monitoring on a regional scale.

Keywords: Rangeland production, Gross Primary Production, NDVI, vegetation fraction.