

تخمین و پهنه‌بندی تولید با استفاده از تصاویر لندست ۸ در مراتع سبلان

اردوان قربانی^{۱*}، اردشیر پورنعمتی^۲ و محسن پناهنده^۳

*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، پست الکترونیک: ardavanhca@yahoo.com

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- کارشناس ارشد، سازمان فضایی ایران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۹/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۶

چکیده

تخمین و پهنه‌بندی تولید مراتع یکی از مسائل مهم برای مدیریت اصولی این اکوسیستم‌ها می‌باشد. هدف از این تحقیق، برآورد تولید گروه‌های گیاهی و تولید کل با استفاده از داده‌های ماهواره لندست ۸ در مراتع کوهستانی سبلان می‌باشد. تصاویر تاریخ ۲۸ تیر ۱۳۹۲ برداشت میدانی در اردیبهشت و خردادماه ۱۳۹۲ با توجه به تطابق رشد حداکثری فنولوژیکی منطقه در نزدیک‌ترین تاریخ به زمان تصویربرداری انجام شد. ۲۴ واحد نمونه‌برداری در سطح ۶ تیپ گیاهی مشخص شد. در هر واحد نمونه‌برداری ۹ پلات بر اساس مطالعات قبلی و حداقل نمونه مورد نیاز و با توجه به واریانس پراکنش پوشش گیاهی به صورت تصادفی - سیستماتیک تعیین و تولید گروه‌های گیاهی در قالب گراس‌ها، فورب‌ها، بوته‌ای‌ها و تولید کل برداشت شد. ابتدا برای محاسبه شاخص‌های گیاهی، میانگین رقومی ۱۶ پیکسل محل واحدهای نمونه‌برداری حاصل از تصاویر تصحیح شده به محیط نرم‌افزار انتقال داده شد. ماتریس همبستگی بین میانگین پیکسل‌ها و داده‌های میدانی برای ۲۴ شاخص گیاهی انتخاب شده برای تولید هر فرم رویشی و کل استفاده شد. نتایج نشان داد که شاخص‌های RVI، TNDVI و GNDVI بالاترین ضریب همبستگی را با تولید گراس‌ها، شاخص‌های PD312، IO و PD311 با تولید فورب‌ها، شاخص‌های RDVI، DVI و RVI با تولید بوته‌ای‌ها و PD311، PD321 و PD312 با تولید کل دارند ($P < 0.01$). در مرحله دوم، سه شاخص دارای بالاترین ضریب همبستگی با تولید هر گروه و کل از مرحله قبل انتخاب و با استفاده از تصاویر لندست ۸ نقشه پهنه‌بندی تولید آنها محاسبه شد. نقشه‌های تولید هر گروه و تولید کل با نقاط نمونه‌برداری برای ارزیابی صحت کنترل شد. نتایج نشان داد که بهترین نقشه تخمین و پهنه‌بندی برای تولید گراس‌ها با شاخص TNDVI، فورب‌ها با PD312، بوته‌ای‌ها با RVI و تولید کل با PD311 می‌باشد. قابل ذکر است که شاخص‌های مشترک مانند PD311 و RVI بین فرم‌های رویشی و تولید کل نیز وجود دارند ($P < 0.01$) و ($P < 0.05$). این اشتراک بین تولید کل و فورب‌ها بیشتر است. در کل با توجه به نتایج می‌توان از داده‌های لندست ۸ برای تخمین و پهنه‌بندی تولید گروه‌های گیاهی و کل مراتع سبلان برای تعیین ظرفیت مرتع که در مقایسه با روش‌های زمینی از نظر زمانی، پوشش سطح وسیع با توان تکرار و هزینه بسیار مطلوبتر می‌باشد، استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: ظرفیت مرتع، سنجش از دور، شاخص‌های گیاهی، مراتع کوهستانی، استان اردبیل.

مقدمه

(Ebrahimi et al., 2010). تولید گیاهی بالای سطح خاک

و یا مقدار زیست توده در هر زمان یکی از ویژگی‌های مهم در هر اکوسیستم می‌باشد و بخش مهمی از چرخه کربن و از

تولید گیاهی بالای سطح خاک، زیست توده یا انرژی کل یک اکوسیستم در طول یک فصل یا سال می‌باشد

شاخص‌های کلیدی عملکرد یک اکوسیستم است (Paruelo et al., 2000؛ Lobell et al., 2002؛ Salis et al., 2006). برای اندازه‌گیری تغییرات زیست توده بالای سطح خاک و تعیین ظرفیت تولیدی مراتع روش‌های زیادی توسعه پیدا کرده است، که در کل به دو گروه شامل: روش‌های زمینی و سنجش از دوری قابل تفکیک می‌باشند. روش‌های زمینی برای اندازه‌گیری تولید مشکل، مخرب، زمان‌بر، پرهزینه و نیاز به نیروی انسانی زیادی دارند (Paruelo et al., 2000؛ Hazarika et al., 2005 و Xie et al., 2009). بنابراین، تلاش شده است با انجام مدل‌سازی رابطه بین عوامل مختلف پوشش سطحی مانند تاج پوشش با تولید و یا ارتفاع گیاه با تولید بر مشکلات زمینی فایده‌آیند. یکی از پارامترهایی که بیشتر در ارزیابی‌های مختلف مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از شاخص تاج پوشش گیاهی و استخراج رابطه آن با تولید مراتع بوده است. در مجموع برای دستیابی به داده‌های به روز از مراتع نیاز به توسعه یک روش سریع، مقرون به صرفه و غیر مخرب که منجر به برآورد تولید قابل اعتماد و مؤثر در تصمیمات مدیریتی مناسب باشد، ضروریست (Hangs et al., 2011). این امر ایجاب می‌کند که از روش‌ها و تکنولوژی‌های نوین مانند سنجش از دور که دارای قابلیت‌های بهتری نسبت به روش‌های زمینی هستند در ارزیابی تولید استفاده گردد (Zheng et al., 2004؛ Lu, 2005؛ Olexa & Lawrence, 2014). با توجه به مزایای روش‌های سنجش از دوری، در سطح دنیا با استفاده از این تکنولوژی تحقیقات نسبتاً زیادی در زمینه‌های مختلف از جمله بررسی و ارزیابی تولید در سطح مراتع انجام شده است. به‌طور مثال، Paruelo و همکاران (۲۰۰۰) در مراتع نیمه مرطوب آرژانتین با استفاده از داده‌های دو ماهواره National Oceanic and Atmospheric (NOAA) Administration و Landsat اقدام به تخمین تولید کرده و نتایج آنان نشان داد که شاخص NDVI و کالیبراسیونی از معادلات، تخمین قابل قبولی از تولید را در این مرتع نشان داده است. همچنین Long و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از داده‌های ماهواره Moderate Resolution (MODIS) و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از داده‌های ماهواره IRS LISS III اقدام به تخمین تولید در غالب تولید

Imaging Spectrometer و شاخص NDVI گراسلندهای مناطقی از چین را محاسبه و ضریب همبستگی ۰/۵۱ را بین این شاخص و بیوماس بخش هوایی گندمیان به‌دست آورده‌اند. آنان گزارش کردند که این ضریب در حد قابل قبول برای برآورد بیوماس گندمیان منطقه مناسب می‌باشد و می‌توان ظرفیت واحد دامی منطقه را با این نتایج مشخص کرد. Xiaoping و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از داده‌های برداشت شده از طریق اسپکترورادایومتر (Analytical Spectral Devices) در غالب سنجنده ابر طیف، اقدام به برآورد بیوماس مراتع کانان با استفاده از سه شاخص RVI، NDVI و SAVI کرده و نتیجه گرفتند که شاخص RVI دارای کمترین خطا نسبت به شاخص‌های دیگر بوده و می‌توان تولید مراتع منطقه را با استفاده از تصاویر ابر طیف این سنجنده تخمین زد. Wagel و همکاران (۲۰۱۴) با ارزیابی سه شاخص EVI، NDVI و LSWI بر پایه تصویر MODIS در بررسی پویایی فصلی و تغییرات سالانه چمنزارهای پابلند اوکلاهما و الینویز در شرایط خشکسالی اقدام و نتیجه گرفتند که شاخص EVI نسبت به دو شاخص دیگر پویایی فصلی را بهتر بیان می‌کند. در ایران نیز در دو دهه گذشته تحقیقات نسبتاً زیادی برای سنجش اطلاعات سطح زمین از جمله برآورد تولید انجام شده است. به‌طور مثال، Yeganeh و همکاران (۲۰۰۸) در مراتع سمیرم اقدام به برآورد تولید گیاهان با استفاده از تصویر سنجنده MODIS کرده و نتایج آنان نشان داد که شاخص باندهای Short Wave Infrared (SWIR) بکار رفته، همبستگی بالایی با داده‌های زمینی دارد، همچنین شاخص‌های NDVI، SAVI، RVI و دیگر شاخص‌های مشابه که از باندهای مادون قرمز و مادون قرمز نزدیک ایجاد شده‌اند دارای همبستگی نسبتاً متوسطی با داده‌های تولید مرتع بوده‌اند. آنان همچنین گزارش کرده‌اند که شاخص‌های تولیدی از باندهای SWIR سنجنده MODIS تخمین تولید گیاهی را در مقیاس بزرگ منطقه بهتر برآورد می‌کند. Zarineh و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از داده‌های ماهواره

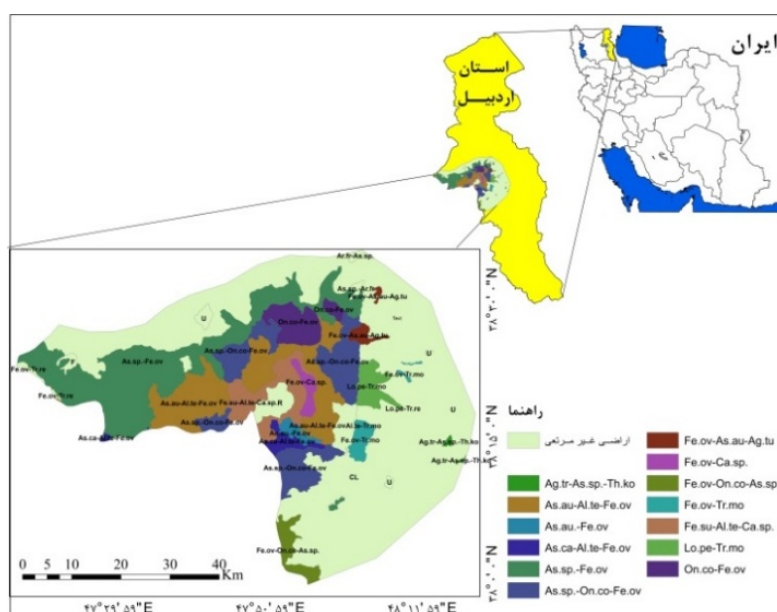
است، بنابراین این مطالعه با هدف امکان‌سنجی برآورد تولید گروه‌های گیاهی و تولید کل مراتع سبلان با پستی و بلندی زیاد و به‌منظور تعیین شاخص گیاهی مناسب منطقه با استفاده از این تصاویر انجام شده است.

مواد و روش‌ها

خصوصیات منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه مراتع روستایی و عشایری بیلاقی کوهستان سبلان واقع در استان اردبیل (شهرستان‌های اردبیل، نیر و مشکین‌شهر) در مختصات "۰۹:۰۰:۴۷ تا "۰۵:۱۲:۴۸ طول شرقی و "۳۲:۲۱:۳۸ تا "۰۱:۱۵:۳۸ عرض شمالی و به مساحت ۲۵۷۰۰۰ هکتار می‌باشد (شکل ۱). تغییرات ارتفاع از ۱۱۵۰ تا ۴۸۱۱ متر از سطح دریا می‌باشد، که این اختلاف ارتفاع زیاد بر لزوم تصحیح توپوگرافیکی تصویر ماهواره‌ای تأکید می‌کند. با توجه به اینکه تولید مراتع تحت تأثیر پارامترهای اقلیمی از جمله دما و بارندگی می‌باشند، از این‌رو بارندگی و دمای منطقه مورد مطالعه در سال رویشی از ایستگاه‌های اردبیل، سرعین، نیر و مشکین‌شهر که ایستگاه‌های واقع در منطقه مورد مطالعه می‌باشند، به‌عنوان شاهد اخذ گردید (جدول ۱). متوسط بارندگی سالیانه چهار ایستگاه شاهد برابر ۲۹۴/۱ میلی‌متر در سال رویشی ۹۱-۹۲ (از مهر تا مهر ماه) می‌باشد، متوسط دمایی منطقه نیز ۹/۲ درجه سانتی‌گراد است. مقدار بارندگی و دمای منطقه مورد مطالعه با توجه به ایستگاه‌های داخل و اطراف منطقه و گرادیان بارندگی و دمایی استخراج شده به‌طور متوسط، بارندگی بین ۳۰۹ تا ۷۶۷ میلی‌متر و دمای حداقل ۱/۹- تا ۲، دمای متوسط ۳/۹ تا ۷/۹ و دمای حداکثر ۱۱/۸ تا ۱۴/۹ درجه سانتی‌گراد متغیر می‌باشد. اقلیم منطقه مورد مطالعه نیز بر اساس روش آمبرژه نیمه‌مرطوب سرد تا اقلیم ارتفاعات فوقانی می‌باشد.

گروه‌های گیاهی گندمیان، گیاهان پهن‌برگ علفی (فورب‌ها) و بوته‌ها در منطقه تنگه صیاد استان چهارمهل بختیاری کردند. نتایج آنان نشان داد که شاخص گیاهی DVI بالاترین ضریب همبستگی را با تولید گندمیان و مجموع تولید گندمیان و پهن‌برگان علفی دارد، در حالیکه شاخص گیاهی NDVI بیشترین همبستگی را با تولید کل گیاهان منطقه داشته است. همچنین شاخص NDVI بالاترین ضریب تبیین را برای تخمین تولید گیاهان مورد بررسی نشان داده است. بعلاوه اینکه نتایج آنان نشان داد که برای تخمین تولید گیاهان پهن‌برگ علفی، شاخص GNDVI و نسبت باند دوم به چهارم یا پنجم IRS را می‌توان به‌کار برد. Arzani و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از تصاویر سنجنده ETM⁺ اقدام به تخمین مقدار تولید و پوشش گیاهی مراتع طالقان کردند و نتایج آنان نشان داد که باندهای ۵ و ۷ و شاخص‌های گیاهی IRI، MIRV2 و VNIR2 با تولید همبستگی معنی‌دار داشته و به‌کمک مدل‌های رگرسیونی مربوطه می‌توان مقدار تولید را تخمین زد. مراتع سبلان یکی از مراتع مهم شمال‌غرب کشور بوده، از این‌رو ضرورت دارد، ارزیابی مستمری از تغییرات تولید در این مراتع انجام شود. اما همواره شرایط خاص توپوگرافی و کوهستانی بودن این منطقه دسترسی آسان و کم هزینه به آن را محدود می‌کند. از سوی دیگر، در مطالعات برآورد تولید با استفاده از روش‌های سنجش از دوری از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص‌های گیاهی مختلفی استفاده می‌شود، که با توجه به نوع منطقه، شرایط محیطی و خصوصیات گیاهی کارایی تصاویر و شاخص‌ها متفاوت بوده و لازم است از مناسب‌ترین تصاویر و شاخص‌های گیاهی برای مطالعات ارزیابی و پایش تولید گیاهی استفاده شود. با توجه به اینکه تاکنون در کشور از تصاویر سنجنده Operational (OLI) Land Imager لندست ۸ در ارزیابی تولید به‌ویژه در مراتع کوهستانی مطالعه‌ای برای ارزیابی و تخمین تولید انجام نشده



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در سطح کشور و استان اردبیل همراه با تیپ‌های گیاهی

جدول ۱- بارندگی و دمای ماهیانه و فصلی منطقه مورد مطالعه

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	پارامتر
۱۸/۸	۶/۱۷	۱۸/۴	۱۶/۲	۱۱/۱	۹/۵	۵/۴	۴/۸	۰/۷۳	۳/۶	۱۰/۱	۱۴/۵	دما
۴/۷	۷/۹	۵/۱	۳۲/۵	۴۸/۱	۲۸/۱	۴۱/۱	۳۵/۷	۱۳	۳۴/۶	۳۰/۵	۱۲/۸	بارندگی
	۱۳/۷			۱۲/۲			۳/۷			۷/۱		دما
	۱۷/۷			۱۰۸/۷			۸۹/۸			۷۷/۹		بارندگی

نمونه‌برداری زمینی

نمونه‌برداری میدانی تولید گروه‌های گیاهی و کل در اردیبهشت و خردادماه ۱۳۹۲ در نزدیکترین زمان اخذ تصاویر لندست ۸ انجام شد. در هر پلات مقدار تولید با توجه به شکل رویشی گونه‌های گیاهی انتشار یافته در سطح مراتع سبلان برداشت شد (جدول ۲). این گونه‌ها از لحاظ شکل رویشی، ۶۰ درصد فورب‌ها، ۲۸ درصد گراس‌ها و ۱۲ درصد بوته‌ی‌ها می‌باشد. نمونه‌برداری از سطوح همگن با ترکیب فلورستیک - فیزیونومیک و خصوصیات خاک با استفاده از نقشه‌های پایه پوشش گیاهی منطقه (Sharifi et al., 2013) برداشت شد (شکل ۱). با در نظر گرفتن وسعت، شرایط دسترسی به تیپ‌های گیاهی و یکنواختی پوشش

گیاهی، ۶ تیپ گیاهی از ۱۸ تیپ گیاهی مراتع سبلان (Javanshir, 1988 و Sharifi et al., 2013) در ارتفاعات مختلف انتخاب شدند (جدول ۳). در مجموع ۲۴ رویشگاه به صورت تصادفی - سیستماتیک در سطح ۶ تیپ گیاهی با در نظر گرفتن امکان دسترسی انتخاب شدند (جدول ۳). سپس با در نظر گرفتن ابعاد پیکسل‌های لندست ۸ (۳۰×۳۰ متر) در سطح هر رویشگاه انتخاب شده در هر تیپ مساحت ۳ برابری ابعاد پیکسل‌ها (حدود ۱۰۰۰ مترمربع) انتخاب شد. در این سطوح ۳ ترانسکت ۱۰۰ متری و در هر ترانسکت ۳ پلات با ابعاد ۱×۱ متری انتخاب (شکل ۲) و در مجموع ۲۱۶ پلات (۳×۳×۲۴=۲۱۶) نمونه‌برداری شد. ابعاد پلات‌ها، با توجه به ساختار پوشش گیاهی موجود و تعداد

گروه قرار گرفت)، علفی‌ها و بوته‌ها برداشت شد. نمونه‌ها در هوای آزاد خشک و بعد به مدت ۲۴ ساعت در دستگاه آن و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و بعد توزین و برحسب گرم در مترمربع و کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

پلات‌ها براساس نمونه مورد نیاز و با توجه به واریانس پراکنش پوشش گیاهی و همچنین با توجه به منابعی مانند (Zareh Hesari *et al.*, 2014؛ Ghorbani *et al.*, 2013) تعیین شد. موقعیت هر پلات با استفاده از GPS Garmin Oregon 550 (± 3 متر) ثبت شد. از هر پلات، مقدار تولید با توجه به شکل رویشی گرامینه‌ها (شبه گراس‌ها نیز در این

جدول ۲- گیاهان شناسایی شده بر مبنای شکل رویشی (a=گراس؛ b=فورب و c=بوته‌ای) در سطح سایت‌های مورد مطالعه

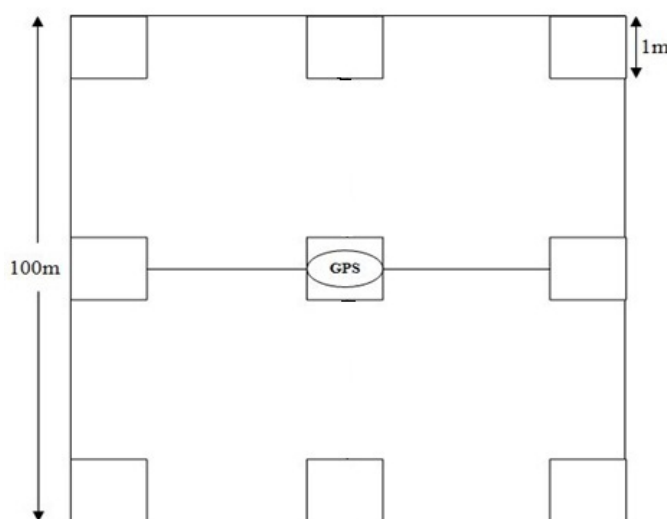
گونه‌های گیاهی براساس شکل رویشی

Achillea millefolium (b), *A. setacea* (b), *Agropyron imbricatum* (a), *A. repens* (a), *A. libanoticum* (a), *Alkanna trichophila* (b), *Alyssum desertorum* (b), *Allium paniculatum* (a), *Alopecurus textileis* (a), *Artemisia aucheri* (c), *A. austriaca* (b), *A. fragrans* (c), *A. melanolepis* (c), *Arenaria rotundifolia* (c), *Anthemis altissima* (b), *Astragalus angustiflorus* (b), *A. aureus* (c), *A. glaucanthus* (b), *A. lilacinus* (b), *A. odoratus* (b), *A. (Rhacophorus) peristerus* (c), *A. pinetorum* (b), *A. tribuloides* (b), *Bromus biebersteinii* (a), *B. danthoniae* (a), *B. tectorum* (a), *B. tomentellus* (a), *Carex divisa* (a), *C. melanostachya* (a), *C. oreophila* (a), *Caucalis platycarpus* (b), *Centaurea elbrusensis* (b), *Chondrilla juncea* (b), *Cirsium obvallatum* (b), *C. vulgare* (b), *Convolvulus arvensis* (b), *Crucianella macrostachya* (b), *Cirsium obvallatum* (b), *Coronilla varia* (b), *Crepis sancta* (b), *Dactylis glomerata* (a), *Eryngium noeanum* (b), *Euphorbia decipiens* (b), *Festuca ovina* (a), *F. sulcata* (a), *Galium verum* (b), *Hordeum brevisubulatum* (a), *H. glaucum* (a), *Inula oculus-christi* (b), *Lolium persicum* (a), *L. perenne* (a), *Lotus corniculatus* (b), *Jurinella frigida* (b), *Medicago lupulina* (b), *M. polychroa* (b), *Muscari longipes* (b), *Noaea mucronata* (c), *Nonnea persica* (b), *N. pulla* (b), *Onobrychis cornuta* (c), *Papaver orientale* (b), *Phleum alpinum* (a), *Plantago atrata* (b), *Poa araratica* (a), *P. compressa* (a), *P. pratensis* (a), *Polygonum aviculare* (b), *Potentilla argentea* (b), *P. bifurca* (b), *P. argentea* (b), *P. recta* (b), *Ranunculus trichocarpus* (b), *Salvia verticillata* (b), *Sanguisorba minor* (b), *Scleranthus annuus* (b), *Senecio vernalis* (b), *Stachys lavandulifolia* (b), *Tanacetum chiliophyllum* (b), *Taraxacum bessarabicum* (b), *T. syriacum* (b), *Thymus kotschyanus* (c), *Th. pubescens* (b), *Trifolium montanum* (b), *T. pratense* (b), *T. repens* (b), *Tragopogon caricifolius* (a), *Verbascum stachydiforme* (b), *Veronica pusilla* (b), *Xeranthemum inapertum* (b), *Ziziphora tenuior* (b)

جدول ۳- تیپ‌های گیاهی نمونه‌برداری شده منطقه مورد مطالعه

تعداد پلات نمونه*	تعداد سایت*	ارتفاع متوسط	نام تیپ
۴۵	۵	۱۴۰۰	<i>Astragalus</i> sp – <i>Festuca ovina</i>
۲۷	۳	۲۹۰۰	<i>Astragalus aureus</i> – <i>Alopecurus textileis</i> – <i>Festuca ovina</i>
۴۵	۵	۲۵۰۰	<i>Festuca sulcata</i> – <i>Alopecurus textileis</i> – <i>Carex</i> sp
۱۸	۲	۲۰۰۰	<i>Onobrychis cornuta</i> – <i>Festuca ovina</i>
۶۳	۷	۲۷۰۰	<i>Astragalus</i> sp- <i>Onobrychis cornuta</i> – <i>Festuca ovina</i>
۱۸	۲	۲۳۰۰	<i>Lolium persicum</i> – <i>Trifolium montanum</i>
۲۱۶	۲۴	-	جمع کل

*تعداد سایت نمونه‌برداری و نمونه براساس جاده‌ها و امکان دسترسی به سطح تیپ‌های گیاهی تعیین شده است.



شکل ۲- نمای شماتیک روش نمونه‌برداری از سطح هر سایت

داده‌های مورد استفاده

توجه به همزمانی برداشت میدانی و تطابق رشد حداکثری فنولوژیکی منطقه انتخاب شد. در ضمن برای پرهیز از تأثیر رطوبت بر خاک، با کنترل انجام شده در ۱۵ روز قبل از اخذ تصویر، بارندگی در ایستگاه‌های سطح منطقه ثبت نشده است.

با توجه به شروع به کار ماهواره لندست ۸ سنجنده Operational Land Imager (OLI) و تصاویر مجانی و مناسب آن در این تحقیق، این تصویر انتخاب شد. مشخصات تصویر انتخاب شده در جدول ۴ ارائه شده است. تصاویر با

جدول ۴- خصوصیات تصاویر انتخابی سنجنده OLI (سایت رسمی لندست ۸، ۲۰۱۳)

تصویر	تاریخ اخذ	گذر / ردیف	زاویه آزیموت خورشید	زاویه ارتفاع خورشید	تعداد باند	قدرت تفکیک
لندست ۸ OLI	۲۰۱۳/۰۷/۱۹ میلادی	۳۳/۱۶۷ و	۱۲۸/۲۰۵۰ و	۶۴/۳۵۴۵ و	۹	۱۵ و ۳۰ متر
	(۱۳۹۲/۰۴/۲۸ شمسی)	۳۴/۱۶۷	۱۲۵/۲۴۷۱	۶۴/۹۹۷۳		

پیش پردازش و آماده‌سازی تصاویر

متری با توجه به ابعاد پیکسل تصویر مورد استفاده تهیه شد و آزیموت و ارتفاع خورشیدی حاصل از فایل متنی ضمیمه تصاویر استفاده شد (Karathanassi et al., 2000).

ابتدا برای تصحیح هندسی، با وجود اینکه تصاویر زمین مرجع شده بودند (UTM/WGS84)، ولی با استفاده ۲۷ نقطه کنترل زمینی ثبت شده با GPS، تصاویر کنترل و اصلاح شدند. سپس به دلیل اختلاف ارتفاع زیاد (۳۶۶۰ متر) منطقه مورد مطالعه، نرمال‌سازی توپوگرافی با استفاده از روش مینارت (رابطه ۱) و با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM) که از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ رقومی سازمان نقشه‌برداری کشور استخراج و با ابعاد پیکسل ۳۰

$$BV_{normal\lambda} = \frac{BV_{observed\lambda} \cos e}{k(\cos i) (\cos e)} \quad \text{رابطه ۱}$$

که: $BV_{normal\lambda}$ مقادیر روشنایی نرمال‌شده، $BV_{observed\lambda}$ مقادیر روشنایی مشاهده شده، $\cos i$ کسینوس زاویه برخورد، $\cos e$ کسینوس زاویه شیب و k ثابت مینارت است. سپس تصحیحات رادیومتری انجام و

بالایی در جهت تهیه نقشه تولید گیاهی نشان داده بودند، انتخاب شدند (جدول ۵). موقعیت مکانی نقاط نمونه برداری زمینی به روی تصاویر انتقال داده شد. سپس در محیط GIS یک لایه پلی گون در اطراف هر نقطه با ابعاد ۴ در ۴ پیکسل ترسیم و میانگین اعداد رقومی ۱۶ پیکسل برای هر رویشگاه و هر باند تصاویر استخراج شد. با استفاده از این داده‌ها ۲۴ شاخص انتخاب شده محاسبه شد. همچنین میانگین مقدار تولید برآورد شده بر اساس مطالعات میدانی برای شکل‌های رویشی و کل به پایگاه داده فوق اضافه و بعد همبستگی بین ۲۴ شاخص محاسبه شده از تصاویر و مقادیر تولید هر شکل رویشی و کل محاسبه شد. بهترین مدل با توجه به ضریب همبستگی متغیرها و سایر اطلاعات جدول تجزیه واریانس انتخاب شد. سه شاخص دارای همبستگی بالا و معنی‌داری (R^2 و سطح اطمینان بیشتر) برای هر شکل رویشی و تولید کل انتخاب شد. در مرحله دوم سه شاخص انتخاب شده برای هر گروه گیاهی و تولید کل در سطح تصویر اعمال و نقشه‌های تولید بر اساس هر یک از شاخص‌های مورد نظر محاسبه شدند. در کل شاخصی که دارای بالاترین رابطه معنی‌دار با داده‌های میدانی و دامنه دینامیکی مناسب بود، به‌عنوان نقشه پهنه‌بندی نهایی تولید برای هر گروه و کل تولید انتخاب شد. در نهایت نقشه طبقات تولید با داده‌های میدانی مقایسه شد.

اطلاعات باندها با استفاده از رابطه ۲ و ۳ به انعکاس تبدیل شد.

$$\rho\lambda' = M\rho Qcal + A\rho \quad \text{رابطه ۲}$$

که: $\rho\lambda'$ انعکاس بدون تابش زاویه خورشیدی، QCAL مقدار کمی پیکسل کالیبره شده (DN)؛ $M\rho$ ضریب تبدیل استخراج شده از فایل متنی ضمیمه تصاویر؛ $A\rho$ ضریب تبدیل استخراج شده از فایل متنی ضمیمه تصاویر.

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta_{SE})} \quad \text{رابطه ۳}$$

که: $\rho\lambda$ انعکاس تصحیح شده با زاویه تابش خورشیدی، θ_{SE} زاویه ارتفاع محلی خورشید استخراج شده از فایل متنی ضمیمه تصاویر (ارتفاع خورشیدی)؛ θ_{SZ} زاویه زینت محلی خورشید. با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه در دو فریم تصویر قرار دارد، پس از انجام اصلاحات فوق، تصاویر موزاییک شده و بر اساس منطقه مورد مطالعه برش داده شده‌اند.

انتخاب و محاسبه شاخص‌ها

انتخاب شاخص‌های گیاهی مناسب برای هر منطقه از حساسترین مراحل کار است. در این مطالعه ابتدا شاخص‌های مختلف با مرور منابع مورد توجه قرار گرفت. سپس ۲۴ شاخص که قبلاً در منابع و مطالعات مختلف در سطح دنیا در برآورد تولید مورد استفاده قرار گرفته و صحت

جدول ۵- شاخص‌های اولیه انتخاب شده برای این مطالعه

منبع	فرمول	نام شاخص	ردیف
Tucker (1979)	NIR-RED	Difference Vegetation Index (DVI)	۱
Gitelson <i>et al.</i> (2004)	NIR/GREEN-1	Greenness Index (GI)	۲
Gitelson <i>et al.</i> (1996)	(NIR-GREEN)/(NIR+GREEN)	Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)	۳
Arzani (2002)	RED/ BLUE	Iron Oxide (IO)	۴
Crippen (1990)	NIR/(NIR+RED)	Infrared Percentage Vegetation Index (IPVI)	۵
Xiao <i>et al.</i> (2002)	NIR-SWIR/NIR+SWIR	Land Surface Water Index (LSWI)	۶
Arzani (2002)	(NIR-(1.2×RED))/(NIR+RED)	Modified Normalized Difference Vegetation Index (MNDVI)	۷
Rouse <i>et al.</i> (1974)	(NIR - RED) / (NIR + RED)	Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	۸
Arzani (2002)	NIR/ RED	Near Infrared Ratio (NIR)	۹
Baret and Guyot (1991)	(RVI-1)/(RVI+1)	Normalized Ratio Vegetation Index (NRVI)	۱۰
Rondeaux <i>et al.</i> (1996)	(NIR-RED)/(NIR+RED+0.16)	Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index (OSAVI)	۱۱

منبع	فرمول	نام شاخص	ردیف
Pickup <i>et al.</i> (1993)	RED-BLUE	Potential Different (PD311)	۱۲
"	(RED- BLUE)/(RED+ BLUE)	Potential Different (PD312)	۱۳
"	RED- GREEN	Potential Different (PD321)	۱۴
Richardson and Wiegand (1977)	$(NIR-a \times RED-b) / \sqrt{(a^2+1)}$	Perpendicular Vegetation Index (PVI)	۱۵
Roujean and Breon (1995)	$(NIR-RED) / \sqrt{(NIR+RED)}$	Renormalized Difference Vegetation Index (RDVI)	۱۶
Jordan (1969)	NIR/RED	Ratio Vegetation Index (RVI)	۱۷
Huete (1988)	$[(NIR - R)/(NIR + R + 0.5)] \times 1.5$	Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)	۱۸
Broge & Mortenser (2002)	$[(NIR - R)/(NIR + R) + 0.5]^{(1/2)}$	Transformed Normalized Difference Vegetation Index (TNDVI)	۱۹
Broge and Leblanc (2000)	$(RED- NIR)/(RED+ NIR)+ 0.5$	Transformed Vegetation Index (TVI)	۲۰
Arzani (2002)	RED× NIR/ GREEN	VI1	۲۱
"	RED× NIR	VI2	۲۲
"	GREEN/ (RED+ NIR)	VI3	۲۳
"	$(SWIR-R)/(SWIR+R)$	Modified Infrared Ratio Vegetation (MIRV1)	۲۴

* در روابط فوق: NIR = مادون قرمز نزدیک، R = قرمز، B = آبی، G = سبز، SWIR = مادون قرمز موج کوتاه، در رابطه SAVI برای L مقدار ۰/۵ استفاده شده است.

نتایج

داده‌های میدانی به صورت رابطه ۴ می‌باشد. نقشه پهنه‌بندی شده تولید گراس‌ها در سه طبقه در شکل ۳ ارائه شده است. طبقه تولید کمتر از ۵۰۰ کیلوگرم بیشترین مساحت منطقه را شامل می‌شود، که مربوط به ارتفاعات پایین (مناطق اطراف روستاها و اراضی تبدیل شده و تخریب یافته) و ارتفاعات خیلی بالا (اطراف قله سبلان) است و تولید بیشتر این شکل رویشی مربوط به ارتفاعات میانی می‌باشد. بنابراین، با توجه به شکل ۳ و رابطه ۴ امکان تخمین تولید این شکل رویشی با شرایط بارندگی سال مطالعه که ۲۸ درصد از ترکیب پوشش گیاهی منطقه را شامل می‌شود، میسر می‌باشد.

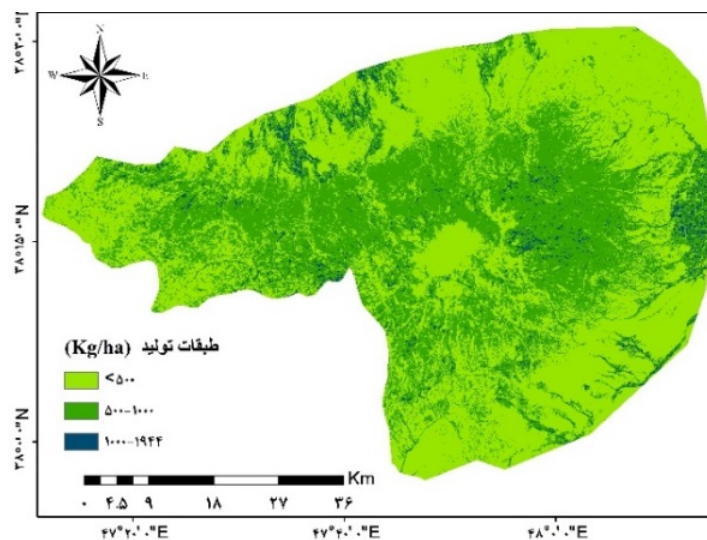
جدول ۶ شاخص‌های گیاهی را که همبستگی معنی‌دار با تولید گراس‌ها دارند به ترتیب نشان می‌دهد. از میان این شاخص‌ها به ترتیب شاخص‌های RVI، TNDVI و GNDVI دارای بالاترین و شاخص PD311 کمترین ضریب همبستگی معنی‌دار را دارند. نقشه پهنه‌بندی تولید گراس‌ها با سه شاخص ذکر شده تهیه گردید اما با توجه به سطح معنی‌داری و دامنه دینامیکی مناسب شاخص TNDVI نسبت به شاخص‌های دیگر مناسب تشخیص داده شد و رابطه آن با تولید گراس‌ها بر اساس نقشه تهیه شده و

جدول ۶- نتایج خلاصه همبستگی رگرسیونی تولید شکل‌های رویشی و تولید کل و شاخص‌های استفاده شده در منطقه مورد مطالعه

کل		بوته		فورب		گراس	
مقدار R ²	نام شاخص	مقدار R ²	نام شاخص	مقدار R ²	نام شاخص	مقدار R ²	نام شاخص
۰/۱۵۳**	PD311	۰/۱۵۳**	RDVI	۰/۲۹۷**	PD312	۰/۲۳۷**	RVI
۰/۱۵۳**	PD321	۰/۱۵۳**	DVI	۰/۲۹۴**	IO	۰/۲۳۲**	TNDVI
۰/۱۵۱**	PD312	۰/۱۴۹**	RVI	۰/۲۸۴**	PD311	۰/۲۳۱**	GNDVI
۰/۱۰**	IO	۰/۱۴۸**	TNDVI	۰/۲۰۵**	PD321	۰/۲۲۹**	RDVI
۰/۰۹*	RDVI	۰/۱۴۸**	NRVI	۰/۰۹۲*	DVI	۰/۲۳۰**	NRVI
۰/۰۹*	NRVI	۰/۱۴۷**	OSAVI	۰/۰۸۸*	RDVI	۰/۲۲۸**	SAVI
۰/۰۸*	DVI	۰/۱۴۷**	NDVI	۰/۰۸۴*	NIR	۰/۲۲۸**	OSAVI
۰/۰۸*	NDVI	۰/۱۴۷**	IPVI	۰/۰۸۱*	NRVI	۰/۲۲۹**	NDVI
۰/۰۸*	ISWI	۰/۱۴۶**	TVI	۰/۰۸۰*	NDVI	۰/۲۲۸**	MNDVI
۰/۰۷*	IPVI	۰/۱۴۶**	SAVI	۰/۰۸۰*	IPVI	۰/۲۲۹**	IPVI
۰/۰۷*	SAVI	۰/۱۴۶**	MNDVI	۰/۰۷۹*	TVI	۰/۲۲۸**	TVI
۰/۰۷*	OSAVI	۰/۱۳۳**	VI1	۰/۰۷۹*	OSAVI	۰/۲۲۰**	DVI

کل		بوته		فورب		گراس	
مقدار R ²	نام شاخص	مقدار R ²	نام شاخص	مقدار R ²	نام شاخص	مقدار R ²	نام شاخص
۰/۰۷*	MNDVI	۰/۱۳۰**	NIR	۰/۰۷۹*	SAVI	۰/۲۱۰**	VNIR1
۰/۰۶۹*	TVI	۰/۱۲۸**	GNDVI	۰/۰۷۹*	MNDVI	۰/۲۰۴**	VII
۰/۰۶۸*	TNDVI	۰/۱۲۴**	GI	۰/۰۷۷*	TNDVI	۰/۲۰۴**	GI
۰/۰۶۸*	RVI	۰/۱۰۶**	VNIR1	۰/۰۷۲*	VII	۰/۱۹۴**	NIR
۰/۰۶*	NIR	۰/۱۰۱**	MIRV1	۰/۰۷۱*	RVI	۰/۱۷۱**	MIRV1
۰/۰۶*	VII	۰/۰۸۲*	PD321	۰/۰۶۶*	PVI	۰/۱۰۶**	PD321
-	-	۰/۰۸۱*	VI3	-	-	۰/۰۹*	VI3
-	-	۰/۰۷۰*	PD311	-	-	۰/۰۸۹*	ISWI
-	-	۰/۰۶۸*	ISWI	-	-	۰/۰۶۶*	PVI
-	-	-	-	-	-	۰/۰۶۱*	PD311

** اختلاف (اثر) معنی‌دار در سطح ۱٪ * اختلاف (اثر) معنی‌دار در سطح ۵٪



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی تولید گراس‌ها با شاخص TNDVI

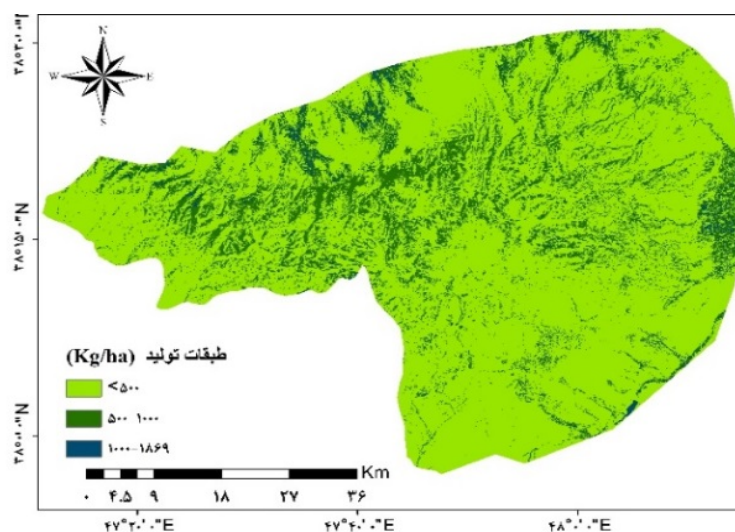
$$y = -2143.9 + 2997.3X$$

$$R^2 = 0.232$$

رابطه ۴

۴). با توجه به شکل ۴ بیشترین مقدار تولید فورب‌ها در طبقه ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار که مساحت کمتری از نقشه را به خود اختصاص داده است، دارا می‌باشد. این شکل رویشی حدود ۶۰ درصد از گونه‌های انتشار یافته منطقه را دربر می‌گیرد. با توجه به کنترل انجام شده، این رویشگاه‌ها عمدتاً رویشگاه‌های چمنزار سطح مراتع سبلان می‌باشند.

در جدول ۶ شاخص‌های گیاهی را که همبستگی معنی‌دار با تولید فورب‌ها دارند به ترتیب نشان می‌دهد. از بین این شاخص‌ها به ترتیب شاخص‌های PD312، IO و PD311 دارای بالاترین و شاخص PVI کمترین ضریب همبستگی معنی‌دار را دارد. با توجه به نتایج و سطح معنی‌داری بالای شاخص PD312 نسبت به شاخص‌های دیگر و رابطه استخراج شده با استفاده از نقشه تولید فورب‌ها و داده‌های میدانی به صورت رابطه ۵ می‌باشد (شکل



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی تولید فورب‌ها با شاخص PD312

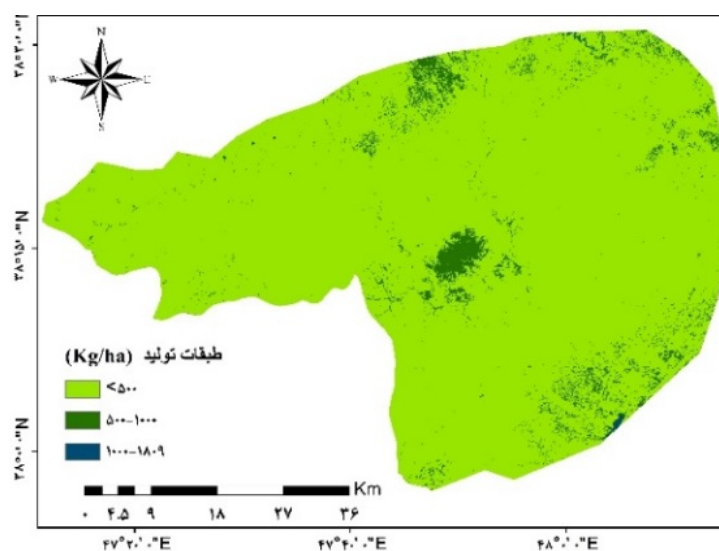
$$y = 653.1 - 3522.1x$$

$$R^2 = 0.297$$

رابطه ۵

شاخص RVI نسبت به شاخص‌های دیگر و رابطه ۶ استخراج شده از نقشه پهنه‌بندی تولید بوته‌ای‌ها با داده‌های میدانی برداشت شده از این گروه به صورت شکل ۵ می‌باشد. با توجه به شکل ۵، بیشترین مقدار تولید در طبقه کمتر از ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار است و سطوح خیلی کمی از منطقه مورد مطالعه دارای تولید بیشتر از این مقدار می‌باشد.

جدول ۶ شاخص‌های گیاهی را که همبستگی معنی‌دار با تولید بوته‌ای‌ها دارند به ترتیب نشان می‌دهد. از بین این شاخص‌ها به ترتیب RDVI، DVI و RVI بالاترین و شاخص ISWI کمترین ضریب همبستگی معنی‌دار را نشان دادند. نقشه پهنه‌بندی تولید بوته‌ای‌ها با سه شاخص ذکر شده تهیه گردید و در نهایت با توجه به نتایج و سطح معنی‌داری



شکل ۵- نقشه پهنه‌بندی تولید بوته‌ای‌ها با شاخص RVI

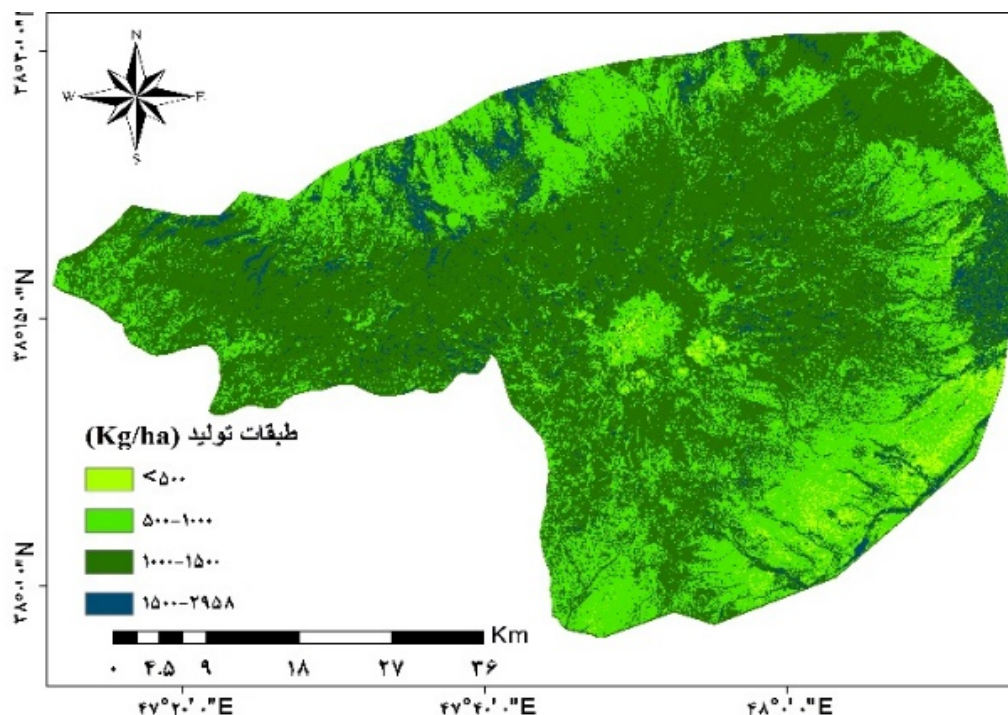
$$y = -361.1 + 1109.5X$$

$$R^2 = 0.149$$

رابطه ۶

پهنه‌بندی تولید کل و داده‌های میدانی حاصل شده، نقشه نهایی پهنه‌بندی تولید بر اساس این شاخص در شکل ۶ ارائه شده است. با توجه به شکل ۷، بیشترین مقدار تولید کل در طبقه ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار طبقه‌بندی شده و با افزایش ارتفاع این مقدار کاهش می‌یابد.

جدول ۶ شاخص‌های گیاهی را که همبستگی معنی‌دار با تولید کل دارند ترتیب نشان می‌دهد. از بین این شاخص‌ها به ترتیب شاخص‌های PD311، PD321 و PD312 بالاترین و شاخص VII کمترین ضریب همبستگی معنی‌دار را نشان داد. با توجه به اینکه شاخص PD311 در بررسی‌های اولیه دارای بهترین نتیجه بوده، و با توجه به رابطه ۷ که بین نقشه



شکل ۶- نقشه پهنه‌بندی تولید کل با شاخص PD311

$$y = 1415.9 - 220.5X$$

$$R^2 = 0.153$$

رابطه (۷)

عبور می‌دهند. گیاهان مختلف نیز نسبت‌های متفاوت تابش دریافتی را منعکس می‌کنند و این به‌عنوان خصوصیات طیفی گیاه تلقی می‌شود. این امر موجب می‌شود که محاسبه یک شاخص گیاهی در یک منطقه با استفاده از باندهای مختلف تصاویر مقادیر متفاوتی را نشان دهد و این کار نقش مهمی در انتخاب شاخص‌های گیاهی مناسب در مطالعات سنجش

بحث

سنجش از دور و داده‌های ماهواره‌ای یک ابزار توانمند در پایش شاخص‌های سطح زمین از جمله تولید مراتع در مقیاس وسیع می‌باشند. اساس سنجش از دور بر این نکته استوار است که اشیاء و پدیده‌های سطح زمین در طول موج‌های مختلف مقدار متفاوتی از تابش را جذب، منتشر یا

($P < 0.01$) را با داده‌های میدانی نشان دادند. میزان ضریب همبستگی بین تولید فورب‌ها و شاخص‌های گیاهی مورد استفاده در این تحقیق در مقایسه بیشتر از شکل‌های رویشی دیگر بوده است. با توجه به روابط رگرسیونی فورب‌ها با شاخص‌های گیاهی در مقایسه با سایر شکلهای رویشی در زمان تصویر برداری سبز بوده و از نظر اندازه و زاویه قرار گرفتن برگ‌ها روی ساقه نیز که از ویژگی‌های پهن‌برگان است در مقایسه با گراس‌ها و بوته‌ای‌ها که افقی‌ترند و اندازه آنها نیز بزرگتر به نظر می‌رسد، به همین دلیل این شکل رویشی توانسته است بازتاب بیشتری در مقایسه با گروه‌های دیگر داشته باشد و روابط معنی‌دارتری با شاخص‌های محاسبه شده از تصاویر ماهواره‌ای نشان دهند (Xulin *et al.*, 2001). Mohammadi و همکاران (۲۰۱۲) نیز شاخص PD321 را دارای رابطه معنی‌دار ($P < 0.05$) با تاج پوشش فورب‌ها گزارش کرده‌اند.

شاخص‌های RDVI، DVI و RVI دارای بالاترین ضریب همبستگی با تولید شکل رویشی بوته‌ای‌ها بوده‌اند. این شاخص‌ها دارای رابطه معنی‌دار ($P < 0.01$) با تولید بوته‌ای‌ها هستند و از ترکیب باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک ساخته شده‌اند، و به همین دلیل قابلیت برآورد تولید بوته‌ای‌ها را دارند. بوته‌ای‌ها نیز در زمان نمونه‌برداری زمینی کاملاً سبز بوده، از این رو دو باند مذکور می‌توانند پوشش سبز را به خوبی برآورد کنند. Arzani و همکاران (۲۰۰۹) نیز نتایج مشابهی را در این ارتباط گزارش کرده‌اند. همچنین Pairanj و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که شاخص DVI و RVI دارای رابطه معنی‌دار ($P < 0.01$) با تولید بوته‌ای‌ها بوده و نتایج تحقیق ما را تأیید می‌کند.

در بررسی امکان تخمین تولید کل نیز شاخص‌های انتخاب شده استفاده و نتایج نشان داد که شاخص‌های PD311، PD312 و PD321 دارای بالاترین ضریب همبستگی با تولید کل هستند. علت این امر می‌تواند به نوع پوشش مراتع سبلان که عمدتاً پوشیده از گونه‌های با سیمای علفزار و بوته‌زار هستند، مربوط باشد. به گونه‌ای که ۶۰ درصد از پوشش گیاهی منطقه را گیاهانی با شکل رویشی

از دوری که باید با نوع تصاویر و خصوصیات منطقه، شاخص گیاهی مناسب منطقه انتخاب گردد، دارد (Theau *et al.*, 2010).

در این مطالعه برای بررسی ارتباط بین شاخص‌ها و تولید کل و تولید شکل‌های رویشی یا گروه‌های گیاهی، ابتدا از تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی ساده استفاده شد. نتایج این تجزیه و تحلیل‌ها نشان داد که همبستگی معنی‌دار متفاوتی بین داده‌های حاصل از لندست ۸ و تولید گروه‌های گیاهی (گراس‌ها، فورب‌ها و بوته‌ای‌ها) و تولید کل وجود دارد. طبق نتایج بدست آمده شاخص‌های RVI، TNDVI و GNDVI به ترتیب بیشترین ضریب همبستگی و سطح معنی‌داری ($P < 0.01$) را با تولید گراس‌ها دارند. بر اساس فرمول محاسباتی این شاخص‌ها، باندهای مادون قرمز و مادون قرمز نزدیک توانایی لازم را برای برآورد تولید این شکل رویشی در منطقه سبلان دارند. علاوه بر این دو باند، در شاخص GNDVI باند طیفی سبز بجای باند طیفی قرمز قرار گرفته، این باند در مقایسه با باند طیفی قرمز که در شاخص NDVI حضور دارد، به میزان متفاوت کلروفیل حساس می‌باشد. به طوری که می‌تواند میزان کم پوشش گیاهی سبز را در مناطق مختلف نشان دهد، Pairanj و همکاران (۲۰۱۲) و Zarineh و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعات خود بر روی تولید فرم‌های رویشی مختلف و تخمین پوشش گیاهی با بهره‌گیری از داده‌های رقومی ماهواره IRS سنجنده LIII - LISS به نتایج مشابه تحقیق ما رسیدند. Soleimani و همکاران (۲۰۱۱) نیز شاخص TNDVI را دارای رابطه معنی‌دار با پوشش گندمیان در حوزه آبخیز واز معرفی کرده‌اند. همچنین Xiaoping و همکاران (۲۰۱۱) نتیجه گرفتند که شاخص RVI دارای کمترین خطا نسبت به شاخص‌های دیگر در تولید پوشش گراس‌ها می‌باشد. Pairanj و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که شاخص TNDVI و RVI با تولید گراس‌ها رابطه معنی‌دار ($P < 0.01$) دارند.

در زمینه تولید فورب‌ها، شاخص‌های PD311، IO و PD312 بالاترین ضریب همبستگی و رابطه معنی‌دار

و بعضاً ناممکن می‌باشد، از این‌رو استفاده از روابط همبستگی بین داده‌های ماهواره‌ای با مقدار تولید با صرف هزینه و زمان کمتر، برآورد تولید و تهیه نقشه پهنه‌بندی تولید مراتع کوهستانی را تسهیل می‌کند. ارزیابی و پایش تولید گیاهی بر پایه داده‌های ماهواره‌ای می‌تواند اطلاعات زیادی را در ارتباط با وضعیت تولید و تغییرات زمانی و مکانی آن فراهم آورد، به طوری که این داده‌ها می‌توانند داده‌های زمینی نقطه‌ای را به کل منطقه تعمیم دهند و نواقص روش‌های میدانی در مراتع کوهستانی را تا حدودی برطرف کنند. اما با توجه به پیچیدگی اکوسیستم‌های مرتعی و وجود تغییرات نوع پوشش و خاک، بسیار مشکل است که نتیجه این تحقیق را بتوان برای مناطق دیگر تعمیم داد. به‌رحال شاخص‌ها و روابط بدست آمده در این پژوهش نشان می‌دهند که برآورد مناسبی از تولید را می‌توان با داده‌های رقومی لندست ۸ ارائه داد. بنابراین، می‌توان در شرایط مشابه اقلیمی در سال‌های دیگر از روابط بدست آمده در این پژوهش استفاده کرد. از سوی دیگر با در نظر گرفتن خصوصیات گیاهان مختلف و تأثیر آن در بازتاب طیفی آنها، ضروری است که در مطالعات پوشش گیاهی با استفاده از سنجش از دور تفکیک تولید هر گروه گیاهی انجام شود. همان‌طور که نتایج این تحقیق نشان داد، شاخص‌های گیاهی می‌توانند به‌عنوان مکمل روش‌های میدانی در مطالعات برآورد تولید مراتع بکار گرفته شوند. از نتایج این تحقیق برای سال‌های با بارندگی مشابه می‌توان استفاده کرد، ولی برای سال‌های با بارندگی متفاوت توصیه می‌گردد تحقیقات بیشتری انجام شود.

منابع مورد استفاده

- Arzani, H., Noori, S., Kaboli, S. H., Moradi, H. R. and Ghelichnia, H., 2009. Determination of Suitable Indices for Vegetation Cover Assessment in Summer Rangelands in South of Mazandaran, Iranian Journal Natural Resources, 61(4): 997-1016.
- Arzani, H., Hoseini, S. Z. and Mirakhorlou, Kh., 2014. Application of Landsat ETM⁺ images for estimating vegetation production and cover in Taleghan rangelands, Iranian Journal of Range and Desert

فورب‌ها تشکیل می‌دهند و همین امر نیز موجب شده تا شاخص‌های مناسب برای تولید کل منطقه با شاخص‌های مناسب برای فورب‌ها بیشترین شباهت را داشته باشند. نتایج Mohammadifakhr (۲۰۰۱) نیز در استفاده از شاخص‌های PD312 و PD321 که بیشترین ضریب همبستگی را با تولید جوامع بوت‌ه‌زار- گراسلند داشته است تأیید کننده نتایج ما در این بخش می‌باشد. همچنین Soleimani و همکاران (۲۰۰۷) نیز در برآورد تولید با استفاده از داده‌های سنجش از دوری سنجنده TM در حوزه سفید آب سد لار به نتایج مشابهی اشاره کردند. لازم به ذکر است که شاخص‌های PD312 و PD311 در تهیه نقشه پهنه‌بندی تولید اراضی آبی مانند دریاچه و رودخانه‌ها را با تولید بالا نشان می‌دهند که می‌تواند از معایب این شاخص در تهیه نقشه تولید در این مناطق باشد که باید در تهیه نقشه و پهنه‌بندی تولید با استفاده از این شاخص‌ها به این موضوع توجه کامل شود. در مجموع نیز شاخص‌های مشترک مانند PD311 و RVI بین شکل‌های رویشی و تولید کل وجود دارند ($P < 0.01$) و ($P < 0.05$) که می‌توان در ارزیابی مراتع سیلان استفاده کرد. در کل نتایج بدست آمده از این پژوهش با بهره‌گیری از داده‌های رقومی سنجنده OLI لندست ۸ نشان داد که بین تولید شکل‌های رویشی و تولید کل گیاهان مرتعی سیلان با داده‌های این تصویر ارتباط معنی‌داری برقرار است. با توجه به ترکیب گیاهی منطقه و نوع پوشش غالب آن، شاخص‌ها و باندهای متفاوتی این ارتباط را نشان دادند. بنابراین، امکان تخمین تولید با برداشت میدانی به روش قطع و توزین و برقراری رابطه رگوسیون خطی بین داده‌ها میدانی و داده‌های رقومی حاصل از سنجنده OLI لندست ۸ در مراتع کوهستانی سیلان با شرایط اقلیمی نیمه‌مرطوب سرد تا اقلیم ارتفاعات فوقانی وجود دارد. با توجه به اینکه در سال نمونه‌برداری شده بارندگی منطقه کمتر از متوسط بارندگی سالیانه این منطقه می‌باشد، اما در همین شرایط خشک‌تر نیز این سنجنده توانست تخمین قابل قبولی از تولید منطقه را نشان دهد. از آنجا که انجام چنین پروژه‌هایی با روش‌های برداشت میدانی در مراتع کوهستانی بسیار وقت‌گیر، پرهزینه

- RS and GIS, Iranian Journal of Range and Desert Research, 18(4): 593-607.
- Paruelo, J.M., Oesterheld, M., Bella, D., Carlos, M., Arzadum, M., Lafontaine, C., Rebella, M. and César M., 2000. Estimation of primary production of sub humid rangelands from remote sensing data, Applied Vegetation Science, 3: 189-195.
- Olexa, E. M. and Lawrence, R. L., 2014. Performance and effects of land cover type on synthetic surface reflectance data and NDVI estimates for assessment and monitoring of semi-arid rangeland. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 30: 30-31.
- Salis, S. M., Assis, M. A., Mattos, P. P. and Piao, A. C. S., 2006. Estimating the aboveground biomass and wood volume of savanna woodlands in Brazil's Pantanal wetlands based on allometric correlations. Forest Ecology and Management, 228: 61-68.
- Sharifi, J., Fayaz, M., Azimi, F., RostamiKia, Y. and Eshvari, P., 2013. Identification of ecological region of Iran (Vegetation of Ardabil Province). Institute Research of Forest and Rangeland Press. Report No. 42183/37.
- Soleimani, K., TamrTash, R., Alavi, F. and Lotfi, S., 2007. Application of Landsat TM data for estimation rangeland yield (A case study: sub-basin of Sefidab, Lar Dam). Journal of Agriculture and Natural Resources Science and Technology, 40: 411-422.
- Solaimani, K., Shokrian, F. TamarTash, R. and Banihashemi, M., 2011. Evaluation the capability of ETM⁺ data to determine the best vegetation indices (A case study: Waz watershed). Journal Iranian Remote Sensing and GIS, 2(4): 71-82.
- Theau, J., Sankey, T. T. and Weber, K. T., 2010. Multisensor analyses of vegetation indices in a semiarid environment, GIS Science and Remote Sensing, 47(2): 260-275.
- Wagel, P., Xiao, X., Torn, M. S., Cook, D. R., Matamala, R., Fischer, M. L., Jin, C., Jinwei, D. and Biradar, Ch., 2014. Sensitivity of vegetation indices and gross primary production of tallgrass prairie to severe drought. Remote Sensing of Environment, 152: 1-14.
- Xiaoping, W., Kai, G. N. and Jing, W., 2011. Hyper spectral Remote Sensing estimation models of aboveground biomass in Gannan rangelands Procedia. Environmental Sciences, 10: 697-702.
- Xie, Y., Sha, Z., Yu, M., Bai, Y. and Zhang, L., 2009. A comparison of two models with Landsat data for estimating aboveground grassland biomass in Inner Mongolia, China. Ecological Modelling, 220: 1810-1818.
- Xulin, G., Price, K. and Stiles, J., 2001. Modeling biophysical factors for grasslands using Landsat TM data in eastern Kansas. Kansas Applied Remote Sensing (KARS), 12: 125-130.
- Research, 21(1): 24-31.
- Ebrahimi, A., Bossuyt, B. and Hoffmann, M., 2010. A herbivore specific grazing capacity model accounting for spatio-temporal environmental variation: A tool for a more sustainable nature conservation and rangeland management, Ecological Modeling, 221: 900-910.
- Hangs, R. D., Van Rees, J., Schoenau, K. C. J. and Guo, X., 2011. A simple technique for estimating above-ground biomass in short-rotation willow plantations, Biomass and Bioenergy, 35: 2156-2162.
- Hazarika, M. K., Yasuoka, Y., Ito, A. and Dye, D., 2004. Estimation of net primary productivity by integrating remote sensing data with an ecosystem model. Remote Sensing of Environment, 94: 289-310.
- Javanshir, A. 1988. Study the Rangelands of Sabalan. Joint project of Jihad-e-Sazandegi of East Azarbyjan and the University of Tabriz. Tabriz. 213p.
- Karathanassi, V., Andronis, V. and Rokos, D., 2000. Evaluation of Topographic Normalization Methods for a Mediterranean Forest Area, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 33(part B7): 654-661.
- Lobell, D. B., Hicke, J. A., Asner, G. P., Field, C. B., Tucker, C. J. and Los, S. O., 2002. Satellite estimates of productivity and light use efficiency in United States agriculture, 1982-1998. Global Change Management Biolgecal, 8: 722-735.
- Long, Y., Zhou, L., Liu, W. and Hua-Kun, Z., 2010. Using remote sensing and GIS technology to estimate grass yield and livestock carrying capacity of Alpine Grasslands in Golog Prefecture China. Pedosphere, 20(3): 342-351.
- Lu, D., 2005. Aboveground biomass estimation using Landsat TM data in the Brazilian Amazon Basin, International Journal of Remote Sensing, 27: 2509-2525.
- Mohammadifakhr, H., 2001. Determination of Suitable Vegetation Indices to Estimating of Rangeland Cover and Production in Two Stepp Regions of Markazi, M.Sc. Thesis, Tehran University, P.136.
- Mohammadi, M., Ebrahimi, A. and Haqzade, A., 2012. Capability of IRS satellite on vegetation cover estimation (Case Study: Chaharmah-va-Bakhtiari), Journal of Renewable Natural Resources, 3(1): 41-53.
- Ghorbani, A., Sharifi, J., Kavianpoor, H., Malekpoor, B. and Mirzaei Aghche Gheslagh, F., 2013. Investigation on ecological characteristics of Festuca ovina L. in south-eastern rangelands of Sabalan, Iranian Journal of Range and Desert Research, 20(2): 379-396.
- Pairanj, J., Ebrahimi, A., Ranjbar, A. and Hassanzadeh, M., 2012. Evaluation of forage production accessibility with considering effective factors using

- Sayyad, Chaharmahal and Bakhtiari). Journal of Iranian Remote Sensing and GIS, 3(4): 63-80.
- Zarineh, E., Naderi Khorasgani, M. and Asadi Borujeni, E., 2013. Estimating the Rangeland Vegetation Cover of Tange Sayyad Region (Chaharmahal-oBakhtiary Province) Using IRS LISS-III data. Journal of Environmental Studies, 38(1): 117-130.
- Zheng, D., Rademacher, J., Chen, J., Crow, T., Bresee, M., Le Moine, J. and Ryu, S., 2004. Estimating aboveground biomass using Landsat 7 ETM⁺ data across a managed landscape in northern Wisconsin, USA. Remote Sensing of Environment, 93: 402-411.
- Yeganeh, H., Khajeddin S. J. and Soffianian, A. R., 2008. Evaluating the Potentials of Spectral Indices of the MODIS in Estimating the Plant Production in Semirom Pastures. Journal of Rangeland, 2(1): 63-77.
- Zareh Hesari, B., Ghorbani, A., Azimi Motam, F., Hashmi Majd, K. and Asghari, A., 2014. Study the effective ecological factors on distribution of Artemisia fragrans in southeast faced slopes of Sabalan. Rangeland Journal, 8(3): 238-250.
- Zarineh, E., Asadi Brojeni, E. and Khorasgani, M. N., 2012. Estimation range production with using satellite data IRS LISS III (Case Study of the Tang

Estimating and mapping Sabalan rangelands aboveground phytomass using Landsat-8 images

A. Ghorbani^{1*}, A.Pournemati² and M. Panahandeh³

1* Corresponding author, Associate Professor, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran,

Email: a_ghorbani@uma.ac.ir

2-Former M.Sc. in Range Management, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

3-Senior Expert, Iranian Space Agency, Tehran, Iran

Received:12/15/2015

Accepted:4/25/2016

Abstract

The aim of this study was to estimate and map the plant group and total aboveground phytomass using Landsat 8 images in the rangelands of Sabalan Mountain. Images were selected on the 19th of July 2013 and field data were collected in April and July based on maximum matching with the phenology of the study area and in the closest date to the time of image acquisition. Twenty-four sampling sites on six vegetation types were determined. In each site, 9 sampling plots, based on previous studies, which are required for minimum sample number according to the variance of vegetation distribution, were determined in a systematic-random method, and the aboveground phytomass of vegetation groups, such as grasses, forbs, shrubs and total, were determined using the harvesting method. Initially, to calculate vegetation indices, the averages of 16 pixel values of the location of sample units from the corrected images were derived and transferred to the software environment. The correlation matrices between the derived pixel values and field collected data for the 24 selected vegetation indices were calculated and used for the estimation of grasses, forbs, shrubs and total aboveground phytomass. The results showed that indices such as RVI, TNDVI and GNDVI had the highest correlation with the aboveground phytomass of grasses, PD312, IO and PD311 with the aboveground phytomass of forbs, RDVI, DVI and RVI with the shrubs, and PD311, PD321 and PD312 with the total aboveground phytomass ($P < 0.01$). In the second stage, three of the indices, having the highest correlation with the aboveground phytomass of each group and entire previous stage, were selected, and Landsat8 images were used to calculate the aboveground phytomass of each vegetation group and the total aboveground phytomass was calculated. The aboveground phytomass maps of each group and the total aboveground phytomass were controlled with sampling points to assess the accuracy. The results of this study showed that the best maps were obtained using the TNDVI index for grasses aboveground phytomass, PD312 for forbs, RVI for shrubs groups and PD311 for the total aboveground phytomass. Moreover, some indices, such as PD311 and RVI, could be used for all growth forms and estimation of total aboveground phytomass ($P < 0.01$) and ($P < 0.01$). In general, Landsat 8 data could be used to estimate and map the aboveground phytomass of vegetation groups and to determine the carrying capacity of the total aboveground phytomass in Sabalan rangelands, having advantages based on cost, time and the ability to monitor large areas with repeatability potential in comparison with the ground-based methods.

Keywords: Rangeland capacity, remote sensing, vegetation index, Sabalan Mountain, Ardabil Province.