

تعیین درصد پوشش گیاهی مناطق خشک با به کارگیری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردنی: حوزه آبخیز ندوشن)

جلال عبدالله^{*}^۱، ناصر باغستانی^۱، محمد حسین ثوابی^۱ و محمد حسن رحیمیان^۲

(تاریخ دریافت: ۸۵/۳/۱؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۵/۹)

چکیده

تحقیق حاضر با هدف تبیین مدل جهت استفاده اطلاعات ماهواره‌ای و فاکتورهای محیطی در راستای دسترسی به روشنی برای ایجاد نقشه پوشش گیاهی در مناطق خشک صورت گرفته است. این مطالعه در منطقه‌ای به وسعت حدود ۶۰۰۰۰ هکتار در حوزه آبخیز ندوشن استان یزد انجام گرفت. سایتهاي مطالعاتي در ۵۰ نقطه از تپه‌هاي گیاهی عمده منطقه مستقر و درصد پوشش گیاهی هر يك در تابستان سال ۱۳۸۱ اندازه‌گيری شد. با تعیین موقعیت سایتهاي زمیني روی تصویر ماهواره‌ای لندست^۱ ETM⁺ با قدرت تفکیک مکاني ۳۰ متر و مربوط به تیرماه همان سال، شاخص‌های مختلف گیاهی و خاک از تک باندهای آن ساخته شد. هم‌چنین نقشه‌های پارامترهای محیطی منطقه تهیه گردید. سپس از روی تمامی لایه‌های اطلاعاتی اعداد مربوط به ۵۰ سایت مطالعاتی استخراج گردید و از طریق رگرسیون خطی چند متغیره، همبستگی و روابط بین درصد پوشش گیاهی با اطلاعات تمامی باندها، شاخص‌ها و فاکتورهای محیطی دیگر مورد آنالیز قرار گرفت و از مدل مناسب استخراج شده، ضرایب جهت ساخت نقشه نهایی مشخص و با استفاده از معادله رگرسیون، نقشه درصد پوشش گیاهی منطقه ترسیم گردید و دقت آن تعیین شد. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده هم‌زمان از چندین پارامتر منجر به نتیجه‌گیری بهتر برای تعیین درصد پوشش گیاهی مرتع در مناطق خشک می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پوشش گیاهی، سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی، رگرسیون چند متغیره، ندوشن

مقدمه

تکنیک سنجش از دور باشد که توانایی تولید اطلاعات لازم جهت ارزیابی پوشش گیاهی و اتخاذ شیوه مناسب مدیریتی در مناطق خشک را دارا می‌باشد. حدود ۵۴ درصد سطح کشورمان را مرتع پوشانیده‌اند^(۷) و با توجه به این مهم که کشور ما

دست‌یابی به اطلاعات مراتع در سطوح وسیع، در شرایط سخت مناطق خشک و بیابانی و نیز عدم توانایی دسترسی بر برخی عرصه‌های کوهستانی و کویری شاید توجیهی برای استفاده از

۱. به ترتیب اعضای هیئت علمی و کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد

۲. کارشناس مرکز ملی تحقیقات شوری، یزد

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: jaabdollahi@yahoo.com

بخش‌های اکولوژیکی مؤثر نیستند، بلکه زمانی که از شاخص‌های حاصل از ترکیب باندها استفاده می‌شود، باعث تشخیص بهتر هر کدام از مناطق اکولوژیکی می‌شود(۹ و ۱۷). علاوه بر این، مطالعات گسترده‌ای جهت ساخت شاخص‌های مختلف پوشش گیاهی از تک باندهای ماهواره‌ای و یا اصلاح شاخص‌های موجود برای شرایط خاص محیطی هر منطقه صورت گرفته است. معروف‌ترین این شاخص‌ها NDVI بوده که توسط رزو همکارانش در سال ۱۹۷۴ معرفی گردیده و از آن در اکثر مطالعات پوشش گیاهی استفاده شده است(۲۰). خواجه الدین نقشه درصد پوشش را با استفاده از شاخص NDVI در منطقه جازموریان با دقت ۶۵ درصد گزارش نموده است. در این تحقیق برای پوشش گیاهی کمتر از ۱۵٪ مقادیر NDVI ثابتی گزارش شده است. وی هم‌چنین اشاره کرد هنگامی که پوشش گیاهی ضعیف است خاک زمینه انعکاس پوشش گیاهی را می‌پوشاند و مانع از انعکاس پوشش گیاهی در تصویر می‌شود و در نتیجه NDVI کم می‌شود و یا مناطق مختلف دارای مقادیر NDVI مشابهی می‌شوند. وی به این نتیجه رسید که شاخص مناسبی برای مناطق خشک نمی‌باشد، زیرا پوشش گیاهی ضعیف به‌طور معنی‌داری روی کاهش بازتاب نور مادون قرمز تأثیر می‌گذارد(۱۳). این مشکل از کمبود بارندگی و بالابودن میزان تبخیر و تعرق ناشی می‌شود که باعث کاهش سبزیه و به تبع آن کاهش فتوسنتز می‌گردد. غالب شدن میزان این گیاهان در بین پوشش گیاهی کل در مناطق خشک موجب بروز تغییرات طیفی درون گونه‌های گیاهی و از نقطه‌ای به نقطه دیگر می‌شود(۱۵) و (۱۶). تلاش‌های زیادی برای به حداقل رسانیدن اثرات خارجی محیطی روی مقادیر عددی میزان بازتابش طیفی ناشی از گیاه در مناطق خشک صورت گرفته است. به عنوان مثال هویت شاخص NDVI را اصلاح نمود و شاخصی به نام SAVI را معرفی کرد (۱۲). هم‌چنین قی و همکارانش به ایجاد شاخصی به نام MSAVI پرداخته‌اند که اثرات بازتاب خاک را تا حدود زیادی کاهش داده است(۱۸ و ۱۹). پیکاپ و همکارانش در مطالعات خود از داده‌های لندست MSS استفاده نمودند. آنها شاخص PD54=Band4-

عمدتاً از شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک برخوردار است، استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای در زمینه مطالعه پوشش گیاهی نیازمند به طراحی مدل‌هایی خاص در این نوع آب و هوا می‌باشد. 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 حاصله گویاگر و از دقت بالاتری برخوردار است(۶).

تنک بودن پوشش گیاهی در اکثر مناطق خشک کشور شرایط ویژه‌ای از لحاظ نوع بازتابش به وجود آورده است. ضعیف بودن پوشش گیاهی در چنین مناطقی باعث می‌شود خاک زمینه اثر بازتاب گیاه را تحت تأثیر قرار دهد و به آن چیره شود(۱۰). هم‌چنین انعکاس از سطحی که دارای پوشش گیاهی می‌باشد ترکیبی از انعکاس برگ‌های پوشش گیاهی و خاک زمینه است، (۲) که جداسازی این دو از هم‌دیگر شرایط استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای را سخت‌تر نموده است.

تحقیقات زیادی در زمینه استفاده سنجش از دور برای تعیین درصد پوشش گیاهی در مناطق خشک انجام شده است. مطالعات اولیه بر پایه استفاده از اطلاعات تک باندها و تعیین بهترین آنها جهت نمایش درصد پوشش گیاهی بوده است. به عنوان مثال نتایج تحقیق انجام گرفته توسط واحدی نشان داد که درصد پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه با باندهای TM3 و TM4 رابطه معنی‌داری دارد و می‌توان نتیجه گرفت که با استفاده از باندهای فوق تخمین پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه امکان‌پذیر است(۸). این نتیجه در تحقیق صورت گرفته توسط ارزانی در کشور استرالیا نیز حاصل گردیده است(۱). هم‌چنین این نکته را باید مد نظر 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 در شرایط حاکم بر مناطق خشک و نیمه خشک می‌انجامد. چنانکه بلود در مطالعه خود که به منظور طبقه‌بندی شش منطقه مختلف اکولوژیکی با استفاده از داده‌های TM انجام داده است، نتیجه گرفت که باندها به تنها یکی در تشخیص

مطالعه در محدوده جغرافیایی $46^{\circ} 32' 0''$ طول شرقی و $53^{\circ} 24' 0''$ عرض شمالی از سطح دریا 3367 متر و حداقل آن 1700 متر می‌باشد و شیب منطقه از $0/1$ تا $75/0$ درصد متغیر است. متوسط بارندگی سالیانه حوزه ندoshen 167 میلی متر است، تقریباً تمام این نزولات مربوط به ماههای دی، بهمن، اسفند و فروردین می‌باشد. نزدیک به 18 درصد بارندگی به صورت برف و بقیه نزولات حوزه را باران تشکیل می‌دهد. متوسط دمای منطقه بر حسب ارتفاع از 12 تا 15 درجه سانتی گراد متغیر می‌باشد. گرم‌ترین ماه سال تیر و سردترین آن دی ماه است.

روش کار

شکل ۱ مراحل مختلف انجام این کار را نشان می‌دهد. همان‌طوری که در این نمودار آمده است اطلاعات مورد نیاز در این تحقیق از سه منبع مختلف کسب شده است که شامل اطلاعات میدانی، نقشه‌های موجود از فاکتورهای محیطی منطقه و تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. در ادامه نحوه تهیه و پردازش هر یک از این اطلاعات تشریح می‌گردد.

اطلاعات میدانی

جهت انجام کارهای صحراوی تحقیق در اواسط اردیبهشت تا اواسط تیر ماه سال 1381 ، با استفاده از تجربیات موجود و بازدیدهای متعدد، پنجاه نقطه مناسب برای استقرار سایت‌های مورد نیاز مشخص گردید. هم‌چنین به صورت کاملاً مشابه، تعداد 35 سایت دیگر نیز در منطقه مشخص شد تا از داده‌های این نقاط در تعیین صحت و دقت نقشه نهایی استفاده گردد. سپس با استفاده از یک دستگاه GPS مدل $24xc$ SP مختصات تمامی این نقاط جهت انتقال روی لایه‌های اطلاعاتی موجود در بانک اطلاعاتی ثبت شد (شکل ۲، الف).

جهت استقرار هر سایت پس از تعیین نقطه مرکزی، 25 قطعه نمونه‌برداری که هر یک از آنها دارای 25 متر مربع مساحت بودند، ایجاد گردید و در مرکز هر یک آنها پیکه‌ای

Band5 را به کار گرفته‌اند و گزارش نموده‌اند که همبستگی نزدیکی با درصد پوشش گیاهی در اراضی وسیع مرتعی در مناطق خشک داشته است و این شاخص باعث کاهش اثرات خاک زمینه در برآوردهای پوشش گیاهی می‌شود(۱۷).

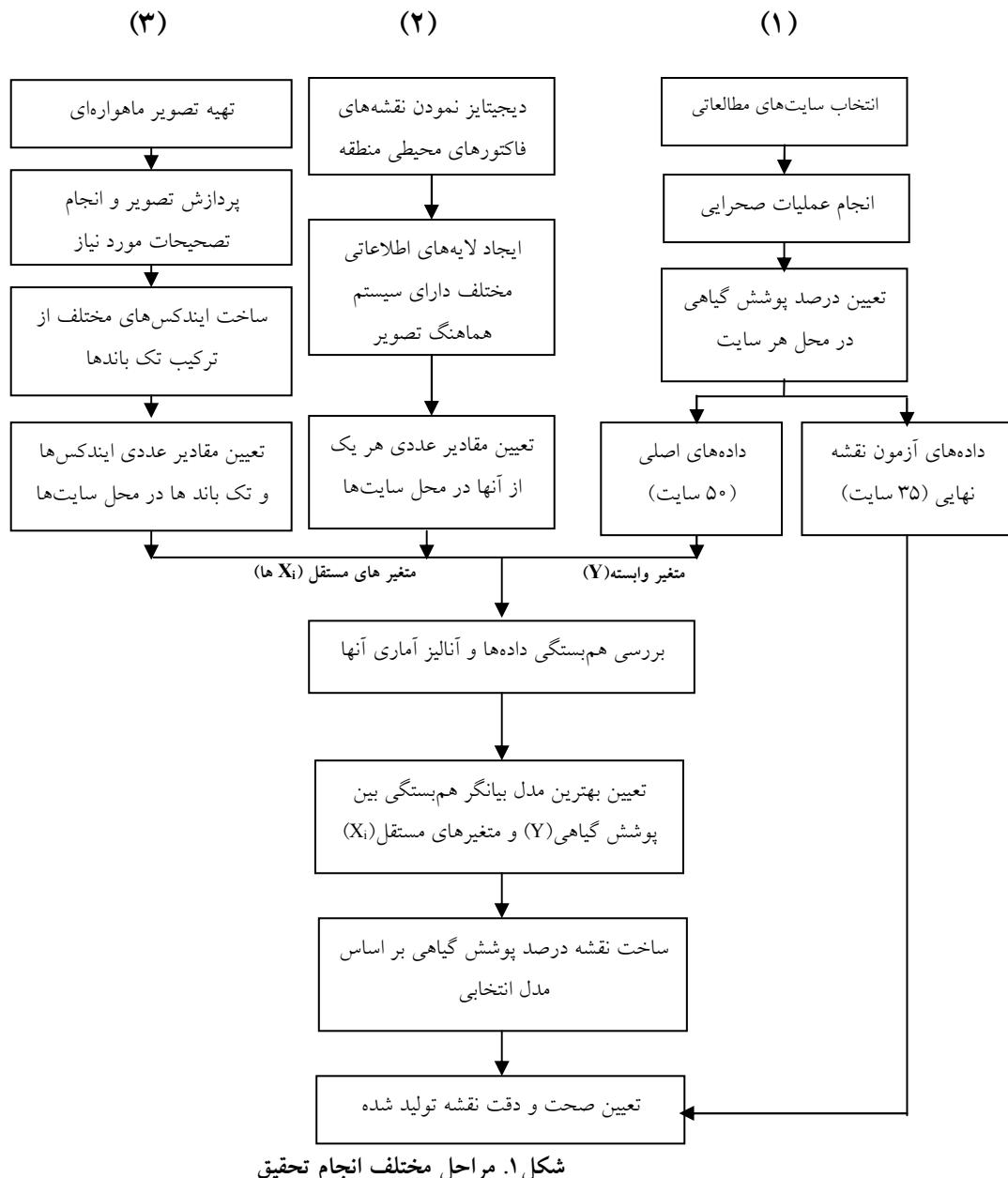
در برخی از مطالعات استفاده هم‌زمان و تلفیقی از چندین شاخص مختلف نیز تجربه شده و به تولید نقشه پوشش گیاهی منجر گردیده است. به عنوان مثال حسینی و همکارانش در منطقه مازندران تحقیقی انجام داده‌اند که در آن از 26 شاخص مختلف گیاهی، اطلاعات تک باندهای ماهواره‌ای ندست ETM^+ و هم‌چنین باندهای ترکیبی با پانکروماتیک (باند 8) استفاده شده و به کمک رگرسیون چند متغیره، بهترین تلفیق آنها جهت تهیه نقشه پوشش گیاهی به دست آمده است(۱۱). هم‌چنین خوانین زاده در سال 1378 به ارزیابی شاخص‌های مختلف پوشش گیاهی(18 شاخص) در منطقه نیر در استان یزد پرداخته است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داده است که به طور کلی شاخص‌هایی که شامل باندهای قرمز و مادون قرمز هستند همبستگی بیشتری با تاج پوشش گیاهی دارند(۴).

تحقیق حاضر بر اساس ضرورت حل مشکلات و محدودیت‌های فوق الذکر، مدلی را مبتنی بر استفاده تلفیقی از شاخص‌های مختلف گیاهی و فاکتورهای محیطی مؤثر بر پوشش گیاهی مناطق خشک مطرح می‌کند. هدف از اجرای این تحقیق تبیین مدل جهت تهیه نقشه پوشش گیاهی با به کار گیری از تکنیک‌های سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مناطق خشک، هم‌چنین دستیابی به چگونگی پردازش اطلاعات ماهواره‌ای با توجه به درصد کم پوشش گیاهی در مناطق خشک با استفاده از شاخص‌های مناسب برای ترکیب گیاهی مورد نظر بوده است.

مواد و روش‌ها

موقعیت محل اجرای طرح

محل اجرای طرح حوزه آبخیز ندوشن واقع در بزرگ حوزه یزد – اردکان و دارای مساحت 60000 هکتار می‌باشد. منطقه مورد



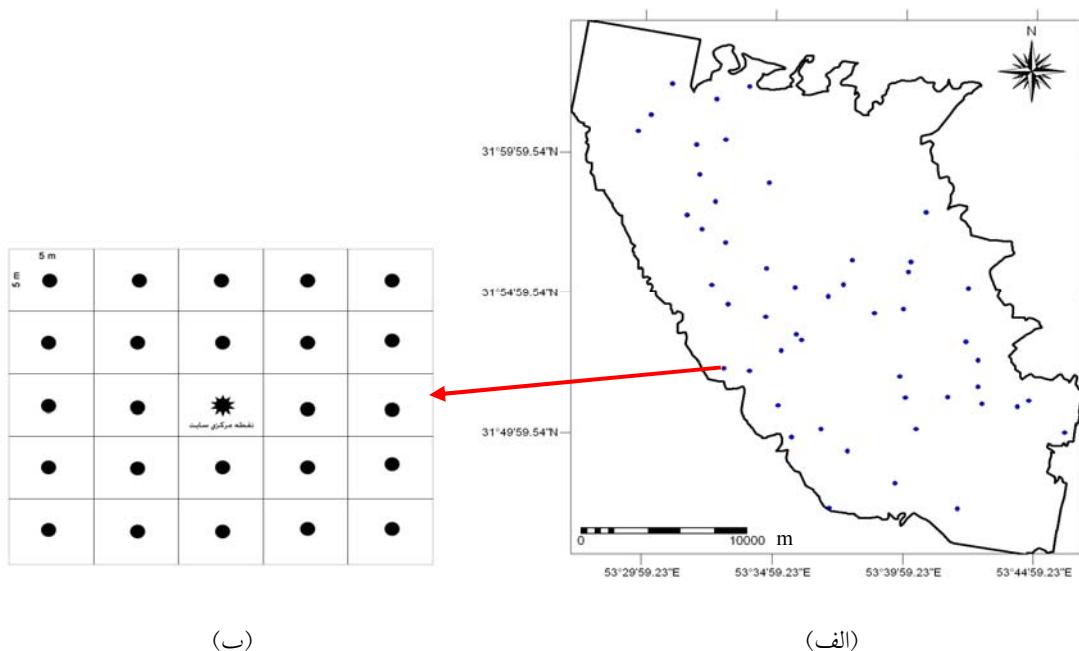
سایت فرض و در بانک اطلاعاتی اکسل یادداشت گردید. این مجموعه داده به عنوان متغیر و استه مورد مطالعه شناخته می شود.

فакتورهای محیطی

به دلیل اثرات بارز فاکتورهای محیطی بر روی میزان پوشش گیاهی در مناطق خشک، انجام مطالعات پوشش گیاهی در چنین مناطقی، می‌تواند با بررسی فاکتورهای محیطی، حاکم بر آن

کوییده شد. این قطعات نمونه به عنوان محل های آمار برداری لحاظ شدند. بدین وسیله ۲۵ نقطه آمار برداری در هر سایت مشخص گردید. شکل ۲ (ب) نحوه انتخاب محل های آمار برداری در هر سایت را نشان می دهد.

سپس درصد پوشش گیاهی در تمامی ۲۵ نقطه آمار برداری هر سایت و با استفاده از یک پلات ۲ مترمربعی اندازه‌گیری شده و معدل به عنوان درصد پوشش گیاهی برای هر



شکل ۲. موقعیت سایت‌های مطالعاتی اصلی در مرتع ندوشن(الف) و نحوه انتخاب محل‌های آمار برداری در هر سایت(ب)

سیستم هم‌آهنگ جغرافیایی این تصویر (Coordinate system)، با انجام تصحیح هندسی آن در محیط نرم افزاری الویس و به روش affine مختصات جغرافیایی پیکسل‌های این تصویر بر موقعیت دقیق عوارض طبیعی زمین در منطقه مطالعاتی منطبق گردید و نهایتاً مقدار ریشه متوسط مربع خطأ (RMSE) برابر 0.253° محاسبه شد. به دلیل این‌که منطقه مطالعاتی دارای کشیدگی اندکی در امتداد طول و عرض جغرافیایی بوده و مساحت کوچکی را شامل می‌شود، این روش تصحیح هندسی مناسب به نظر می‌رسد. هم‌چنین این روش از لحاظ حداقل تعداد نقطه مورد نیاز به تصحیح نیز ارجح می‌باشد. تصحیح طیفی صورت گرفته روی این تصویر از نوع اتمسفری بود که بر اساس بازتابش صفر از سطح آب زلال در باند هفت-که عاری از اثر خطای جوی است- صورت گرفت. به دلیل نبود آب زلال در محدوده مطالعاتی، نقطه مورد نظر جهت انجام این تصحیح در کل مساحت تحت پوشش یک سین کامل ماهواره‌ای (فریم ۱۶۲-۳۸) و در محل آب‌گیر طرح تغذیه مصنوعی دشت ابراهیم آباد مهریز جستجو شد. این محل در زمان اخذ تصویر دارای آب زلال حاصل از بارندگی در منطقه

مناطق همراه باشد. بنابراین برای تعیین میزان تأثیر این فاکتورها بر روی درصد پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه، اقدام به تهیه نقشه‌های مربوط به فاکتورهای محیطی شد. بدین منظور ابتدا نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ مورد مطالعه تهیه و دیجیتایز شد. سپس با به کارگیری این نقشه و استفاده از قابلیت‌های نرم افزاری الویس، نقشه‌های ارتفاع از سطح دریا (DEM)، شب (Slope) و جهات جغرافیایی (Aspect) تهیه و هر یک دارای سیستم هم‌آهنگ جغرافیایی گردید. در نهایت با انجام عملیات کراسینگ (Crossing)، مقادیر عددی هر یک از این لایه‌هادر محل سایت‌های مورد مطالعه استخراج گردید و به عنوان مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل وارد بانک اطلاعاتی اکسل شد. این داده‌ها تحت عنوان فاکتورهای محیطی مورد بررسی و آنالیز آماری قرار گرفته‌اند.

داده‌های سنجش از دور

برای اجرای این تحقیق از تصویر ماهواره لنست ۷ مربوط به ۱۷ اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۱ (منطبق بر زمان نمونه‌برداری‌های صحرایی) استفاده شد. هم‌چنین برای کسب اطمینان از صحت

جدول ۱. قسمتی از بانک اطلاعاتی ایجاد شده در نرم افزار اکسل و نحوه چیدمان اطلاعات در آن

۱. کسب شده از اطلاعات صحراپایی ۲. استخراج شده از نقشه های مربوط به هر یک از متغیرهای مستقل مورد نظر
 ۳. علت زیاد بودن مقادیر NDVI در این جدول اعمال تصحیح $127 + 128 \times$ بوده که برای مناطق خشک پیشنهاد شده است.

معادله رگرسیون خطی چند متغیره به صورت زیر است.

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \varepsilon$$

در این فرمول، Δ متغیر وابسته مورد مطالعه است و ΔX هامتغيرهای مستقل می‌باشند. ضرایب متغیرهای مستقل (ضرایب رگرسیونی) با β بیان می‌شوند. مقدار عدد ثابت این معادله است. نتیجه آنالیز آماری با این روش شامل مجموعه‌ای از مدل‌هاست که هر یک دارای ضرایب تبیین تصحیح شده (R^2_{adj}) متفاوت می‌باشند. ارزیابی صحت و کفایت هر مدل با استفاده از همین ضریب صورت می‌گیرد⁽⁵⁾. در این تحقیق با استفاده از نرم افزار آماری spss و اعمال مدل رگرسیون خطی چند متغیره به روش حذف پس رونده (Backward)، مدل‌های مختلفی حاصل شد که بهترین مدل با توجه به مقدار بالاتر آماره R^2_{adj} انتخاب گردید (مدل شماره ۹).

پس از انتخاب مدل مناسب، متغیرهایی که می‌توانستند توجیه گر منطقه نسبت به درصد پوشش گیاهی باشند، با عنوان predictors جدا شده و ضرایب هر یک از آنها نیز با عنوان مقادیر β ثبت گردیدند. سپس با قرار دادن میزان عدد ثابت (ϵ) و ضرایب رگرسیونی به دست آمده، فرمول رگرسیون خطی چند متغیره شکل گرفت و با داشتن تمامی پارامترهای فرمول (متغیرهای مستقل و ضرایب آنها)، نقشهنهایی درصد پوشش گیاهی در محیط نرمافزاری الویس، تولید گردید.

بود. همچنین با استفاده از تکنیک نمونه برداری مجدد (Resampling) روی باندهایی با اندازه غیرمعمول، اندازه آنها نیز با باندهای معمولی (30×30 متر) تطبیق داده شد. با به کارگیری تک باندهای ماهواره‌ای و فرمول‌های مستخرج از منابع مورد استفاده در این تحقیق، شاخص‌های مختلف پوشش گیاهی و خاک ساخته شد. بنابراین لایه‌های متعددی از تک باندهای ماهواره‌ای و شاخص‌های مختلف به دست آمد. لذا با عملیات کراسینگ اعداد مربوط به پیکسل‌های هر کدام از سایت‌های ۵۰ گانه بر روی تک باندها و نقشه شاخص‌ها مستخرج و در بانک اطلاعاتی اکسل وارد گردید. داده‌های استخراج شده از این لایه‌ها تشکیل مجموعه‌هایی از متغیرهای مستقل می‌دهند. جدول ۱ قسمتی از بانک اطلاعاتی ایجاد شده در نرم افزار اکسل و نحوه چیدمان اطلاعات در آن را نشان می‌دهد.

پردازش و آنالیز داده‌ها

ابتدا با محاسبه ماتریس همبستگی، وجود یا عدم وجود هم راستایی (Colinearity) بین متغیرهای مستقل در سایت های پنجاه گانه بررسی گردید. سپس برای بررسی چگونگی ارتباط بین متغیر وابسته مورد مطالعه (درصد پوشش گیاهی) و تمامی متغیرهای مستقل (فاکتورهای محیطی، تک باندها و شاخص ها) از روش رگرسیون خطی چند متغیره استفاده شد. شکل عمومی

جدول ۲. ماتریس همبستگی بین اطلاعات باندهای تصویر ماهواره‌ای لنست ETM^+ و درصد پوشش گیاهی
در محل سایت‌های موجود در منطقه مطالعاتی

متغیر	درصد پوشش	باند ۱	باند ۲	باند ۳	باند ۴	باند ۵	باند ۶-۱	باند ۶-۲	باند ۷	باند ۸
درصد پوشش	۱	-۰/۳۴۶	-۰/۲۶۲	-۰/۲۰۴	۰/۰۲۱	-۰/۰۴۱	-۰/۱۵۹	-۰/۱۵۵	-۰/۰۲۵	-۰/۱۰۳
باند ۱	۱	۰/۹۴۰	۰/۸۶۷	۰/۶۴۶	۰/۶۰۸	۰/۰۹۳	۰/۰۹۹	۰/۶۳۷	۰/۷۸۳	۰/۹۲۴
باند ۲	۱	۰/۹۷۴	۰/۸۱۷	۰/۸۷۷	۰/۸۵۰	۰/۲۸۹	۰/۲۸۳	۰/۸۴۱	۰/۷۸۸	۰/۹۵۷
باند ۳	۱	۰/۸۷۷	۰/۸۱۷	۰/۹۷۴	۰/۹۴۰	۰/۸۶۷	۰/۶۴۶	۰/۶۰۸	۰/۰۹۳	۰/۰۹۹
باند ۴	۱	۰/۸۳۸	۰/۴۱۱	۰/۴۰۶	۰/۷۸۲	۰/۹۶۸	۰/۴۰۶	-۰/۴۱۱	-۰/۷۸۲	۰/۸۴۱
باند ۵	۱	۰/۵۳۰	-۰/۵۲۷	-۰/۵۲۷	۰/۹۷۹	۰/۸۵۷	-۰/۵۲۷	-۰/۵۳۰	-۰/۳۱۷	-۰/۳۱۷
باند ۶-۱	۱	۱	-۰/۴۲۷	-۰/۴۲۷	-۰/۳۱۲	-۰/۳۱۲	-۰/۴۲۷	-۰/۴۳۰	-۰/۴۳۰	-۰/۸۲۳
باند ۶-۲	۱									۱
باند ۷	۱									
باند ۸	۱									

اطلاعات موجود در باندها می‌باشد. این باندها نمی‌توانند در مدل رگرسیونی نقشی ایفا کنند و بایستی از مدل حذف گردند. به عنوان مثال قرارگیری هم‌زمان باندهای ۶-۲ و ۶-۱ در مدل انتخابی ضرورتی ندارد و چنانچه هر دوی آنها در مدل انتخابی قرار گیرند، آن مدل فاقد کفایت لازم خواهد بود.

هم‌بستگی داده‌ها در سایر متغیرهای مستقل نیز محاسبه و بررسی گردید. نتایج این محاسبه به صورت ماتریس همبستگی نشان داده شده در جدول ۳ است. به دلیل زیاد بودن تعداد متغیرها، فقط به ذکر تعدادی از آنها در این ماتریس اکتفا شده است.

هم‌چنین دو نمونه از نمودارهای پراکندگی نقاط مربوط به داده‌های زمینی و باندهای ماهواره‌ای و شاخص‌ها در شکل ۳ آورده شده است. در این نمودارها همبستگی بسیار کمی بین نقاط مشاهده می‌گردد که دلیل بر عدم کارایی تک‌باندها و یا یک شاخص در تعیین درصد پوشش گیاهی می‌باشد.

پس از انجام آنالیز همبستگی، رگرسیون خطی چند متغیره روی متغیرهای مستقل اعمال شد و بهترین مدل با توجه به مقدار بالاتر R^2_{adj} انتخاب گردید. مشخصات مدل انتخابی

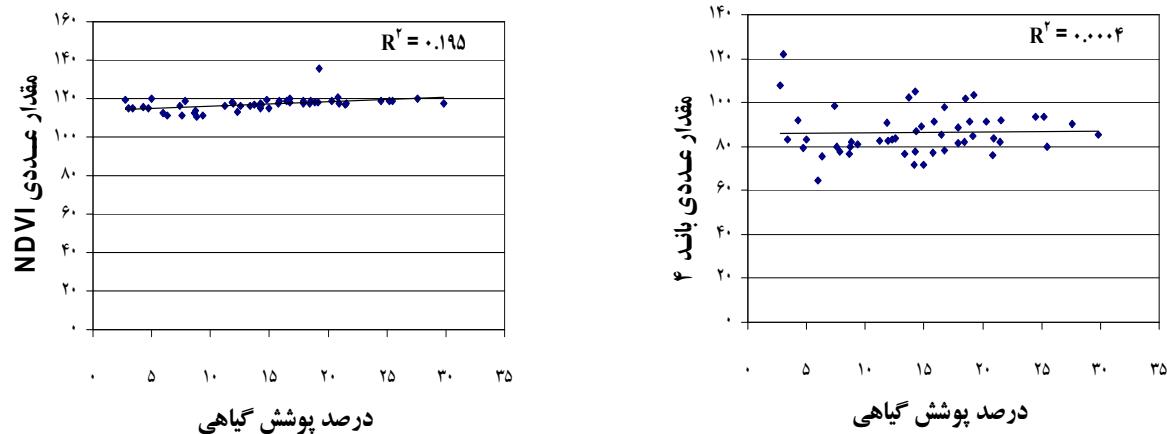
جهت تعیین دقت نقشه تولید شده، از روش کراس ولیدیشن (Cross validation) استفاده شد. بدین منظور از آمار برداشت شده میدانی در ۳۵ سایت مجزا از سایت‌های پنجاه‌گانه اصلی استفاده گردید. سپس محل‌های آنها روی نقشه پوشش گیاهی تولید شده مشخص و با عملیات کراسینگ اعداد مربوط به این نقاط از روی نقشه استخراج شد. سپس آمار به دست آمده از نمونه‌برداری صحراوی با اعداد مربوط به همان نقاط در نقشه تولیدی مقایسه شد. این مقایسه با برآش خط مستقیم بین این دو مجموعه از داده‌ها صورت گرفت و ضریب تبیین (R^2) حاصله به عنوان دقت نقشه تولید شده منظور گردید.

نتایج

در جدول ۲ ماتریس همبستگی بین باندهای مختلف تصویر ماهواره‌ای لنست و نیز درصد پوشش گیاهی در محل سایت‌های مطالعاتی نشان داده شده است. در این ماتریس مقادیر متفاوتی از ضریب همبستگی مشاهده می‌شود. بالا بودن این ضریب در برخی از المان‌های ماتریس ناشی از هم راستا بودن

جدول ۳. ماتریس همبستگی بین اطلاعات فاکتورهای محیطی، شاخص‌های مختلف و درصد پوشش گیاهی
در محل سایت‌های موجود در منطقه مطالعاتی

...	MIRV	MIND	LWCI	TVI	PD32	NIR	ASPECT	SLOPE	DEM	درصد پوشش	متغیر
۰/۲۳۹	۰/۴۵۴	۰/۱۰۹	۰/۴۵۴	۰/۰۲۹	-۰/۰۷۳	۰/۲۴۷	-۰/۳۳۳	۰/۴۹۵	۱	درصد پوشش	
۰/۴۲۰	۰/۳۷۷	-۰/۲۱۳	۰/۴۲۷	۰/۳۲۹	-۰/۰۰۸	۰/۲۹۹	۰/۳۰۳	۱		DEM	
۰/۱۴۴	-۰/۱۱۹	-۰/۳۶۹	-۰/۱۲۹	۰/۱۶۹	۰/۰۵۱	-۰/۰۰۲	۱			SLOPE	
۰/۲۹۷	۰/۳۰۴	-۰/۲۰۱	۰/۴۲۸	۰/۰۸۱	۰/۱۹۴	۱				ASPECT	
-۰/۲۲۸	۰/۲۶۴	۰/۲۱۸	۰/۳۹۷	۰/۴۱۲	۱					NIR	
۰/۱۹۴	-۰/۰۷۶	-۰/۳۴۰	۰/۱۱۹	۱						PD32	
۰/۱۴۷	۰/۹۷۰	۰/۳۲۴	۱							TVI	
-۰/۸۰۰	۰/۳۹۹	۱								LWCI	
۰/۱۰۹	۱									MIND	
۱										MIRV	
۱										...	



شکل ۳. دو نمونه از نمودارهای پراکنده‌ی بین درصد پوشش گیاهی و داده‌های ماهواره‌ای

هر کدام از این متغیرها دارای یک ضریب رگرسیون (β) می‌باشند که با قرارگرفتن در فرمول، معادله رگرسیون خطی چند متغیره به صورت زیر را تشکیل می‌دهند:

$$\begin{aligned} \text{DEM} + ۰/۰۷۲۷ \text{Slope} \\ - ۰/۴۵۷ \text{RA} + ۰/۰۷۳ \text{RA} \\ + ۰/۰۳۹ \text{Aspect} + ۰/۴۵۲ \text{NIR} + ۰/۸۳۰ \text{MIR} + \dots + ۰/۷۵۱۹/۸۶۸۹ \end{aligned} \quad [2]$$

بر اساس این معادله و اعمال ضرایب رگرسیونی روی متغیرهای آن، نقشه درصد پوشش گیاهی برای مرتع ندوشن

(مدل شماره ۹) در جدول ۴ آمده است. جدول ۵ نیز تجزیه واریانس مدل انتخابی را نشان می‌دهد که در آن منابع تغییرات به دو بخش رگرسیون و مانده‌ها تقسیم شده است.

در مدل انتخابی چندین متغیر از بین تمامی متغیرهای مستقل گرینش شده‌اند و به عنوان مهم‌ترین فاکتورهای انتخاب گردیده‌اند. درصد پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه انتخاب گردیده‌اند. سایر متغیرهای مستقل برای این کار ضعیف تشخیص داده و از مدل کنار گذاشته شده‌اند (جدول ۶).

جدول ۴. بهترین مدل آماری انتخاب شده به روش رگرسیون خطی چند متغیره

شماره مدل انتخابی	ضریب همبستگی چند متغیره (R)	ضریب تبیین (R^2)	ضریب تبیین تصحیح شده (R^2_{adj})	برآورد خطای استاندارد (S.E)
۹	۰/۹۸۳	۰/۹۶۶	۰/۹۰۷	۲/۰۴۸۸

جدول ۵. جدول تجزیه واریانس مربوط به مدل شماره ۹

شماره مدل انتخابی	منابع تغییرات (S.V.)	مجموع مربعات (S.S.)	درجه آزادی (d.f.)	میانگین مربعات (M.S.)
	رگرسیون	۲۱۳۸/۰۴۳	۳۱	۶۸/۹۶۹**
۹	مانده ها	۷۵/۵۵۴	۱۸	۴/۱۹۷
	کل	۲۲۱۳/۰۹۷	۴۹	--

** : معنی دار بودن در سطح اطمینان ۰/۰۱

جدول ۶. اسمی متغیرهای مستقل گزینش شده (predictors) و کنارگذاشته شده (excludes) توسط مدل انتخابی

متغیرهای مستقل کنارگذاشته شده از مدل	متغیرهای مستقل گزینش شده در مدل
LWCI, MIND, MINI, MIRV, MNDVI, NDVI, PVI, RVI, SARVI, SAVI, TNDVI, VI, VNIR, ARVI, Band1, Band2, Band3, Band4, Band5, Band6–1, Band7, BI, DVI, GVI, IR, PD31, VNIR.	عدد ثابت(۷۵۱۹۸/۶۸۹)، DEM(۰/۰۷۲۷)، RA(۴۲/۱۷۳)، Slope(-۰/۴۵۷)، Aspect(۰/۰۳۹)، NIR(۷۹/۴۵۲)، MIR(۸۳۰/۸۸۷)، PD32(-۵۷۵/۶۹۵)، Band6–2(۳/۲۱۸)، IPVI(۶۸۵/۲۵۸)، LAI(۱۰۷/۷۸۲)، IR(۳۱۳/۱۰۹)، Band8(-۰/۶۱۹)، SWCI(۱۱۹۴/۷۷۸)، SR(-۴۵/۶۵۳)، EVI(-۱۵۶۳/۵۴۰)، GEMI(-۸/۴۶۸)، TVI(-۷۸۲/۴۷۸).

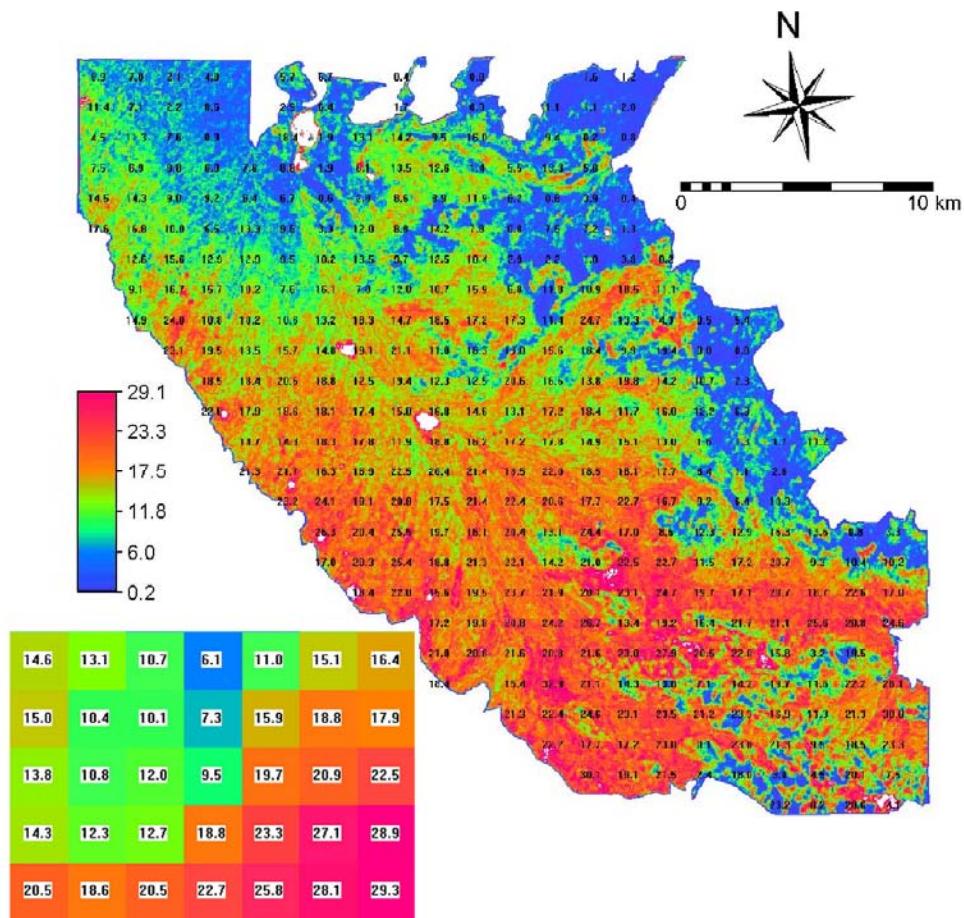
- هر یک از متغیرهای این جدول بیانگر یک شاخص و یا فاکتور محیطی است که به صورت نقشه های مجزا ترسیم شده است. اعداد داخل پرانتز مربوط به ضرایب رگرسیون هر متغیر است که در معادله رگرسیون خطی چند متغیره قرار می گیرند.

پس از ترسیم نقشه درصد پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه دقت آن با استفاده از داده های سایت های سارکانه و روش کراس ولیدیشن تعیین شد. (نمودار ۲). برآش حاصله بر اعداد این نمودار دارای ضریب تبیین ۰/۸۹ می باشد که نشان دهنده همبستگی قوی بین مقادیر مشاهده و تخمین است. بنابراین می توان دقت نقشه حاصله را منطبق بر نتایج آماری ذکر کرد و قابل قبول دانست.

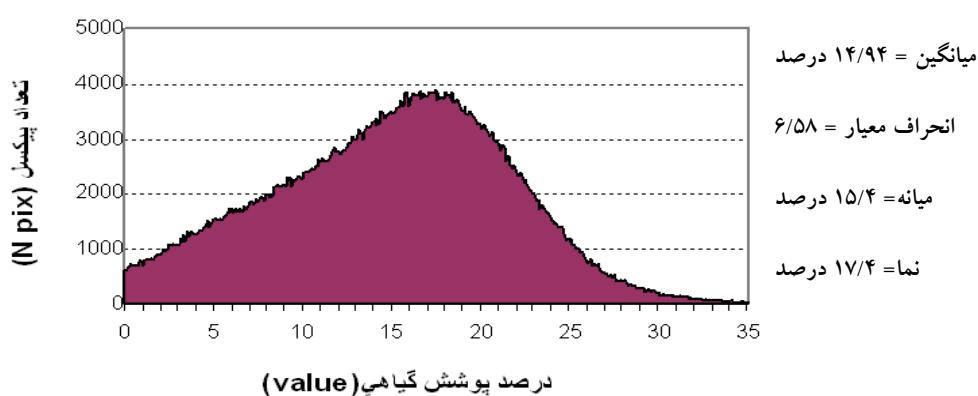
بحث و پیشنهادها

مهم ترین نتیجه کاربردی تحقیق حاضر در مراتع مناطق استبی و نیمه بیابانی این است که می توان با تهیه تصاویر در زمان بعد از

ترسیم گردید. شکل ۴ این نقشه را نشان می دهد. هیستوگرام این نقشه نیز محاسبه گردید که به صورت نمودار ۱ می باشد. پارامترهای آماری این هیستوگرام در کنار آن درج شده است. همان طوری که در هیستوگرام نقشه مشاهده می شود، درصد های پوشش زیر میانگین بیشتر از درصد های بالای میانگین می باشند. لخت بودن خاک منطقه از پوشش گیاهی در بسیاری از نقاط منجر به افزایش تعداد پیکسل های مربوط به مقادیر صفر و نزدیک به صفر شده است. این نقاط عملاً در تعیین میانگین نقشی ندارند اما در هیستوگرام حاصله قرار می گیرند. به همین دلیل است که هیستوگرام نقشه درصد پوشش گیاهی به صورت یک منحنی غیر نرمال ترسیم شده است.



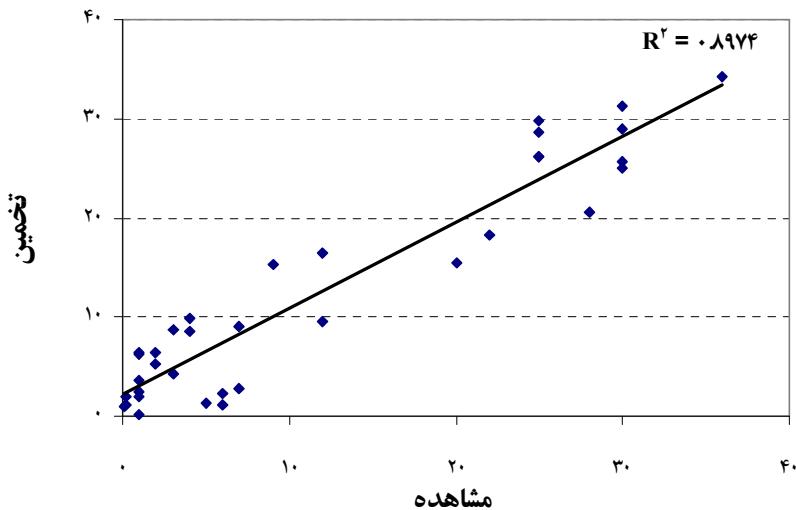
شکل ۴. نقشه درصد پوشش گیاهی مرتع ندوشن در سال ۱۳۸۱ به همراه پیکسل‌هایی از آن در گوشه تصویر، اعداد روی آنها بیانگر درصد پوشش گیاهی در محل آن پیکسل است



نمودار ۱. هیستوگرام نقشه درصد پوشش گیاهی

وجود همبستگی ضعیف بین درصد پوشش گیاهی و اطلاعات تک باندها و شاخص‌ها در ماتریس‌های همبستگی، نشان دهنده عدم کارایی روش‌هایی است که فقط از یک باند و

رویش‌های سالیانه، مثلاً اواخر اردیبهشت هرسال برای شرایط مرتع ندوشن، در مدت زمان کوتاهی درصد پوشش گیاهی را برای اجرای مدیریت صحیح در چرا و بهره برداری تعیین نمود.



نمودار ۲. نمودار تعیین دقت نقشه درصد پوشش گیاهی به روش کراس ولیدیشن

آنالیز آماری و میزان بالای ضریب تبیین اصلاح شده یک مدل اکتفا کرد. بلکه تنها ساخت نقشه با دقت قابل قبول است که می تواند صحت مدل آماری انتخاب شده را به اثبات برساند.

در مناطق خشک و نیمه خشک چون عمدتاً پوشش گیاهی ضعیف و پراکنده است، روش فوق می تواند روش مناسبی در استفاده از پارامترهای اکولوژیکی و محیطی جهت برآورد درصد پوشش در نقاطی باشد که پوشش گیاهی آن به اندازه ای نیست که خود مستقیماً بتواند DN هر پیکسل را تحت تأثیر جدی قرار دهد. ضعیف بودن پوشش گیاهی مناطق خشک باعث می شود خاک زمینه اثر بازتاب گیاه را تحت تأثیر قرار دهد یا به آن چیره شود. این نکته از مهم ترین مسائلی است که برای مطالعه پوشش گیاهی مناطق خشک باید حل شود. بر اساس شرایط ویژه حاکم بر پوشش گیاهی مناطق خشک، روش استفاده از کلاسه بندی معمولی روی تصاویر ماهواره ای در این مناطق مسلماً جواب نمی دهد و باید به مدل هایی دست یافت که از نظر مفهومی بتوانند سهم بازتاب های خاک و گیاه را به خوبی از هم جدا کنند. البته لازم به ذکر است درسال هایی که مرتع دچار خشک سالی شدید باشد این روش توصیه نمی گردد.

بسیاری از تحقیقات مشابه اذعان کرده اند که با کمک داده های لندست ۷ - حتی در صورتی که کالیبره شوند و عاری

با شاخص در تعیین درصد پوشش گیاهی مناطق خشک استفاده می نمایند. این نکته در شکل ۳ نیز مشاهده می گردد. در این شکل هم بستگی درصد پوشش گیاهی با شاخص معروف NDVI نیز بسیار اندک است که دلیلی دیگر بر محدودیت به کارگیری روش های متداول برای تعیین درصد پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک است.

وجود هم بستگی های معنی دار در برخی از المان های ماتریس های هم بستگی نشانه هم راستا بودن آنهاست و بیانگر این مفهوم است که اطلاعات موجود در یک باند یا شاخص توسط باند یا شاخص دیگری تکرار شده است. چنانچه دو متغیر با هم بستگی معنی دار در یک مدل قرار گیرند، آن مدل از کفاایت لازم برخوردار نخواهد بود. در مدل انتخابی (مدل شماره ۹) اثری از متغیرهای نامتعادل نیست، لذا مدل آماری انتخاب شده دارای مشکل هم راستایی نخواهد بود. در صورت جدی بودن خطر هم راستایی در مدل رگرسیون و یا توجیه لزوم وارد ساختن متغیرهای همبسته در مدل، راه حل های زیادی وجود دارد که می توان به روش تبدیل متغیرها به ترکیبات جدید و یا استفاده از روش های برآورد اریب دار ضرایب رگرسیون مانند رگرسیون ریج برای آنالیز آماری داده ها اشاره کرد(۵).

در مطالعات رگرسیون چند متغیره نمی توان تنها به نتایج

برای ما فراهم می‌نماید که بتوانیم شاخص‌های مختلفی را از نسبت باندهای مختلف به دست آوریم که این شاخص‌ها در کمی و کیفی کردن پوشش زنده و کهنسال به ما کمک می‌کند. به نظر می‌رسد استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی و خاک به علت ایجاد تنوع در استفاده از اطلاعات موجود در باندهای طیفی، از بهترین راه حل‌ها برای مطالعه پوشش گیاهی مناطق بیابانی و خشک باشند. پس از یافتن شاخص‌ها و پارامترهای اکولوژیکی که بتوانند نحوه رفتار پارامتر مورد مطالعه را بیان کنند، در مناطق خشک و بیابانی هیچ یک از این شاخص‌ها و پارامترها قادر نیستند که به تنها یی نقشه نهایی برای پارامتر مورد مطالعه را تولید نمایند، بلکه باید در فرمول رگرسیون اثرات شاخص‌های زیادی که هم‌بستگی آماری قابل قبول با رفتار پارامتر مورد مطالعه داشته باشند را تلفیق کرد.

از خطاهای مختلف گردند. نمی‌توان در صدهای پوشش بین صفر تا بیست درصد را تعیین نمود. اما با وجود این برخی از محققین مانند المور و همکارانش، مک جیوایر و همکارانش و اوکین و همکارانش گفته‌اند که به صورت تئوری، و در برخی مواقع به صورت عملی، می‌توان در صدهای پوشش گیاهی پراکنده و ضعیف در مناطق خشک و بیابانی را سنجش نمود(۱۴ و ۱۶). روش ارایه شده در این تحقیق در صدهای پوشش بسیار اندک که عدمه مراتع در مناطق خشک کشور دارا می‌باشند را مانیتور نموده است.

همان‌طور که در مقدمه ذکر گردید در زمینه پوشش گیاهی سبز زنده هرچه از بخش مرئی به طرف بخش مادون قرمز میانی از طیف الکترومغناطیس پیش برویم یک تفاوت معنی‌داری در انعکاس و جذب طیف‌ها رخ می‌دهد این تفاوت‌ها این امکان را

منابع مورد استفاده

۱. ارزانی، ح. ۱۳۷۶. کاربرد اطلاعات رقومی ماهواره لنست TM در تخمین تولید و پوشش گیاهی. مجله منابع طبیعی ایران ۵ (۱).
۲. حایز، ر. ۱۳۷۳. اصول سنجش از دور. مرکز سنجش از دور ایران، تهران.
۳. خواجه الدین، س. ج. ۱۳۷۵. استفاده از داده‌های ماهواره Landsat MSS در بررسی جوامع گیاهی و تعیین اراضی سور منطقه جازموریان. مجموعه مقالات دومین همایش ملی بیابانزایی و روش‌های مختلف بیابانزایی، وزارت جهادسازندگی، تهران.
۴. خوانین زاده، ع. ۱۳۷۸. بررسی امکان تهیه نقشه پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های ماهواره لنست TM در منطقه نیر یزد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۵. رضایی، ع. و ا. سلطانی. ۱۳۷۷. مقدمه‌ای بر تحلیل رگرسیون کاربردی. مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.
۶. فرزانه، ع. ۱۳۷۱. کاربرد GIS در منابع طبیعی. مجله جنگل و مرتع ۱۴: ۱۵-۱۲.
۷. مصدقی، م. ۱۳۷۴. مرتع‌داری در ایران. چاپ دوم، دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد.
۸. واحدی، ر. ۱۳۷۹. بررسی امکان تخمین درصد پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره لنست TM در منطقه سمیرم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
9. Bolude, Hernandez –R. 1988. Classification of ecological sectors in the sievra del negret and utiel (Valencia), usiag Thematic mapper sensor of Landsat Satellite. Anles- Edafologiy-Agrobiologia 47(5,6):1103-114.
10. Griffiths, G.H. 1985. Mapping rangeland vegetation in northern kenya from landsat data. PhD. Thesis, University of Aston in Birmingham.
11. Hosseini, S. Z., S. J. Khajeddin, H. Azarnivand. 2004. Application of ETM+ data for estimating rangelands cover percentage (Case study: Chamestan area, Iran), XXX ISPRS Congress, paper proceedings, Istanbul, Turkey.
12. Huete, A. R. 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sens. Environ. 25: 295-309.
13. Khajedin, S. J. 1995. A survey of the plant communities of the Jazmorian, IRAN, using landsat MSS data. PhD. Thesis, Univ. of Reading, UK.
14. McGwire, K., T. Minor and L. Fenstermaker. 2000. Hyperspectral mixture modeling for quantifying sparse vegetation cover in arid environments. Remote Sens. Environ. 72: 360-374.

15. Okin, G. S., D. A. Roberts. 2004. Remote sensing in arid regions: Challenges and opportunities. of Remote Sensing, PP. 679-730. In: S. L. UStin (Ed.), *Remote Sensing for Natural Resource Management and Environmental Monitoring*. John Wiley and Sons Pub., New York.
16. Okin G. S., W. J. Okin B. Murray and D. A. Roberts. 2001b. Practical limits on hyperspectral vegetation discrimination in arid and semiarid environments. *Remote Sens. Environ.* 77: 212-225.
17. Pich up, G. and V.H. Chewings. 1997. A grazing gradient to land degradation assessment in arid area from remotely sensed data INT. J. Remote Sens. 5(3):597-617.
18. Qi, J., A. Chehbouni, A. R. Huete, Y. H. Keer and S. Sorooshian. 1994. A modified soil vegetation index. *Remote Sens. of Environ.* 48: 119-126.
19. Qi, J., R. Marsett, P. Heilman. 2000. Rangeland vegetation cover estimation from remotely sensed data, 2nd International conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry, Lake Buena Vista, Florida.
20. Rouse, J. W., H. R. Haas, J. A. Schell and D. W. Deering. 1974. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. Proceedings, Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, Greenbelt: NASA SP-351, 301–317.