

کاربرد شاخص‌های گیاهی سنجنده تی.ام. در برآورد درصد پوشش گیاهی مراتع حفاظت شده جهان‌نما-گرگان^۱

عادل سپهری^۲ محمدرضا متقی^۳

چکیده

به منظور بررسی قابلیت شاخص‌های گیاهی حاصل از داده‌های سنجنده تی.ام. در برآورد درصد پوشش گیاهی در مراتع شمالی منطقه حفاظت شده جهان‌نما، از داده‌های رقومی سنجنده تی.ام. استفاده گردید. در این تحقیق با روش نمونه‌برداری طبقه‌بندی شده تصادفی، داده‌های میدانی متعلق به ۳۷۰ پلات در قالب ۳۷ واحد نمونه‌برداری^۴ جمع‌آوری شد. به منظور تطبیق نقاط نمونه‌برداری با پیکسل‌های مربوطه در تصاویر رقومی، مختصات جغرافیایی واحدهای نمونه‌برداری با استفاده از مکان‌یاب^۵ ثبت گردید. برای محاسبه شاخص‌های گیاهی، میانگین رقومی ۹ پیکسل مربوط به واحدهای نمونه‌برداری حاصل از تصاویر تصحیح هندسی شده با خطای ۰/۹RMS استخراج شد. همچنین همبستگی بین شاخص‌های گیاهی و داده‌های میدانی تعیین گردید و سپس شاخص‌های گیاهی مناسب جهت برآورد درصد پوشش تفکیک شدند. در نهایت محاسبات و بررسی‌های آماری برای معرفی مدل مناسب، ارائه گردید. نتایج نشان می‌دهد که اگر داده‌های میدانی در طبقات مجزا قرار نگیرند، داده‌های تی.ام. قادر به تخمین آنها نمی‌باشند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که شاخص‌های گیاهی برگزیده، همبستگی قابل ملاحظه‌ای با داده‌های طبقه‌بندی شده میدانی (طبقه‌بندی براساس انحراف معیار) دارند. شاخص $(TM5+TM3)/(TM5-TM3)$ تغییرات پوشش طبقه یک $(88/1 - 71/9)$ را با همبستگی ۹۹ درصد نشان داده است. در طبقه دوم $(71/9 - 58/6)$ شاخص‌هایی که همبستگی بالایی (بیش از ۸۵ درصد) با درصد پوشش دارند، شاخص‌های $(TM3-TM7)/(TM3+TM7)$ ، $(TM6)/(TM3+TM5)$ و $(TM6)/(TM7-TM2)$ بالاترین همبستگی را از خود نشان داده‌اند. در طبقه سوم $(58/6 - 45/2)$ ، شاخص $(TM4/TM3)$ داده‌های درصد پوشش را با ضریب تشخیص ۷۷ درصد برآورد کرد. در طبقه چهارم $(45/2 - 34/7)$ هیچ یک از شاخص‌ها، توانایی برآورد درصد پوشش گیاهی را نداشتند.

واژه‌های کلیدی: سنجنده تی.ام. درصد پوشش گیاهی، شاخص گیاهی، همبستگی، رگرسیون خطی، مرتع، گرگان و جهان‌نما

۱- تاریخ دریافت: ۷۹/۷/۹. تاریخ تصویب نهایی: ۸۰/۱۰/۳

۲- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- کارشناس ارشد مرتعداری

۴- Thematic Mapper

۵- Sample Unit

۶- Global Positioning System (GPS)

مقدمه

در طول دو دهه گذشته شاخص‌های گیاهی براساس ترکیبات ساده‌ای از بازتاب‌های مادون قرمز نزدیک و مرئی بنا گذاشته شده‌اند. این شاخص‌ها از قبیل NDVI^۱ و SR^۲، کاربرد وسیعی در پایش (نظارت) پوشش گیاهی در مقیاسی کوچک تا مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی پیدا کرده‌اند. این شاخص‌ها با تراکم برگ همبستگی خوبی را نشان می‌دهند لیکن به سه فاکتور عمده خارجی حساس هستند: ۱- ویژگی هندسی وضعیت نظاره^۳ (ارتفاع و زاویه تابش خورشید) ۲- خاک زمینه (خاک)^۴ ۳- تاثیرات جوی^۵. با تلاش‌های به عمل آمده، شاخص‌های متعدد جدیدی همچون SAVI^۶ و ARVI^۷ یا ترکیبی از هر دو برای به حداقل رساندن این تاثیرات توسعه داده شده‌اند (راندکس^۸ و همکاران، ۱۹۹۶).

جکسون^۹ و همکاران (۱۹۸۳) معتقدند که یک شاخص گیاهی خوب باید به پوشش گیاهی حساس، به خاک لخت غیر حساس و نیز به عوامل جوی، کمتر حساس باشد. آنها همچنین بیان کرده‌اند که یک شاخص گیاهی خوب باید در نواحی خشک قادر به حذف اثر سایه و تنوع بازتاب برگ‌های گونه‌های مختلف موجود باشد.

اسمیت^{۱۰} و همکاران (۱۹۹۰) معتقدند گرچه مطالعه پوشش گیاهی از طریق سنجنش از دور در محل‌هایی که تاج پوشش کمتر از ۴۰ درصد است به خاطر غلبه انعکاسی خاک و صخره‌ها مشکل است اما استفاده از شاخص‌های گیاهی و روش‌های مناسب، این امکان را می‌دهد تا اینکه بتوان به وضعیت پوشش گیاهی این مناطق پی برد. آنها با استفاده از

سه شاخص گیاهی RVI^{۱۱}، NDVI^{۱۲} و PVI^{۱۳} در منطقه‌ای از کالیفرنیا اقدام به تفکیک پوشش گیاهی از سایر موارد نموده‌اند. همبستگی بین مقادیر شاخص و درصد پوشش گیاهی برای تصاویر ماه‌های می ۱۹۸۵ و دسامبر ۱۹۸۲ از $r=0.76$ تا $r=0.83$ متغیر بوده است. در این تحقیق اختلاف معنی‌داری برای VF_s ^{۱۴} وجود نداشته است ($r=0.80$ تا $r=0.84$). از میان این سه شاخص که اسمیت و همکارانش استفاده نموده‌اند، PVI کمترین همبستگی را برای ماه‌های می و دسامبر داشته است. این سه شاخص با استفاده از باندهای ۳ و ۴ تی.ام. به دست آمده‌اند (الویج و لیون^{۱۴}، ۱۹۸۵).

ون کلی و پرستون^{۱۵} (۱۹۹۰) با استفاده از داده‌های تی.ام، نقشه جنگل‌های مرطوب قطبی در منطقه‌ای از استرالیا را تهیه نموده‌اند. آنها به این نتیجه رسیده‌اند که باند ۶ تی.ام (مادون قرمز حرارتی) نتایج گمراه‌کننده‌ای را داشته اما نسبت باند ۴ به باند ۵ هنگامی که توام با اطلاعات زمین‌شناسی به کار رود، از قابلیت خوبی برخوردار است.

خواجه‌الدین (۱۳۷۵) برای تعیین تاج پوشش گیاهی منطقه جازموریان از سنجنده ام.اس.اس لندست - ۵ استفاده نموده است که طبق نتایج حاصله به جز NDVI، سایر شاخص‌های گیاهی به کار رفته، رابطه‌ای با درصد پوشش نشان نداده‌اند.

در گذشته برای تهیه نقشه پوشش زمین و تحلیل تغییرات پوشش زمین اغلب از اطلاعات شاخص NDVI مربوط به زمان‌های مختلف استفاده می‌شد. مطالعات تجربی اخیر حاکی از آن است که ترکیبی از اندازه‌گیری‌های تابش مادون قرمز حرارتی و شاخص‌های گیاهی، تهیه نقشه پوشش زمین و کنترل مداوم پوشش را در مقیاس وسیع امکان‌پذیر می‌سازند (لامبین و ارلیخ^{۱۶}، ۱۹۹۶).

۱- Normalized Difference Vegetation Index

۲ - Simple Ratio

۳ - Viewing geometry

۴ - Soil background

۵ - Atmospheric effects

۶ - Soil Adjusted Vegetation Index

۷ - Atmospherically Resistant Vegetation Index

۸ - Rondeaux

۹ - Jackson

۱۰ - Smith

۱۱ - Ration Vegetation Index

۱۲ - Perpendicular Vegetation index

۱۳ - Scaled vegetation fraction

۱۴ - Elvidge & Lyon

۱۵ - Vanclay & Preston

۱۶ - Lambin & Ehrlich

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه در مراتع شمالی منطقه حفاظت شده جهان‌نما در ارتفاعات جنوب گرگان و جنوب شرقی کردکوی در رشته کوه‌های البرز واقع شده است. جهان‌نما به وسعت حدود ۱۶۰۰۰ هکتار در محدوده ۵' ۵۴° تا ۳۵' ۳۵° طول شرقی و ۳۶° ۳۲' تا ۴۵' ۳۶° عرض شمالی قرار گرفته است. حداقل ارتفاع منطقه ۶۰۰ متر و حداکثر ارتفاع آن ۳۰۸۶ متر از سطح دریا می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه منطقه ۴۴۰/۶ میلی‌متر و اقلیم منطقه با روش آمبرژه، سردکوهستانی است (شکل ۱).

به طور کلی تنها یک جامعه گیاهی با گونه غالب *Stachys lanata* در منطقه مشاهده می‌شود. این جامعه گیاهی تقریباً سرتاسر محدوده مراتع جهان‌نما را دربرگرفته است. این جامعه در نواحی شرقی و به طور پراکنده در محل‌هایی که رطوبت خاک بیشتر است، با گونه‌هایی از خانواده گرامینه مانند *Bromus* و *Festuca japonicus tomentellus* همراه می‌شود. با افزایش ارتفاع و عمدتاً در نوار مرزی جنوبی منطقه (مرز مراتع با جنگل) این گونه غالب جای خود را به زرشک (*Berberis sp.*) و سرو خوابیده (*Juniperus communis*) می‌دهد.

جدیدترین داده‌های رقومی سنجنده تی‌ام لندست ۵ منطقه مورد مطالعه مربوط به تاریخ ۱۵ ژوئن ۱۹۹۸ با مشخصات (۳۴-۱۶۳ و ۳۵-۱۶۳) از مرکز سنجنش از دور ایران خریداری و مورد استفاده قرار گرفتند.

تصاویر حاصل پیش‌پردازش شده و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور با روش نزدیکترین همسایه^۸ و با خطای RMS^۹ ۰/۹۸ (کمتر از یک پیکسل) تصحیح هندسی گردیدند.

روش تحقیق در عملیات میدانی بر مبنای نمونه‌برداری سیستماتیک- تصادفی استوار بود. از آنجایی که نمونه‌برداری از گیاهان مرتعی انجام

لیون و هیوت (۱۹۹۶) شاخص‌های گیاهی NDVI و MNDVI^۱ را برای تعیین میزان لاشبرگ و خصوصیات پوشش سبز انتخاب نموده‌اند. آنها به این نتیجه رسیده‌اند که این شاخص‌ها در مقابل موارد زیرعکس‌العمل نشان می‌دهند: ۱- برگ سبز، لاشبرگ و خصوصیات نوری بخش چوبی گیاهان ۲- مقدار و پراکنش لاشبرگ ۳- چگونگی زاویه استقرار برگها^۲ نسبت به ساقه ۴- خاک زمین. از میان شاخص‌های فوق، NDVI نسبت به موارد فوق حساسیت ثابتی نداشته و لاشبرگ بیشترین تاثیر را بر آن گذاشته است.

راندکس و همکاران (۱۹۹۶) با مقایسه شش شاخص گیاهی، به این نتیجه رسیده‌اند که شاخص MS^۳ بیشترین حساسیت (۹۸/۹ درصد) را نسبت به پوشش گیاهی داشته و بعد از آن شاخص‌های SAVI^۴ (۹۷/۵۹ درصد)، OS^۵ (۹۴/۹۰ درصد) و بالاخره شاخص GEMI^۶ (۹۱/۹۴ درصد) و شاخص NDVI (۸۵/۳۶ درصد) در رده‌های بعدی بوده‌اند. در پایان این تحقیق اشاره شده است رفتار طیفی تاج پوشش است که در برآورد مشخصات بیوفیزیکی گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. آنها برای این بررسی از ۲۶ نمونه خاک استفاده نموده‌اند.

ارزانی و همکاران (۱۳۷۶) برای برآورد درصد پوشش تاجی در دو منطقه خشک و نیمه خشک در استرالیا از ۱۹ شاخص گیاهی بهره برده‌اند. آنها معتقدند که بین پوشش تخمین زده شده از طریق شاخص‌های گیاهی و پوششی که مستقیماً اندازه‌گیری شده است، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

۱ - Modified Normalized Difference Vegetation Index

۲ - Phylotaxi

۳ - Modified Soil Adjusted Vegetation Index

۴ - Soil Adjusted Vegetation Index

۵ - Optimized Soil Adjusted Vegetation Index

۶ - Transformed Soil Adjusted Vegetation

Index

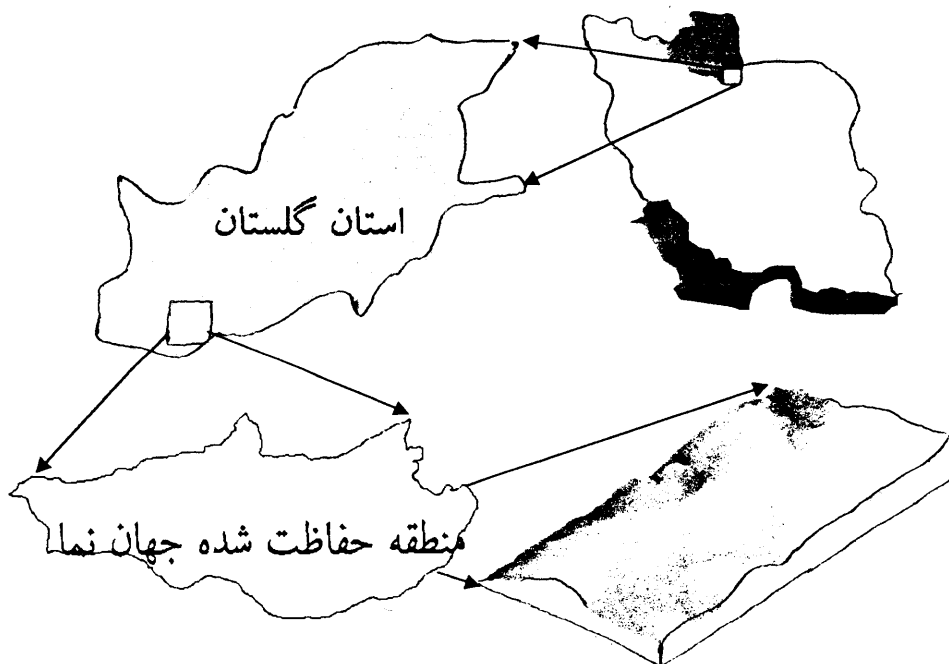
۷ - Global Environmental Monitoring Index

۸ - Nearest neighbor

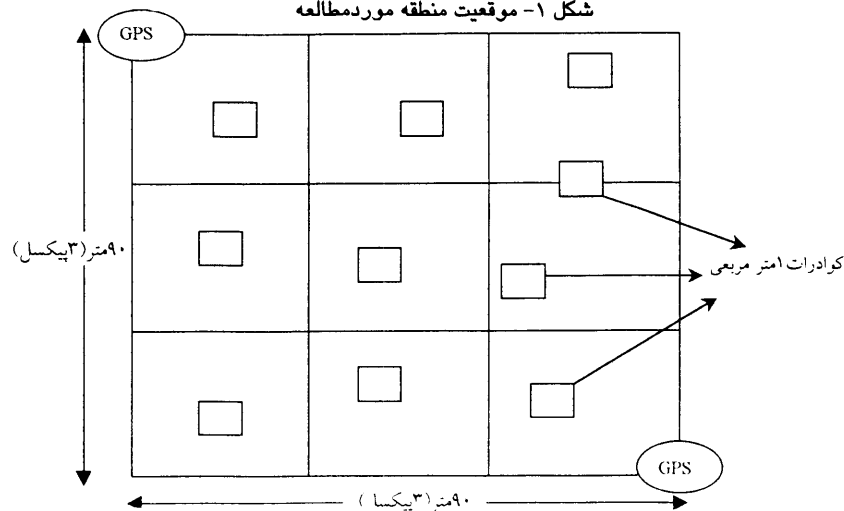
۹ - Root Mean Square

موردنظر در تصویر ماهواره‌ای و کاهش خطای جابجایی بوده است. به منظور کاهش حجم نمونه‌برداری در هر واحد، از پلات‌هایی (کوادرات) به ابعاد 1×1 متر استفاده شد. این پلات‌ها به تعداد ۱۰ عدد در هر واحد (در مجموع ۳۷۰ پلات)، به طور تصادفی توزیع گردیدند (شکل ۲). در هر پلات ضمن شناسایی گونه‌ها، اقدام به برآورد سطح تاج پوشش کل پلات گردید.

می‌گردید و با توجه به مساحت مراتع جهان‌نما، و شدت نمونه‌برداری ۱٪، تشخیص داده شد که ۳۷ واحد نمونه‌برداری به عنوان مناطق آموزشی انتخاب گردد. با توجه به ابعاد تصویردانه (پیکسل) در سنجنده تی.ام. (۳۰×۳۰ متر)، ابعاد واحدهای نمونه‌برداری 90×90 متر (۹ پیکسل) تعیین گردید. انتخاب بزرگی واحد نمونه‌برداری به منظور تطابق مکانی هرچه بیشتر داده‌های زمینی با محل‌های



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه



شکل ۲- پراکنش تصادفی پلات‌های اندازه‌گیری در واحد نمونه‌برداری و نحوه استقرار دستگاه مکان‌یاب

داده‌های زمینی طبقه‌بندی شده) به عنوان متغیرهای وابسته (y) و سپس شاخص‌های گیاهی به عنوان متغیر مستقل (x) وارد پایگاه اطلاعاتی گردید. جهت بررسی میزان همبستگی تمام طبقات درصد تاج پوشش با شاخص‌های گیاهی، ماتریس همبستگی بین تمام متغیرهای وابسته و مستقل تشکیل شد (محاسبه ضریب لحظه‌ای همبستگی پیرسون و تهیه ماتریس آن). با مقایسه ضرایب همبستگی بین دو نوع متغیر، بهترین شاخص‌ها برای هر طبقه جداگانه استخراج گردید. با توجه به پایین بودن میزان همبستگی بین داده‌های درصد تاج پوشش و کلیه شاخص‌های مورد استفاده، داده‌های درصد تاج پوشش به چهار طبقه شکسته شد و میزان همبستگی شاخص‌ها با هر یک از طبقات درصد تاج پوشش جداگانه برآورد گردید. با انتخاب بهترین شاخص‌ها (متغیرهای مستقل)، جهت ارائه بهترین مدل رگرسیونی از روش‌های مختلف رگرسیون گیری و بررسی آزمون‌های آماری شامل آزمون برابری یا عدم برابری ضریب رگرسیون با صفر ($H_0: \beta=0$)، عبور خط رگرسیون از مبدا مختصات و بررسی فرض‌های آماری استفاده شد. در نهایت مدل رگرسیونی مناسب برای برآورد درصد پوشش در هر طبقه معرفی گردید.

نتایج

داده‌های طبقه‌بندی نشده

ماتریس همبستگی تشکیل شده برای داده‌های طبقه‌بندی نشده درصد پوشش با شاخص‌های گیاهی، همبستگی معنی‌داری را نشان نمی‌داد. از مجموع ۶۹ شاخص گیاهی، شاخص VI۵۶ بیشترین همبستگی ($r=0/۳۵$) را با درصد پوشش داشت. این ضریب نشان‌دهنده همبستگی متوسط بین درصد پوشش و داده‌های ماهواره‌ای می‌باشد. جدول تجزیه واریانس که برای شاخص VI۵۶ تشکیل شده، نشان داد که فرض صفر با سطح معنی‌دار ۰/۱ رد نمی‌شود و نمی‌توان گفت که رابطه خطی بین شاخص مزبور با درصد پوشش وجود دارد. در جدول ۲ تعدادی از

برای تطبیق صحیح پیکسل‌های مربوط به واحدهای نمونه‌برداری در تصاویر ماهواره‌ای، مختصات جغرافیایی واحدها با استفاده از دستگاه مکان‌یاب^۱ (ماژلان) تعیین موقعیت گردید (شکل ۲). برای دستیابی و حصول نتیجه مناسب و قابل قبول از نظر آماری، داده‌های تجزیه شده میدانی طبقه‌بندی گردیدند. از آنجایی که در این تحقیق، طبقه‌بندی به مشاهدات موجود محدود می‌گشت، انتخاب روش مناسب برای طبقه‌بندی حائز اهمیت بود. در این رابطه، بهترین شیوه طبقه‌بندی براساس انحراف معیار، انتخاب گردید. لذا اطلاعات بانک داده با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS و براساس انحراف معیار آنها طبقه‌بندی شدند (جدول ۱). این روش، داده‌ها را با توجه به حداقل واریانس داخل هر طبقه و حداکثر واریانس بین طبقات، تقسیم‌بندی می‌کند (سپهری و همکاران، ۱۹۹۸).

به منظور برآورد میزان درصد پوشش، از شاخص‌های ارائه شده توسط محققین مختلف استفاده گردید. در این خصوص ۶۹ شاخص از منابع متفاوت جمع‌آوری گردیده و از تمام آنها برای برآورد پارامترهای گیاهی فوق استفاده شد (جدول ۴).

این شاخص‌ها که از ترکیب باندهای مختلف تیم به دست آمده‌اند، معادلاتی مناسب برای دستیابی (برآورد) اطلاعات لازم از منطقه هستند. برای محاسبه شاخص‌های گیاهی، با استفاده از توانمندی سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در انجام روی هم‌اندازی و محاسبات جبری، نسبت به ترکیب باندهای مورد نظر متناسب با معادله شاخص‌ها اقدام گردید. میانگین رقومی شاخص‌های گیاهی مربوط به کلیه واحدهای نمونه‌برداری از طریق همپوشانی تصویر مربوط به آن واحدها و تصاویر حاصل از هر یک از شاخص‌ها، استخراج^۲ گردید.

جهت معرفی مدل‌های رگرسیونی مناسب بین درصد تاج پوشش منطقه با داده‌های رقومی، از نرم‌افزار Excel و SPSS استفاده شد. ابتدا داده‌های درصد تاج پوشش متعلق به واحدهای نمونه‌برداری

۱ - GPS

۲ - Data Extraction

شاخص‌هایی که همبستگی بالاتری نسبت به سایر شاخص‌ها با درصد پوشش داشته‌اند، آمده است.

جدول ۱- طبقه‌بندی داده‌های تجزیه شده میدانی براساس انحراف معیار آنها

طبقه	طبقه‌بندی درصد پوشش	
	دامنه	انحراف معیار
۱	۷۱/۹-۸۸/۱	۷/۴۳
۲	۵۸/۶-۷۱/۹	۰/۹۶
۳	۴۵/۲-۵۸/۶	۲/۷۱
۴	۳۴/۷-۴۵/۲	۳/۶۸

جدول ۲- شاخص‌های نشان‌دهنده بالاترین همبستگی با داده‌های پوشش

ردیف	شاخص	ضریب همبستگی	معادله برآورد درصد پوشش
۱	VI _{۵۶}	۰/۳۵ ^{ns}	AniogY = -۱/۰۲ × (VI _{۵۶}) + ۲/۰۰
۲	VI _{۵۷}	۰/۳۴ ^{ns}	AniogY = -۰/۶۵ × (VI _{۵۷}) + ۱/۲۶
۳	VI _{۵۹}	۰/۳۴ ^{ns}	AniogY = ۰/۶۵ × (VI _{۵۹}) + ۱/۲۶

که در آن، Y درصد پوشش گیاهی و VI_{۵۹} شاخص گیاهی شماره ۵۹ است.

باتوجه به اطلاعات جدول آنالیز واریانس و آزمون معنی‌دار بودن رگرسیون (عدم برابری شیب خط با صفر)، فرض صفر در سطح ۹۵ درصد رد شده و در نتیجه بین درصد پوشش و شاخص مذکور (VI_{۵۹})، ارتباط قوی وجود دارد. همچنین آزمون F رابطه قوی بین شاخص فوق و درصد پوشش را نشان می‌دهد (شکل ۳ و جدول ۳). ضرایب همبستگی سایر شاخص‌ها با طبقات پوشش در جدول ۵ آمده است.

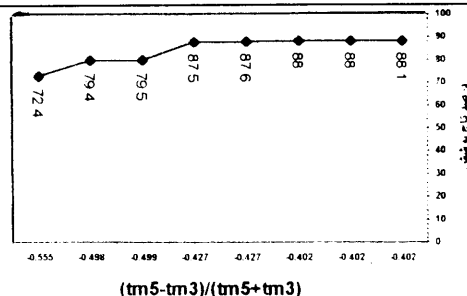
داده‌های طبقه‌بندی شده

الف) طبقه اول: باتوجه به آنالیزهای رگرسیون، بهترین شاخصی که تغییرات درصد پوشش در طبقه اول را نشان می‌داد، شاخص VI_{۵۹} بود. در این طبقه شاخص‌های متعدد دیگری نیز وجود داشت که همبستگی قوی با درصد پوشش داشتند. اما شاخص VI_{۵۹} بیشترین همبستگی را ارائه داد. این شاخص با ضریب همبستگی ۰/۹۹ با داده‌های درصد پوشش (بدون تبدیل) در طبقه اول و به صورت معادله زیر ارتباط دارد:

$$Y = 98/53 \times (VI_{59}) + 127/18 \quad (1)$$

جدول ۳- تجزیه واریانس برای طبقه یک درصد پوشش و شاخص VI_{۵۹}

Regression Statistics		df	SS	MS	F	Significance F	
Multiple R Square	0.99	Regression	1	243.1153	243.1153	221.2347	0.00001
Adjusted R Square	0.97	Residual	6	6.593414	1.098902		
Standard Error	1.05	Total	7	249.7088			



شکل ۳- پراکنش داده‌ها برای طبقه یک درصد پوشش و شاخص VI_{۵۹}

داده‌های درصد پوشش می‌باشد. در واقع تنوع پوشش گیاهی منجر به اغتشاش در مقادیر شاخص‌ها می‌گردد. نتایج تحقیقات راندکس و همکاران (۱۹۹۶)، بوید^۱ و همکاران (۱۹۹۶) و سپهری و همکاران (۱۹۹۸) نشان می‌دهد که قرار دادن داده‌های میدانی در طبقات مجزا، نتایج قابل قبولی را به دنبال دارد علت معرفی گروهی از شاخص‌ها توسط راندکس و همکاران (۱۹۹۶) که براساس خط خاک پهلراچی شده‌اند، برای رفع پایین بودن همبستگی، مخصوصاً در درصدهای پایین تاج پوشش است. چرا که آنها معتقدند، وقتی درصد پوشش گیاهی ناچیز و انعکاس خاک لخت غالب باشد، باید از شاخص‌های مبتنی بر خط خاک استفاده نمود. طبیعی است جایی که پوشش گیاهی کمتر از ۲۰ درصد است با محلی که پوشش آن به بیش از ۷۰ درصد می‌رسد، از نظر بازتاب طیفی قابل مقایسه نمی‌باشند. اگر خصوصیات انعکاس طیفی این دو منطقه یکسان فرض شود و تفاوت‌های حاصل از عدم یکنواختی صحنه در نظر گرفته نشده و با یکدیگر در یک طبقه با شاخص‌های گیاهی ارتباط داده شوند، مسلماً نتایج گمراه‌کننده خواهند بود.

ب) داده‌های طبقه‌بندی شده

وجود واریانس قابل توجه در میان داده‌های میدانی باعث گردید که از تکنیک طبقه‌بندی براساس انحراف معیار استفاده گردد. آنچه که از این روند به دست آمد، تفکیک داده‌ها به چهار طبقه با حداقل واریانس بود. این نوع طبقه‌بندی کمک بسیار خوبی برای نتیجه‌گیری صحیح و منطبق با اصول آماری به شمار می‌رود. برای دستیابی به نتایج قابل قبول، داده‌های مورد بررسی نیز باید به لحاظ آماری، قابل قبول باشند. نگرش ما به این نکته همانند اساس تحقیق بوید و همکاران (۱۹۹۶) می‌باشد. آنها نیز داده‌های میدانی خود را در طبقات قرار داده و سپس به ارتباط دادن شاخص‌های گیاهی با داده‌های میدانی عمل نموده‌اند. مشابه این کار در تحقیق سپهری و همکاران (۱۹۹۸)، ملاحظه می‌گردد. آنها

ب) طبقه دوم: شاخص VI_{15} در این طبقه بالاترین ضریب همبستگی (۰/۸۸) را از خود نشان داد. اگرچه ضریب همبستگی در این طبقه کمتر از طبقه اول است، لیکن آزمون t و جدول تجزیه واریانس آن نشان‌دهنده رابطه قوی برای برآورد درصد پوشش است ($P \leq 0/001$). در این طبقه نیز فرض صفر در سطح معنی‌دار ۵ درصد، رد گردید و مدل رگرسیونی قابل قبول زیر حاصل آمد:

$$Y = 55/68 \times (VI_{15}) + 105/23 \quad (2)$$

ج) طبقه سوم: ماتریس همبستگی تشکیل شده برای این طبقه، شاخص VI_{52} را به عنوان شاخص برتر جهت انجام آزمون‌های مختلف معرفی کرد. این شاخص دارای ضریب همبستگی مثبت ۰/۷۷ بود. مدل رگرسیونی مناسب این شاخص در زیر آمده است:

$$1/Y = 0/13 \times (VI_{52}) + 0/14 \quad (3)$$

باتوجه به اطلاعات جدول تجزیه واریانس و آزمون معنی‌دار بودن شیب رگرسیون، فرض صفر در سطح معنی‌دار ۵ درصد رد می‌شود و در نتیجه بین درصد پوشش و شاخص مزبور رابطه خطی وجود دارد.

د) طبقه چهارم: برای این طبقه، هیچ‌گونه شاخص یا باندی که نشان‌دهنده رابطه‌ای قابل قبول با داده‌های میدانی باشد، وجود نداشت. بالاترین ضریب همبستگی ($r=0/34$) مربوط به شاخص VI_{62} می‌باشد. این همبستگی به خودی خود، از نوع ضعیف است و تمام آزمون‌های انجام شده نیز، فرض صفر را (در سطح معنی‌دار ۰/۱) رد نکردند. بنابراین هیچ مدل خطی مناسبی برای برآورد درصد پوشش (مادامی که کمتر از ۴۵ درصد باشد) معرفی نمی‌گردد.

بحث و نتیجه‌گیری

الف) داده‌های طبقه‌بندی نشده

در نتایج مشاهده گردید که هیچ کدام از شاخص‌های گیاهی منتخب، نتوانستند درصد پوشش گیاهی را در حالتی که داده‌ها طبقه‌بندی نشده بودند، برآورد کنند. دلیل اصلی این موضوع وجود واریانس زیاد بین

۱ - Boyd

ارزانی و همکاران (۱۳۷۶)، ۹۷ درصد همبستگی با پوشش تاجی داشته است.

بوید و همکاران (۱۹۹۶) و سپهری و همکاران (۱۹۹۸) نیز از ترکیبات این دو باند (۳ و ۵) استفاده کرده‌اند و ضریب همبستگی بین این ترکیبات و درصد پوشش به ترتیب ۰/۸۸ و ۰/۷ است. در این طبقه شاخص‌های $VI_{۶۶}$ ، $VI_{۲۴}$ ، $VI_{۱۷}$ ، $VI_{۲۲}$ تیز همبستگی بسیار بالایی (بیش از ۹۵ درصد با درصد پوشش داشتند. در طبقه دوم نیز وجود شاخص‌هایی که همبستگی بالا با درصد پوشش دارند، چشمگیر است (۳۵ مورد از شاخص‌ها همبستگی بیشتر از ۶۰ درصد با درصد پوشش داشته‌اند). از این میان شاخص‌های گیاهی $(TM3+TM7)/(TM3-TM7)$ و $(TM6)/(TM3+TM5)$ ، $(TM6)/(TM7-TM2)$ و پس از این شاخص‌ها، شاخص $TM2-(TM7+TM6)/TM2+(TM7+TM6)$

بالاترین همبستگی (بیش از ۸۵ درصد) را از خود نشان داده‌اند. در این شاخص‌ها تمام باندها به جز باند ۱ و ۴ حضور دارند. وجود باند ۲ در این شاخص‌ها بیان از انعکاس شدید در ناحیه ۰/۵۲ تا ۰/۶ میکرومتر (طول موج سبز در ناحیه مرئی) است. این باند برای اندازه‌گیری اوج انعکاس سبز گیاهان و ارزیابی سبزی و شادابی آنها طراحی شده است. بانگاهی به دیگر شاخص‌های برگزیده این طبقه دیده می‌شود که وجود باند ۲ همچنان به چشم می‌خورد. دلیل اصلی این موضوع به سبزیگی گیاهان در زمان گذر ماهواره برمی‌گردد. از طرفی بخش اعظم منطقه در طبقه دوم قرار گرفته است که خود باعث چیرگی انعکاس طیفی این طبقه می‌گردد. چهار شاخص مذکور را بوید و همکاران (۱۹۹۶) و سپهری و همکاران (۱۹۹۸) نیز به کار برده و نتایج مشابهی گرفته‌اند.

داده‌های درصد پوشش در طبقه سوم نیز همبستگی قابل ملاحظه‌ای با شاخص‌ها داشتند. گرچه در این طبقه میزان همبستگی داده‌ها با شاخص‌ها کمتر از طبقات اول و دوم است، اما همبستگی ۷۷-۷۰ درصد در بررسی منابع طبیعی، بسیار قابل ملاحظه است (همبستگی از نوع قوی به

نیز داده‌های میدانی خود را در سه طبقه کاملاً مجزا قرار داده و با استفاده از ۴۳ شاخص گیاهی، ارتباط بین داده‌های میدانی و داده‌های ماهواره را ردیابی کرده‌اند. در طبقه اول تعدادی از شاخص‌ها، همبستگی بسیار بالایی با داده‌های پوشش دارند. دلیل اصلی عکس‌العمل بالای شاخص‌ها در این طبقه، بالا بودن درصد پوشش گیاهی می‌باشد. پوشش بیشتر از ۷۰ درصد غلبه انعکاس طیفی مربوط به پوشش را به دنبال دارد و طبیعتاً سهم خاک و فاکتورهای دیگر کاهش می‌یابد. نتایج تحقیق تقریباً تمام محققین (راندکس و همکاران، ۱۹۹۶؛ بوید و همکاران، ۱۹۹۶؛ تویی و دیوید، ۱۹۹۷؛ ارزانی و همکاران، ۱۳۷۶؛ سپهری و همکاران، ۱۹۹۸؛ لیوون و هیوت، ۱۹۹۶؛ اسمیت و همکاران، ۱۹۹۰ و ژیا، ۱۹۹۴) با صراحت به این نکته اشاره دارد که با کم شدن درصد پوشش گیاهی، تاثیرات خاک زمینه افزایش یافته و حساسیت شاخص‌ها در مقابل تغییرات پوشش کمتر می‌شود. به هر حال اگرچه این نکته فرض مسلم است، اما باید توجه داشت که شاخص‌هایی هم معرفی گردیده‌اند که این تاثیرات را به حداقل رسانده و امکان برآورد پوشش گیاهی در مقایسه کمتر را فراهم می‌کنند. عکس‌العمل زیاد شاخص‌ها در این طبقه را باید در وضعیت درصد پوشش جستجو کرد، چرا که تقریباً اغلب شاخص‌های گیاهی چنین عکس‌العملی را داشته‌اند. شاخص $VI_{۶۹}$ که به صورت زیر است $(TM5+TM3)/(TM5-TM3)$ ، تغییرات پوشش این طبقه را با همبستگی ۹۹ درصد نشان داده است. باند ۳ و ۵ تی.ام. به ترتیب در محدوده ۰/۶۳ تا ۰/۶۹ و ۱/۵۵ تا ۱/۷۴ میکرومتر اقع شده‌اند. این دو باند اساساً نشانگر وجود پوشش گیاهی در منطقه هستند. باند ۳ در ناحیه جذب کلروفیل حساسیت دارد و باند ۵ نشانگر میزان رطوبت پوشش گیاهی است و حتی بین تیپ‌های گیاهی (نه جوامع گیاهی) به خوبی تفکیک قابل می‌شود. شاخص مذکور در تحقیق

۱ - Toby & David

۲ - Xia

ماهواره کماکان قادر به تشخیص پوشش گیاهی می‌باشند. شاخص $(TM4/TM3)$ که همان شاخص معروف نسبت (RVI) یا (SR) است، داده‌های درصد پوشش را با ضریب تشخیص 0.77 برآورد کرد. در این طبقه، شاخص‌ها تخصصی‌تر شده‌اند.

حساب می‌آید؛ رضایی، ۱۳۷۴). حد پایین درصد پوشش گیاهی در این طبقه، ۴۵ درصد است، لذا مناطقی که پوشش بیش از ۴۵ درصد دارند، اما نه بیشتر از ۶۰ درصد، افتراق درخور توجهی با خاک خواهند داشت و این نماینده آن است که داده‌های

جدول ۴- جدول روابط شاخص‌های گیاهی تحلیل شده

شماره شاخص	رابطه	شماره شاخص	رابطه
VI 1	TM4/TM3	VI 36	$(TM2 \times TM6) / TM7$
VI 2	$(TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)$	VI 37	$(TM3 \times TM6) / TM7$
VI 3	$TM4 / (TM4 + TM3)$	VI 38	$TM6 - (TM3 + TM5) / TM6 + (TM3 + TM5)$
VI 4	TM4-TM3	VI 39	$TM2 / (TM5 \times TM6 \times TM7)$
VI 5	$(\sin(\alpha) \times (TM4)) - (\cos(\alpha) \times TM3)$	VI 40	$TM2 - (TM7 + TM6) / TM2 + (TM7 - TM6)$
VI 6	$TM4 - (\alpha \times TM3)$	VI 41	$TM7 / (TM3 + TM6)$
VI 7	$((TM4 - TM3) / (TM4 + TM3 + 1)) \times (1 + 1)$	VI 42	$TM2 - (TM5 + TM6) / TM2 + (TM5 + TM6)$
VI 8	$(\alpha \times (TM4 - \alpha \times TM3 - \beta)) / (TM3 + \alpha (TM4 - \beta) - 0.08(1 - \alpha^2))$	VI 43	$TM7 - (TM6 + TM5) / TM7 + (TM6 + TM5)$
VI 9	$(1 + L) \times (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3 + L)$	VI 44	$TM5 - (TM7 + TM6) / TM5 + (TM7 + TM6)$
VI 10	$(1.2) \times (2 \times (TM4 + 1)) - ((2 \times TM4 + 1)^2 - 8 \times (TM4 - TM3))$	VI 45	$TM6 - (TM5 - TM7) / TM6 + (TM5 - TM7)$
VI 11	$(TM4 - RB) / (TM4 + RB)$	VI 46	$TM5 - (TM2 + TM6) / TM5 + (TM2 + TM6)$
VI 12	$\eta(1 - 0.25\eta) - (TM3 - 0.125) / (1 - TM3)$	VI 47	$TM6 / (TM7 - TM2)$
VI 13	TM3-TM7	VI 48	$(TM6 \times TM7) / TM3$
VI 14	$(TM3 - TM7) / (TM3 + TM7)$	VI 49	$TM7 - (TM3 + TM6) / TM7 + (TM3 - TM6)$
VI 15	$((TM3 - TM7) / (TM3 + TM7) + 0.5)$	VI 50	$(TM4 \times TM6) / TM7$
VI 16	$(TM3 \times TM5) / TM7$	VI 51	$(TM3 \times TM4) / TM2$
VI 17	$(TM2 \times TM3) / TM7$	VI 52	TM3-TM4
VI 18	TM5-TM7	VI 53	$TM2 / (TM4 + TM3)$
VI 19	TM7 (TM3+TM5)	VI 54	$((TM4 - TM3) / (TM4 + TM3) + 0.5)$
VI 20	$TM2 - (TM7 - TM5) / TM2 + (TM7 - TM5)$	VI 55	$TM2 - (TM4 + TM3) / TM2 + (TM4 + TM3)$
VI 21	$TM5 - (TM7 + TM2) / TM5 - (TM7 + TM2)$	VI 56	TM5-TM4
VI 22	$(TM2 \times TM7) / TM3$	VI 57	$(TM4 - TM2) / (TM4 + TM2)$
VI 23	$TM7 - (TM3 + TM5) / TM7 + (TM3 + TM5)$	VI 58	$(TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)$
VI 24	$(TM3 \times TM4) / TM7$	VI 59	$(TM4 - TM5) / (TM4 + TM5)$
VI 25	TM4-TM7	VI 60	$(TM4 - TM7) / (TM4 + TM7)$
VI 26	$(TM2 - TM6) / (TM2 + TM6)$	VI 61	$(TM4) / (TM3 + TM5)$
VI 27	$((TM2 - TM6) / (TM2 + TM6) + 0.5)$	VI 62	$(TM4 - (1.2 \times TM3)) / (TM4 + TM3)$
VI 28	TM6-(TM3+TM5)	VI 63	TM3-TM2
VI 29	TM6/(TM5+TM2)	VI 64	TM3-TM1
VI 30	TM6/(TM7+TM2)	VI 65	$(TM3 - TM2) / (TM3 + TM2)$
VI 31	TM6-TM7	VI 66	$(TM3 - TM1) / (TM3 + TM1)$
VI 32	TM6-(TM5+TM2)/TM6+(TM5+TM2)	VI 67	$(TM7 - TM4) / (TM7 + TM4)$
VI 33	TM7-(TM5-TM2)/TM7+(TM5+TM2)	VI 68	$(TM7 - TM3) / (TM7 - TM3)$
VI 34	TM7-(TM6-TM2)/TM7+(TM6+TM2)	VI 69	$(TM5 - TM3) / (TM5 - TM3)$
VI 35	TM6-(TM7-TM2)/TM6+(TM7+TM2)		

α = شیب خط خاک، $\beta = 0.5$ عرض از مبدأ خط خاک، $\eta = 1 - 2 \times \alpha \times VI_1 \times VI_6$ ، $\gamma = 1$ و معمولا $\eta = (2 \times (NIR^2 - R^2) + 1.5 \times NIR + 0.5 \times R) / (NIR + R + 0.5)$ و $RB = R - \gamma \times (R - B)$

جدول ۵- ضرایب همبستگی شاخص‌های گیاهی با طبقات درصد پوشش گیاهی

شاخص	طبقه ۱	طبقه ۲	طبقه ۳	طبقه ۴	شاخص	طبقه ۱	طبقه ۲	طبقه ۳	طبقه ۴
VI 1	۰/۳۶	۰/۸۱	۰/۲۴	-۰/۷۳	VI 35	۰/۱۵	۰/۸۵	-۰/۴۳	۰/۰۳
VI 2	۰/۳۳	۰/۷۴	۰/۲۱	-۰/۷۶	VI 36	-۰/۷۹	۰/۲۲	-۰/۵۴	۰/۲۶
VI 3	۰/۳۳	۰/۷۴	۰/۲۱	-۰/۷۶	VI 37	-۰/۹۱	-۰/۴۹	-۰/۲۱	۰/۲۵
VI 4	۰/۸۱	۰/۳۴	۰/۵۵	-۰/۷۱	VI 38	-۰/۱۰	۰/۸۵	-۰/۵۲	۰/۱۰
VI 5	۰/۳۷	-۰/۰۳	۰/۰۱	-۰/۵۹	VI 39	-۰/۷۴	۰/۶۱	-۰/۶۲	۰/۱۷
VI 6	۰/۸۸	۰/۴۰	۰/۵۰	-۰/۷۳	VI 40	-۰/۵۶	-۰/۸۶	۰/۲۱	۰/۰۵
VI 7	۰/۳۵	۰/۷۳	۰/۲۲	-۰/۷۶	VI 41	۰/۷۷	-۰/۲۳	۰/۴۵	-۰/۱۴
VI 8	۰/۱۴	۰/۷۸	۰/۰۵	-۰/۵۹	VI 42	-۰/۹۷	-۰/۷۹	۰/۱۷	۰/۱۳
VI 9	-۰/۵۶	-۰/۷۵	-۰/۴۲	۰/۶۸	VI 43	۰/۴۲	-۰/۶۵	۰/۷۱	-۰/۱۶
VI 10	-۰/۱۴	۰/۵۹	-۰/۶۲	۰/۳۴	VI 44	۰/۵۱	-۰/۶۷	۰/۵۴	-۰/۱۱
VI 11	۰/۴۰	۰/۶۸	۰/۱۷	-۰/۷۷	VI 45	-۰/۴۹	۰/۶۹	-۰/۶۸	۰/۱۳
VI 12	-۰/۷۸	-۰/۲۴	-۰/۵۸	۰/۶۹	VI 46	۰/۷۷	-۰/۱۱	۰/۲۵	-۰/۱۶
VI 13	-۰/۹۰	-۰/۳۶	۰/۶۳	-۰/۲۵	VI 47	-۰/۳۲	-۰/۸۶	۰/۳۵	۰/۰۰
VI 14	-۰/۹۱	-۰/۳۸	۰/۶۳	-۰/۲۳	VI 48	۰/۸۹	۰/۱۸	۰/۲۶	-۰/۱۵
VI 15	-۰/۷۶	-۰/۸۸	۰/۳۴	۰/۲۲	VI 49	۰/۷۷	-۰/۲۲	۰/۴۵	-۰/۱۴
VI 16	-۰/۳۰	-۰/۸۵	۰/۳۱	۰/۱۷	VI 50	-۰/۶۰	-۰/۵۴	۰/۷۲	۰/۱۴
VI 17	-۰/۹۶	-۰/۸۲	۰/۶۵	۰/۰۴	VI 51	۰/۱۰	-۰/۸۳	-۰/۰۸	-۰/۲۵
VI 18	-۰/۳۶	۰/۶۱	۰/۴۶	-۰/۶۷	VI 52	-۰/۳۲	-۰/۷۱	۰/۷۷	-۰/۰۹
VI 19	۰/۸۵	۰/۰۴	-۰/۶۰	۰/۳۸	VI 53	-۰/۸۷	-۰/۶۷	۰/۷۵	۰/۱۶
VI 20	-۰/۸۴	-۰/۰۷	۰/۵۸	-۰/۲۳	VI 54	۰/۳۵	۰/۷۳	-۰/۷۶	۰/۰۷
VI 21	۰/۸۷	۰/۲۸	-۰/۶۱	۰/۰۵	VI 55	-۰/۸۷	-۰/۶۷	۰/۷۵	۰/۱۶
VI 22	۰/۴۶	-۰/۵۷	-۰/۲۶	۰/۶۵	VI 56	۰/۵۴	-۰/۵۱	۰/۷۵	-۰/۰۵
VI 23	۰/۸۵	۰/۰۴	-۰/۶۰	۰/۳۸	VI 57	-۰/۵۵	۰/۵۱	-۰/۷۵	۰/۰۵
VI 24	-۰/۹۷	-۰/۴۲	۰/۷۳	-۰/۳۵	VI 58	۰/۷۱	۰/۷۰	-۰/۷۷	-۰/۰۵
VI 25	-۰/۶۰	۰/۵۸	۰/۵۲	-۰/۷۲	VI 59	-۰/۵۵	۰/۵۱	-۰/۷۵	۰/۰۵
VI 26	-۰/۲۲	-۰/۸۶	۰/۱۳	۰/۳۹	VI 60	-۰/۴۵	۰/۵۶	-۰/۷۴	۰/۱
VI 27	-۰/۲۲	-۰/۸۶	۰/۱۳	۰/۴۰	VI 61	۰/۰۶	۰/۷۷	-۰/۷۷	۰/۴
VI 28	-۰/۱۳	۰/۸۶	۰/۱۱	-۰/۵۲	VI 62	۰/۳۳	۰/۷۴	-۰/۷۶	-۰/۰۷
VI 29	-۰/۰۳	۰/۸۵	-۰/۰۱	-۰/۴۵	VI 63	۰/۱۸	-۰/۵۰	۰/۶۶	-۰/۳۴
VI 30	۰/۱۵	۰/۸۶	-۰/۰۹	-۰/۴۳	VI 64	-۰/۳۶	-۰/۸۱	۰/۴۴	-۰/۱۵
VI 31	-۰/۵۸	۰/۷۱	۰/۴۲	-۰/۷۱	VI 65	۰/۰۷	-۰/۸۲	۰/۵۸	-۰/۱۹
VI 32	-۰/۰۲	۰/۸۴	-۰/۰۲	-۰/۴۵	VI 66	-۰/۹۹	-۰/۸۳	۰/۲۷	-۰/۰۱
VI 33	۰/۶۹	-۰/۴۳	-۰/۴۹	۰/۵۸	VI 67	۰/۴۵	-۰/۵۶	۰/۷۴	-۰/۱
VI 34	۰/۶۳	-۰/۴۹	-۰/۴۳	۰/۶۱	VI 68	۰/۹۱	۰/۳۸	۰/۲۳	-۰/۱۶
					VI 69	۰/۹۹	۰/۸۳	۰/۲۷	-۰/۰۱

پوشش ۵۰ درصد را معرفی کرد. اسمیت و همکاران (۱۹۹۰) اعلام کرده‌اند، شاخص‌هایی وجود دارند که قادرند پوشش‌های کمتر از ۴۰ درصد را برآورد نمایند. آنها در مطالعه خود، از این شاخص‌ها استفاده کرده و درصد پوشش را با همبستگی بالایی برآورد کرده‌اند اما باید توجه کرد که آنها اطلاعات دیگری از جمله اطلاعات مربوط به خاک را وارد مدل خود نموده تا توانسته‌اند درصد پوشش را تخمین بزنند. همچنین راندکس و همکاران (۱۹۹۶) برای پوشش‌های کم، شاخص‌هایی از جمله GEMI، SAVI و MSAVI را معرفی کرده‌اند، ولی آنها نیز استفاده از سایر اطلاعات اضافی از جمله نوع خاک، رنگ خاک و شاخص سطح برگ را هم مطرح کرده‌اند. به عبارت دیگر برآورد پوشش‌های کمتر از ۵۰ درصد جنبه تحقیقاتی داشته و تا زمان کاربردی شدن آن فاصله قابل ملاحظه‌ای وجود دارد.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج نشان می‌دهند که اگر داده‌های میدانی درصد تاج پوشش، در طبقات مجزا قرار نگیرند، داده‌های تی.ام و شاخص‌های گیاهی حاصل از آنها، قادر به تخمین درصد تاج پوشش نمی‌باشند.

این تحقیق نشان می‌دهد که شاخص‌های گیاهی برگزیده، همبستگی قابل ملاحظه‌ای با داده‌های طبقه‌بندی شده میدانی (طبقه‌بندی بر اساس انحراف معیار) دارند.

با استفاده از شاخص‌های گیاهی، برآورد پوشش‌های کمتر از ۴۰ درصد، به خاطر غلبه انعکاس طیفی خاک و صخره‌ها مشکل است.

اگرچه در طبقه اول و دوم که درصد پوشش بالا بوده و بازتاب طیفی مختص پوشش گیاهی به شمار می‌آید و به دنبال آن تقریباً تمام شاخص‌ها قادر به برآورد درصد پوشش بودند، در این طبقه به خاطر دخالت بازتاب خاک و سایر اغتشاشات^۱، شاخص‌های تخصصی، از جمله شاخص مقاوم در برابر جو (ARVI)، که توسط کافمن و تانر^۲ (۱۹۹۲) پیشنهاد شده است، شاخص SAVI (هیوت، ۱۹۸۸)، شاخص GEMI (پینتی و ورستریت^۳، ۱۹۹۲)، شاخص MSAVI (کای^۴ و همکاران، ۱۹۹۴) و بالاخره شاخص MNDVI (لیو و هیوت، ۱۹۹۶) خود را نشان داده‌اند. در واقع به خاطر اینکه سهم بازتاب خاک در این طبقه زیاد شده است، به کارگیری شاخص‌های تنظیم شده برای خط خاک لازم به نظر می‌رسد. نتایج این بخش از تحقیق، نظرات راندکس و همکاران (۱۹۹۶)، ژیا (۱۹۹۴) و اسمیت و همکاران (۱۹۹۰) را صراحتاً تایید می‌کند. محققین نامبرده با استفاده از شاخص‌های فوق توانسته‌اند درصد پوشش گیاهی را با ضریب تشخیص ۰/۷۶ تا ۰/۹۹ برآورد نمایند.

در آخرین طبقه، ملاحظه می‌شود که هیچ یک از شاخص‌ها، توانایی برآورد درصد پوشش گیاهی را ندارند. باید پذیرفت انعکاس طیفی پیکسل‌هایی که قسمت ناچیزی از آن پوشیده از گیاه است، ترکیب پیچیده‌ای از خاک، گیاه و سایر عوامل است. در مورد اینکه داده‌های ماهواره‌ای تاجچه دامنه‌ای به راحتی قادر به برآورد درصد پوشش می‌باشند، نظرات متفاوتی وجود دارد. اسمیت و همکاران (۱۹۹۰) اعلام کرده‌اند که برآورد پوشش‌های کمتر از ۴۰ درصد، به خاطر غلبه انعکاس طیفی خاک و صخره‌ها مشکل است. راندکس و همکاران (۱۹۹۶) پوشش‌های کمتر از ۵۰ درصد را مطرح می‌کنند. آنچه که در این تحقیق اثبات می‌شود، پوشش کمتر از ۴۵ درصد است که می‌توان برای اطمینان بیشتر

۱ - Noise

۲ - Kaufman & Taner

۳ - Pinty & Verstraete

۴ - Qi

منابع

- ۱- ارزانی، حسین، گوردن کینگ و بروس فوستر، ۱۳۷۶. کاربرد داده‌های رقومی ماهواره لندست TM در تخمین تولید و پوشش گیاهی، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۱ (۱): ۲۰-۳.
- ۲- خواجه‌الدین، سیدجمال‌الدین، ۱۳۷۵. استفاده از داده‌های ماهواره *Landsat 5 MSS* در بررسی جوامع گیاهی و تعیین اراضی شور منطقه جازموریان. مجموعه مقالات دومین همایش ملی بیابان‌زایی و روش‌های مختلف بیابان‌زدایی - شهریور ۷۵، انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، سال انتشار ۱۳۷۷، چاپ اول، ص ص ۴۱ تا ۴۸.
- ۳- رضایی، عبدالمجید، ۱۳۷۴. مفاهیم آمار و احتمالات، نشر مشهد.
- 4- Boyd, D.S., G.M. Foody, P.J. Curran, R.M. Lucas & M. Honzak, M. 1996. An Assessment of Radiance Landsat TM Middle and Thermal Infrared Wavebands for the Detection of Tropical Forest Regeneration. *Int. J. Remote Sensing*, 17:249-261.
- 5- Elvidge, C.D. & R.J.P Lyon, 1985. Influence of Rock-Soil Spectral Variation on The Assessment of Green Biomass, *Remote Sensing of Environment*, 17:265-269.
- 6- Huete, A.R., 1988. A Soil-Adjusted Vegetation Index SAVI. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 25,: 295-309.
- 7- Jackson, R.D., P.N. Slatere, & P.Jr. Pinter, P.Jr. 1983. Discrimination of Growth and water Stress in Wheat by various vegetation Indices Through Clear and Turbid Atmospheres, *Remote Sensing of Environment* , 13:187-208.
- 8- Kaufman, Y.J., & D.Tanre, 1992. Atmospherically Resistant Vegetation Index ARVI For EOS-MODIS, *proc. IEEE Int. Geosci. And Remote Sensing symp.* 92, IEEE, New York, 261-270.
- 9- Lambin, E.F., & D. Ehrich, 1996. The Surface Temperature-Vegetation Index Space for land Cover and Land-Cover Change Analysis, *Int. J. Remote Sensing*, 17:463-484.
- 10- Leeuwen, W.J.D., & A.R. Huete, A.R. 1996. Effects of Standing Litter on the Biophysical Interpretation of plant Canopies with Spectral Indices, *Remote Sensing of Environment*, 55:123-138.
- 11- Pinty, B. & M.M. Verstraete, M.M. 1991. GEMI: A Non-Linear Index to Monitor Global Vegetation from satellites, *Vegetation*, Vol. 101: 15-20.
- 12- Qi, J., A.Chehbouni, A.R. Huete, & Y.H.Kerr, 1994. Modified Soil Adjusted Vegetation Index MSAVI, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 48:PP119-126.
- 13- Rondeaux, G., M.Steven, & F. Baret, 1996. Optimization of Soil-Adjusted Vegetation indices, *Remote Sensing of Environment*, 55:98-107.
- 14- Sepehry, A., H. Ejtehadi, & H.Banejada, 1998. Evaluating Correlation of Selected Vegetation Indices Containing Near, Middle and Thermal Infrared Wavebands with Some Forest Biophysical Variable, *Acta Botanica Hungarica*, 41(4): 259-272.
- 15- Smith, M.O., S.L.Usting, J.B.Adams, & A.R.Gillespie, 1990. Vegetation in Deserts: I. A Regional Measure of Abundance from Multispectral Images, *Remote Sensing of Environment*, 31:1-26.
- 16- Toby, N.C., & A.R. David, 1997. On Relation Between NDVI, Fractional Vegetation Cover, and leaf Area Index, *Remote Sensing of Environment*, 62:241-252.
- 17- Vanclay, J.K., & R.A. Preston, 1990. Utility of Landsat Thematic Mapper Data for Site productivity in Tropical Moist Forests, *PE and RS, Photogramm Eng. Remote Sens.*, 56:1383-1388.
- 18- Xia, Li., 1994. A Two-Axis Adjusted Vegetation Index TWVI, *Int. J. Remote Sensing*, 15:1477-1458.

Using Vegetation Indices For Estimation of Canopy Cover Percentage of Rangeland Vegetation (In Protected Area of Jahan-Nama, Gorgan)

A. Sepehry¹

M.R. Mottaghi²

Abstract

The objective of this study was to assess the application of vegetation indices derived from Landsat Thematic Mapper imagery for estimating rangeland vegetation canopy cover percentage of Jahan-Nama protected area. Stratified random sampling was designed and 370 sample plots on 37 sample units were allocated in the field, using Global Positioning System (GPS). Landsat Thematic Mapper image, dated 1998, was geometrically corrected with RMS error of less than 0.98-pixel size. Corresponding mean values of 9-pixel elements belonging to sample units for all created indices were extracted. Corresponding field measurements were regressed against TM data (as an independent variable) and 69 vegetation index values created by different combinations of TM bands (as dependent variables). Then, statistical models were developed. Results show that if canopy cover percentage without its arrangement in classes are entered in the regression analysis, landsat data will be unable to detect their changes. The results also show that landsat data are capable of detecting high canopy cover percentage classes when field data are categorized. Regression analyses show promising results in estimating canopy cover percentage of rangeland vegetation. The index, $(TM5-TM3)/(TM5+TM3)$, shows high correlation (0.99) with the first canopy cover class (71.9-88.1%), $(TM3-TM7)/(TM3+TM7)$ and $(TM6)/(TM3+TM5)$ indicate high correlation with the second class (58.6-71.9%). Having more than 0.85 regression coefficient, $(TM6)/(TM7-TM2)$ demonstrates high correlation with the third canopy class with 45.2-58.6 percent canopy coverage. For the last class, no index could be introduced to estimate coverage percentage as there was no significant correlation between canopy cover and all indices involved.

Keywords: Landsat, Thematic Mapper, NDVI, Canopy cover, Biomass, Vegetation index, Regression analysis, Rangeland, Jahan-Nama.

¹ - Asst.prof., Gorgan Agricultural and Natural Resources University

² - Senior Expert in Range Management