

بررسی قابلیت داده‌های چند زمانه ماهواره لندست ۷ در برآورد تاج پوشش و تولید گیاهی (مطالعه موردی: منطقه استپی بخشعلی نعمتی - ساوه)^۱

جلیل فرزاد مهر^۲ حسین ارزانی^۳ علی اکبر نظری سامانی^۴

چکیده

در طی چند دهه اخیر استفاده از شاخص‌های گیاهی به منظور ارزیابی اکوسیستم‌های طبیعی کاربرد فراوانی داشته است و این شاخص‌ها با پارامترهای گیاهی مورد نظر همبستگی خوبی داشته. اما در استفاده از آنها برای یک دوره زمانی پیوسته همواره مسایلی را باید مد نظر قرار داد. از این رو به منظور بررسی قابلیت داده‌های رقومی چند زمانه ماهواره لندست، سنجنده ETM+ در برآورد تاج پوشش و تولید گیاهی داده‌های ماهواره‌ای لندست ۷ مربوط به سالهای مختلف منطقه استپی در استان مرکزی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این تحقیق اطلاعات مربوط به تاج پوشش گیاهی و تولید فرم‌های مختلف رویشی متعلق به ۶۰ پلات دو مترمربعی جمع‌آوری شد.

عمل تطابق هندسی داده‌های ماهواره‌ای با استفاده از نقاط کنترل زمینی و با خطای هندسی کمتر از ۰/۵ پیکسل انجام گردید. سپس به منظور حذف آثار مربوط به وضعیت هندسی نظاره و یکسان کردن شرایط تصویربرداری در سال‌های مختلف تصحیح رادیومتری انجام شد و ارزش رقومی هر پیکسل به بازتاب طیفی تبدیل شد. در ادامه شاخص‌های گیاهی مناسب مناطق خشک و شاخص‌های تصحیحات اتمسفری ایجاد شد و مقادیر بازتاب طیفی در محل قطعات نمونه برداری استخراج گردید. نتایج حاصل از بررسی روابط همبستگی بین متغیرهای گیاهی و بازتاب‌های طیفی و شاخص‌های گیاهی نشان دهنده همبستگی معنی‌دار بین باندهای طیفی ETM5 و ETM7، شاخص‌های TSAVI₁، GEMI و ARVI با تاج پوشش و تولید فرم‌های مختلف رویشی بود. در این میان شاخص GEMI با ضرایب همبستگی ۰/۴۳، ۰/۵۹، ۰/۶۳ و ۰/۵۵ همبستگی بالاتری را به ترتیب با تاج پوشش گندمیان، بوته‌ای‌ها، تاج پوشش و تولید کل در بین شاخص‌های گیاهی نشان داد. با تکیه بر نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان استنتاج نمود که کاربرد بازتاب طیفی در هنگام کاربرد تصاویر چند زمانه برای برآورد تاج پوشش گیاهی و تولید در مناطق خشک از دقت بالاتری برخوردار است، همچنین استفاده از شاخص‌های تصحیحات اتمسفری (GEMI) برای کم کردن تغییرات شرایط اتمسفری در سال‌های مختلف ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: لندست ۷، تاج پوشش گیاهی، تولید کل، سنجنش از دور، سنجنده ETM+، بازتاب طیفی، شاخص‌های گیاهی و ساوه.

^۱-تاریخ دریافت: ۸۳/۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۸۴/۴/۲۷

^۲- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند (E-mail: Farzadm102000@yahoo.com)

^۳- دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۴- دانشجوی دکتری آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

مقدمه

گسترده‌گی سطح منابع طبیعی (به خصوص اراضی مرتعی) و وجود تنوع گسترده اقلیمی، زیستی و شرایط محیطی همواره عامل محدود کننده‌ای در شناخت این عرصه‌ها بر پایه پیمایش‌ها و اندازه‌گیری‌های زمینی به شمار می‌آید. با توجه به اینکه در مدیریت اینگونه اراضی نیاز به شناخت اجزای واحد اکوسیستم و اندازه‌گیری مشخصه‌های گیاهی با صرف هزینه‌ها و زمان کمتر از اجزای لاینفک به حساب می‌آید، بنابراین بکارگیری ابزارها؛ روش‌های و فناوری‌های جدید مانند داده‌های رقومی حاصل از سنجنده‌ها در دهه‌های اخیر همواره در برنامه‌کاری متخصصان قرار گرفته است (ویلسون به نقل از Zhou ۱۹۹۸ و ارزانی ۱۳۷۶).

داده‌های ثبت شده توسط سنجنده‌ها حاصل انرژی الکترو مغناطیسی بازتابیده شده از سوی پدیده‌های زمینی می‌باشد که بخش کوچکی از طیف گسترده تابش کاهربایی را شامل می‌شوند (طاهرکیا، ۱۳۷۵). در هر صورت برای استفاده از این داده‌ها در شناخت و ارزیابی عرصه‌های مرتعی باید تاثیر عواملی چون توپوگرافی، بازتاب خاک زمینه، آثار اتمسفری و سایر عوامل شناخته شده تا حد امکان کاهش داده شود (لیلساند و کیفر، به نقل از فرزاد مهر، ۱۳۸۳).

مقادیر ارزش رقومی^۱ ثبت شده به وسیله سنجنده بیانگر مقدار نسبی بازتابش از سطح زمین است. معمولاً می‌توان از ارزش‌های رقومی (DN) ثبت شده در سنجنده‌ها برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای برای کاربری‌های مختلف استفاده کرد که این کاربرد خالی از اشکال نیست زیرا ارزش‌های رقومی ثبت شده توسط سنجنده‌ها از یک پدیده معین، تحت تاثیر زاویه دید، موقعیت و زاویه خورشید، شرایط آب و هوایی و... قرار می‌گیرد و در زمان‌های مختلف متفاوت می‌باشد. بنابراین بسیار مفید خواهد بود که در پردازش تصاویر ماهواره‌ای برای کاربری‌های مختلف کمی و کیفی، ارزش‌های رقومی (DN) را به واحدهای بازتاب طیفی^۲ تبدیل شوند و بازتاب واقعی پدیده‌ها در تجزیه و

تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گیرد. مزیت این تبدیل عبارتند از: ۱- امکان مقایسه مقادیر مختلف بازتاب طیفی پدیده‌ها بین تصاویر چند زمانی^۳ (۹)، ۲- ایجاد و بهره‌گیری از کتابخانه طیفی^۴ پدیده‌های زمینی و بازتاب واقعی^۵ پدیده‌ها و ۳- اساساً ایجاد شاخص‌های گیاهی بر اساس مقادیر بازتاب واقعی پدیده‌های زمینی می‌باشد.

کافمن^۶ (۱۹۸۹) و پرایس^۷ (۱۹۸۷) با حذف آثار اتمسفری و تصحیحات رادیو متری مربوط به ضرایب کالیبراسیون سنجنده ماهواره لندست مقادیر ارزش رقومی را به بازتاب طیفی تبدیل نموده و بیان داشته که شاخص‌های حاصل از این تبدیل به وضوح روابط بهتری را با پارامترهای کمی پوشش گیاهی از یک سو و پایش دقیق‌تر عرصه‌های دارای پوشش گیاهی در زمان‌های مختلف ارائه نموده است.

در مجموع لازم به ذکر است که شاخص‌های گیاهی حاصل از ترکیب باندهای طیفی سنجنده‌های ماهواره‌ای، ارتباط خوبی با تراکم شاخ و برگ گیاهان نشان می‌دهند. اما باید توجه داشت که شاخص‌های گیاهی به سه فاکتور خارجی زاویه تابش خورشید، آثار خاک زمینه و تاثیرات اتمسفری حساسیت نشان می‌دهند و رفتار کلی شاخص‌های گیاهی به سه فاکتور خارجی فوق الذکر بسیار پیچیده است (۱۰ و ۸).

با توجه به موارد فوق و اهمیت کاربرد داده‌های چند زمانه برای بررسی‌های کمی و کیفی پوشش گیاهی مرتعی از سوی دیگر، تحقیق فوق با هدف بررسی قابلیت و کاربرد داده‌های چند زمانه ماهواره لندست ۷ (سنجنده ETM+) جهت بررسی پوشش گیاهی مراتع منطقه استپی بخشعلی نعمتی در استان مرکزی انجام شد.

۳- Multi Temporal
۴- Spectral Libraries
۵- Reflectance
۶- Kaufman
۷- Price

۱- Digital Number
۲- Spectral Units (Radiance)

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در محدوده شهرستان ساوه در استان مرکزی در منطقه استپی واقع شده است و محدوده جغرافیایی آن بین طول $50^{\circ}40'$ تا $50^{\circ}43'$ طول شرقی و $25^{\circ}25'$ تا $25^{\circ}28'$ عرض شمالی می‌باشد. میانگین ارتفاع، دمای روزانه و بارندگی سالیانه منطقه به ترتیب 1325 متر از سطح دریا، $15/2^{\circ}C$ و 200 میلی‌متر می‌باشد. پوشش گیاهی منطقه متشکل از بوته‌ای‌ها، فورب‌های دایمی و گندمیان می‌باشد. تیپ گیاهی غالب در این منطقه

Artemisia sieberi-Salsola rigida بوده و

گونه‌های زیر به عنوان گونه‌های همراه قابل ذکر است:

Noaea mucronata, *Acanthophyllum microcephallum*, *Astragalus gossypinus*, *Stipa arabica*, *Stachys inflata*

داده‌های مورد استفاده

۱- داده‌های سنجنده ETM+ ماهواره لندست هفت در شش باند طیفی مربوط به منطقه ساوه با شماره گذر ۱۶۵ و ردیف ۳۶ مربوط به سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ هجری شمسی. اندازه عناصر تصویر این داده‌ها در باندهای یک تا پنج و باند هفت معادل ۳۰ متر و در باند طیفی pan معادل ۱۵ متر می‌باشد.

۲- نقشه‌های توپوگرافی رقومی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور با فرمت DGN برای تعیین نقاط کنترل زمینی و عمل تطابق هندسی تصاویر.

۳- داده‌های زمینی اندازه‌گیری شده در عرصه شامل تاج پوشش گیاهی و تولید.

روش کار

۱- اندازه‌گیری‌های صحرایی

اندازه‌گیری تاج پوشش گیاهی و تولید در مناطق معرف تیپ‌های گیاهی و در قالب ۶۰ پلات ۲ متر مربعی در طول ۴ ترانسکت موازی انجام گرفت. همچنین مختصات نمونه‌ها توسط دستگاه مکان یاب (GPS) مازلان زوجی که یکی در روی نقطه مرجع و دیگری به صورت همراه می‌باشد

اندازه‌گیری شد. در داخل هر پلات درصد پوشش گونه‌ها در فرم‌های رویشی بوته‌ای‌ها، فورب‌ها و گندمیان به تفکیک گونه اندازه‌گیری شد. همچنین درصد سنگ و سنگریزه لاشبرگ و خاک لخت بر آورد شد. برای اندازه‌گیری تولید از روش ارزانی (۱۹۹۴) و بر اساس نمونه‌گیری مضاعف استفاده شد. اندازه‌گیری‌های صحرایی در سال ۱۳۷۸ توسط کارشناسان «طرح ملی ارزیابی مراتع در مناطق مختلف آب و هوایی ایران» انجام شده بود که برداشت اطلاعات زمینی در سالهای ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ به همان روش توسط محقق انجام شد.

۲- تطابق هندسی و تصحیح رادیومتر^۱

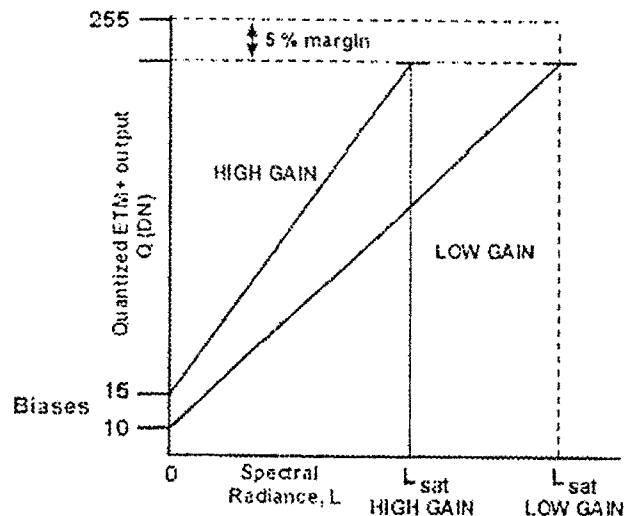
تصاویر ماهواره‌ای

عمل تطابق هندسی تصاویر مربوط به سال ۱۳۸۰ به روش استفاده از نقاط کنترل زمینی و نقشه‌های توپوگرافی رقومی با خطای هندسی کمتر از نیم پیکسل ($RMSE=0/4$) و به روش نزدیکترین همسایه با اندازه تفکیک مکانی معادل 5×5 متر انجام شد. عمل تطابق هندسی تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ به روش تطابق تصویر به تصویر^۲ و با استفاده از تصویر تطابق شده سال ۱۳۸۰ (به عنوان تصویر مینا) انجام شد.

چون ارزش‌های رقومی (DN) ثبت شده از یک پیکسل معین در سال‌های مختلف، تحت تاثیر زاویه دید، موقعیت و زاویه خورشید و شرایط اتمسفری قرار می‌گیرد بنابراین در صورت کاربرد تصاویر چند زمانه لازم است خطاهای موجود رفع گردد (۷). در تصاویر موجود نیز با بررسی دقیق فایل حاوی را اطلاعات کمکی داده‌های ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ ملاحظه شد که باندهای طیفی در سال‌های فوق در حالت‌های مختلف تابع تبدیل بازتابش ثبتي (High gain و Low gain)، به ارزش رقومی تصویربرداری شده است (شکل ۱). به طوری که باند طیفی ETM4 در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ به حالت تابع Low و در سال ۱۳۷۸ به حالت تابع High تبدیل شده است.

۱- Radiometric Correction

۲- Image to Image



شکل ۱- محدوده توابع High Gain و Low Gain در تصاویر سنجنده ETM+ (Lillsand & Kiefer ۱۹۹۴)

با تبدیل مقادیر تابش طیفی به بازتاب طیفی آثار مربوط به تغییر شرایط نوردهی^۴، فصل، عرض جغرافیایی، شرایط آب و هوایی روی تصاویر حذف می‌گردد و نتیجه حاصل نسبت استاندارد شده‌ای است که مستقیماً جهت مقایسه بازتاب پدیده‌ها بین تصاویر مختلف و یک تصویر در زمانهای متفاوت قابل کاربرد است. کلیه مراحل فوق در نرم افزار ENVI قابل انجام است.

۳- محاسبه شاخص‌های گیاهی مورد استفاده:

پس از تطابق هندسی و انجام تصحیح رادیومتری، شاخص‌های مختلف طیفی ایجاد گردید. با توجه به انجام این تحقیق در مناطق خشک سعی شد از شاخص‌های گیاهی مناسب مناطق خشک که اثر بازتاب خاک زمینه را تا حد امکان کاهش می‌دهند استفاده گردید (۱۵۵). همچنین با توجه به اینکه کاربرد اطلاعات ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۷۹، ۱۳۸۰ با هم مد نظر بود. برای یکسان کردن شرایط اتمسفری سعی شد از شاخص‌های تصحیحات اتمسفری که شرایط متفاوت اتمسفری را تا حد امکان کاهش می‌دهند، استفاده گردد (۷). رابطه و نوع شاخص‌های مورد استفاده مطابق جدول (۱) می‌باشد.

از آنجایی که در صورت تفاوت در حالت تصویربرداری، ارزش‌های رقومی برای یک پیکسل خاص متفاوت بوده بنابراین ترکیب حالات تصویربرداری low و high که دارای مدلهای متفاوتی برای تعیین ارزش رقومی یک پیکسل خاص می‌باشند معقول و منطقی به نظر نمی‌رسد (۸).

برای انجام تصحیح رادیومتری در اولین گام ارزش‌های رقومی به تابش طیفی^۱ تبدیل می‌شود که این عمل با استفاده از ضرایب کالیبراسیون سنجنده و با استفاده از رابطه زیر صورت می‌گیرد:

$$Y = \text{Gain} \times \text{DN} + \text{Offset} \quad (1)$$

که در آن Y تابش طیفی (به $Wm^{-2} Ster^{-1} \mu m^{-1}$)، DN ارزش رقومی پیکسل (۰ تا ۲۵۵) و Gain و Offset ضرایب کالیبراسیون سنجنده می‌باشند.

در مرحله بعد مطابق رابطه زیر مقدار تابش طیفی به بازتاب طیفی^۲ تبدیل می‌شود (۸ و ۱۳).

$$\rho = \frac{\pi L d^2}{E_{sun} \cdot \cos(SZ)} \quad (2)$$

که در آن: ρ = بازتاب طیفی پدیده، $\pi = 3.14$ و $L = \text{کل تابش اندازه‌گیری شده در سنجنده که از فرمول (۱) محاسبه شده و } d = \text{فاصله خورشید زمین در واحد فضایی}^3 \text{ می‌باشد}$

۱- Radiance
۲- Reflectance
۳- Astronomical Unit

جدول ۱- رابطه و نوع شاخص های مورد استفاده

رابطه	شاخص
$ARVI = (NIR - RB)/(NIR+RB)$	ARVI (کافمن وتائر ۱۹۹۲)
$NIR =$ باند طیفی مادون قرمز نزدیک و $RB =$ حاصلضرب باند طیفی قرمز و باند طیفی آبی	
$GEMI = \frac{\eta(1-0.25) - (R - 0.125)}{1-R}, \eta = \frac{2(NIR^2 - R^2) + 15NIR + 0.5R}{(NIR + R + 0.5)}$	GEMI (پینتی و وستریت ۱۹۹۲)
	R بازتاب در باند قرمز
$(a * (ETM4 - (a * ETM3) - b)) / (ETM3 + (a * ETM4) - (a * b))$ a = شیب معادله خط خاک و b = عرض از مبدأ معادله خط خاک	Tsavi ₁ (بارت و همکاران ۱۹۹۳)
$\left\{ (a * (ETM4 - (a * ETM3) - b)) / (ETM3 + (a * ETM4) - (a * b) + X(1 + a^2)) \right\}$ برای کاهش اثر خاک، مقدار X به طور تجربی معادل 0.08 به دست آمده است	Tsavi ₂ (بارت و همکاران ۱۹۹۳)
$MSAVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L} (1 + L)$ a = شیب معادله خط خاک NIR = بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک و RED = بازتاب در باند طیفی قرمز L = تابع تجربی فاکتور تصحیح اثر درخشندگی خاک که با کاهش مقدار پوشش گیاهی، کاهش می یابد.	Msavi (کای و همکاران ۱۹۹۴)
$SAVI = \frac{(NIR - RED)(1 + L)}{(NIR + RED + L)}$ L فاکتور تصحیح خاک به صورت زیر می باشد: پوشش انبوه = 0.125، پوشش تنک = 1 و در پوشش نیمه انبوه = 0.15	Savi (هیوت ۱۹۸۸)

۴- تجزیه و تحلیل آماری

برای بررسی روابط همبستگی و انتخاب مدل های مناسب، ابتدا هر یک از متغیرهای مربوط به مشخصه های گیاهی اعم از درصد تاج پوشش گندمیان، بوته ای ها، فوربها و تولید کل به عنوان متغیر وابسته (Y) و مقادیر استخراج شده بازتاب طیفی باندهای طیفی و شاخص های گیاهی در محل قطعات نمونه برداری، به عنوان متغیر مستقل (X) وارد نرم افزار آماری SPSS گردید و نتایج استخراج گردید. برای انتخاب مدل مناسب از دو آماره^۱ ضریب همبستگی (r) و اشتباه معیار (SE) استفاده گردید. اشتباه معیار از آن جهت مورد توجه قرار گرفت که در شرایط یکسان بودن ضرایب همبستگی ارجحیت به معادله ای داده شود که اشتباه معیار کمتری داشته باشد.

نتایج

بر اساس نوع باند طیفی یا شاخص های گیاهی مورد استفاده در این تحقیق، نتایج آنالیز رگرسیون بین مشخصه های کمی (تاج پوشش گیاهی و تولید) و باند طیفی یا شاخص گیاهی به شرح زیر است.

۱- آنالیز باندها و نسبت های طیفی ETM1 تا

ETM5 و ETM7 با مشخصه های گیاهی

نتایج حاصل از اعمال رگرسیون ساده بین مقادیر بازتاب طیفی حاصل از باندهای اصلی و مشخصه های گیاهی در محل قطعات نمونه حاکی از آن است که باندهای طیفی ETM4، ETM5 و ETM7 روابط معنی داری با مشخصه های گیاهی نشان دادند که از بین آنها باند طیفی ETM5 و ETM7 رابطه همبستگی بالاتری را نشان داده، در این بین باند ETM5 با ضرایب همبستگی ۰/۴۲ و

در گروه شاخص‌های نسبتی، شاخص **Ratio25** نیز که حاصل ترکیب باند طیفی **ETM5** و **ETM7** است روابط معنی‌داری را با گروه‌های مختلف گیاهی نشان داده است.

۰/۴۶ رابطه معنی‌داری را به ترتیب با تاج پوشش بوته‌ای‌ها و تاج پوشش کل نشان داده است. ضرایب همبستگی گروه‌های دیگر گیاهی نیز با باند طیفی **ETM5** نسبت به باندهای طیفی دیگر بیشتر است.

جدول ۲- بهترین نتایج حاصل از روابط رگرسیون خطی ساده بین باندهای طیفی و شاخص‌های گیاهی با پوشش و تولید گروه‌های مختلف

گیاهی

سطح احتمال معنی‌داری	اشتباه برآورد (معیار خطای برآورد)		ضریب تعیین اصلاح شده $Adjusted R^2$	ضریب همبستگی (R)	رابطه رگرسیون	متغیر وابسته (مشخصه‌های کمی اندازه‌گیری شده)	باند طیفی	ضریب همبستگی
	۵ %	۱ %						
+	-	۴/۳	۰/۰۷	۰/۲۹	$17/2+9/2*ETM4$	پوشش گندمیان	ETM4	۶۰
+	-	۴/۶	۰/۰۵	۰/۲۶	$61/5+2/5*ETM4$	پوشش فورب‌ها		
+	-	۵	۰/۱۱	۰/۳۶	$32+23/8*ETM4$	پوشش بوته‌ایها		
+	-	۳/۵	۰/۰۹	۰/۳۲	$13/3+5/3*ETM4$	پوشش کل		
+	-	۶/۵	۰/۰۵	۰/۲۷	$38+2/5*ETM4$	تولید کل		
+	-	۳	۰/۰۷	۰/۳۱	$54/4-1/12*ETM5$	پوشش گندمیان	ETM5	۶۰
+	-	۲/۵	۰/۱۱	۰/۳۷	$14/8-0/5*ETM5$	پوشش فورب‌ها		
+	-	۴	۰/۱۶	۰/۴۲	$45-13/8*ETM5$	پوشش بوته‌ایها		
+	-	۳/۵	۰/۱۹	۰/۴۶	$32/1-16/5*ETM5$	پوشش کل		
+	-	۶/۸	۰/۰۵	۰/۲۵	$112/8-0/5*ETM5$	تولید کل		
+	-	۴	۰/۰۵	۰/۲۸	$2/5-2/8*ETM7$	پوشش گندمیان	ETM7	۶۰
+	-	۴/۲	۰/۱۳	۰/۳۷	$9/5-4/2*ETM7$	پوشش فورب‌ها		
+	-	۳/۸	۰/۱۲	۰/۴۰	$5/3-6/8*ETM7$	پوشش بوته‌ایها		
+	-	۳	۰/۱۶	۰/۴۳	$15/9-2/7*ETM7$	پوشش کل		
+	-	۵/۹	۰/۰۵	۰/۲۶	$20/8-4/5*ETM7$	تولید کل		
+	-	۳/۵	۰/۰۶	۰/۲۷	$14/5+20/8*Ratio25$	پوشش گندمیان	Ratio25	۶۰
+	-	۲/۵	۰/۰۷	۰/۳۱	$11/7+11/2*Ratio25$	پوشش فورب‌ها		
+	-	۴/۸	۰/۱۱	۰/۳۷	$54/4+2/8*Ratio25$	بوته‌ایها		
+	-	۶/۲	۰/۱۶	۰/۴۳	$10/8+45/3*Ratio25$	پوشش کل		
+	-	۷/۸	۰/۰۵	۰/۲۵	$11/4+5/9*Ratio25$	تولید کل		

مختلف گیاهی دارد. به طوری که این شاخص با ضرایب همبستگی ۰/۵۲ و ۰/۵۷ همبستگی بالاتری را به ترتیب با تاج پوشش بوته‌ای‌ها و تاج پوشش گیاهی کل دارد. در گروه تاج پوشش گندمیان و تاج پوشش فورب‌ها شاخص **MSAVI** به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۳۶ و ۰/۳۹ روابط معنی‌دارتری را نشان داده است. در مورد تولید کل نیز شاخص **MSAVI** با ضریب همبستگی ۰/۳۸ بهترین

۲- آنالیز همبستگی بین شاخص‌های مناسب مناطق خشک با مشخصه‌های گیاهی

نتایج بررسی روابط همبستگی در این گروه نشان می‌دهد که از بین شاخص‌های مناسب مناطق خشک شاخص‌های **SAVI**، **TSAVI**، **MSAVI** روابط معنی‌دار با گروه‌های مختلف گیاهی نشان داده‌اند. در این میان شاخص **TSAVI** ضرایب همبستگی معنی‌داری را با گروه‌های

رابطه معنی‌دار را در بین شاخص‌های مناسب مناطق خشک نشان داده است (جدول ۳).
جدول (۳) بهترین نتایج حاصل از روابط رگرسیون خطی ساده بین شاخص‌های گیاهی مناسب مناطق خشک با پوشش و تولید گروه‌های مختلف گیاهی

سطح احتمال معنی‌داری (درصد)	اشتباه برآورد (معیار خطای برآورد)	ضریب تعیین اصلاح شده Adjusted R ^۲	ضریب همبستگی (R)	رابطه رگرسیون	متغیر وابسته (مشخصه‌های کمی اندازه‌گیری شده)	باند طیفی	فواصل نمونه	
								۵
+	-	۴/۲	۰/۰۹	۰/۳۲	۷/۱۹+۰/۲۵*SAVI	پوشش گندمیان	SAVI	۶۰
+	-	۳/۷	۰/۱۳	۰/۳۸	۵/۹۳+۰/۱۲*SAVI	پوشش فورب‌ها		
+	+	۵/۵	۰/۲۰	۰/۴۵	-۲۴/۱+۴۵*SAVI	پوشش بوته‌ایها		
+	+	۴/۸	۰/۲۱	۰/۴۹	-۱۱/۳+۰/۰۷*SAVI	پوشش کل		
+	+	۶/۵	۰/۰۸	۰/۳۰	-۲۵/۷+۲/۱*SAVI	تولید کل		
+	-	۳/۵	۰/۵۹	۰/۳۲	۷/۷۵+۰/۲۴*TSAVI _۱	پوشش گندمیان	TSAVI _۱	۶۰
+	-	۴/۲	۰/۰۵	۰/۲۸	۵/۹۷+۰/۱۳*TSAVI _۱	پوشش فورب‌ها		
+	-	۴/۵	۰/۲۱	۰/۵۲	-۴/۵+۰/۴۱*TSAVI _۱	پوشش بوته‌ایها		
+	+	۴/۲	۰/۳۲	۰/۵۷	-۹/۸+۰/۶۷*TSAVI _۱	پوشش کل		
+	+	۷/۵	۰/۱۱	۰/۳۶	۶+۲۲/۶*TSAVI _۱	تولید کل		
+	+	۳/۵	۰/۱۱	۰/۳۶	۶/۵+۱/۶*MSAVI	پوشش گندمیان	MSAVI	۶۰
+	-	۲/۸	۰/۱۲	۰/۳۹	۵/۴۳+۰/۰۸*MSAVI	پوشش فورب‌ها		
+	-	۳/۵	۰/۱۵	۰/۴۱	-۱۳/۸+۰/۴۵*MSAVI	پوشش بوته‌ایها		
+	-	۴	۰/۲۱	۰/۵۲	۳۲/۲+۱/۳*MSAVI	پوشش کل		
+	-	۶/۵	۰/۱۲	۰/۳۸	۱۹/۶+۰/۲۲*MSAVI	تولید کل		

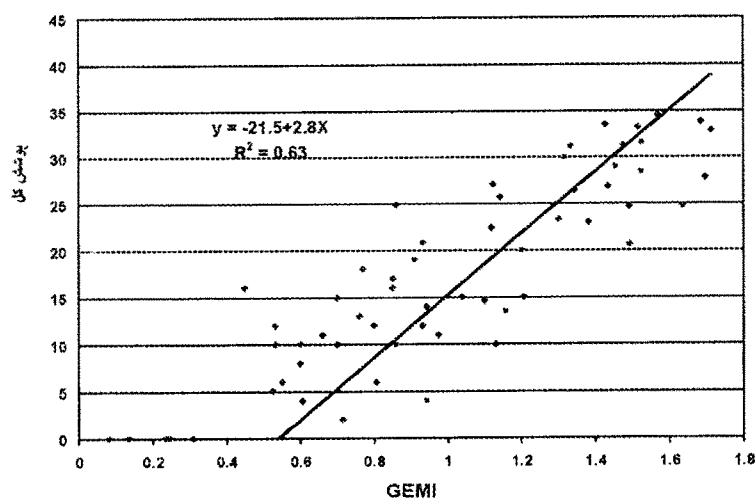
در این میان شاخص GEMI با ضرایب همبستگی ۰/۴۳، ۰/۵۹، ۰/۶۳ و ۰/۵۵ همبستگی بالاتری را به ترتیب با تاج پوشش گندمیان، بوته‌ای‌ها، تاج پوشش کل و تولید کل نشان داده است (شکل ۲). در گروه تاج پوشش فورب‌ها شاخص ARVI با ضرایب همبستگی ۰/۶۰ همبستگی بالاتری با این گروه نشان داده است. روابط همبستگی گروه‌های مختلف گیاهی با شاخص‌های اتمسفری در جدول (۴) آمده است.

۳- آنالیز همبستگی بین شاخص‌های اتمسفری و مشخصه‌های گیاهی

نتایج بررسی روابط همبستگی در این گروه نشان می‌دهد که از بین سه گروه باندهای طیفی، شاخص‌های مناسب مناطق خشک و شاخص‌های اتمسفری، ضرایب همبستگی در گروه شاخص‌های اتمسفری نسبت به گروه‌های دیگر بالاتر می‌باشد. از بین شاخص‌های اتمسفری شاخص‌های GEMI، ARVI و TSARVI_۱ روابط معنی‌دار با ضرایب همبستگی بالاتر با گروه‌های مختلف گیاهی نشان داده‌اند.

جدول ۴- بهترین نتایج حاصل از روابط رگرسیون خطی ساده بین شاخص‌های اتمسفری با پوشش و تولید گروه‌های مختلف گیاهی

سطح احتمال معنی‌داری (درصد)	۵	۱	(معیارخطای برآورد)	ضریب تعیین اصلاح شده R^2 Adjusted	ضریب همبستگی (R)	رابطه رگرسیون	متغیر وابسته (مشخصه‌های کمی اندازه‌گیری شده)	باند طیفی	تعداد نمونه
+	-		۳	۰/۰۹	۰/۳۵	$12/5-45/8*ARVI$	پوشش گندمیان	ARVI	۶۰
+	+		۳/۹	۰/۳۴	۰/۶۰	$23-22/8*ARVI$	پوشش فورب‌ها		
+	+		۴/۷	۰/۲۸	۰/۵۵	$13/8-97/9*ARVI$	پوشش بوته‌ای‌ها		
+	+		۲/۸	۰/۳۵	۰/۶۱	$45-87/8*ARVI$	پوشش کل		
+	-		۸/۵	۰/۱۲	۰/۴۰	$14/8-54/9*ARVI$	تولید کل		
+	-		۵/۵	۰/۱۵	۰/۴۳	$-12/5+0/45*GEMI$	پوشش گندمیان	GEMI	۶۰
+	+		۳/۸	۰/۲۱	۰/۵۲	$-4/9+0/04*GEMI$	پوشش فورب‌ها		
+	+		۴/۵	۰/۳۲	۰/۵۹	$-11/4+0/87*GEMI$	پوشش بوته‌ای‌ها		
+	+		۳/۵	۰/۳۸	۰/۶۳	$-21/5+2/8*GEMI$	پوشش کل		
+	+		۷/۷	۰/۲۸	۰/۵۵	$-29+0/15*GEMI$	تولید کل		
+	-		۳	۰/۱۱	۰/۳۷	$12/5+55/8*TSARVI_1$	پوشش گندمیان	TSARVI ₁	۶۰
+	+		۴	۰/۲۶	۰/۵۳	$17/5+13/5*TSARVI_1$	پوشش فورب‌ها		
+	+		۴/۵	۰/۳۶	۰/۶۲	$9/8+45/5*TSARVI_1$	پوشش بوته‌ای‌ها		
+	+		۴/۷	۰/۳۱	۰/۵۶	$33/8+14/5*TSARVI_1$	پوشش کل		
+	-		۶/۸	۰/۱۲	۰/۳۹	$54/5+8/9*TSARVI_1$	تولید کل		



شکل ۲- رابطه همبستگی بین شاخص GEMI و درصد تاج پوشش کل

بحث و نتیجه گیری

همانطور که از نتایج دریافت می‌شود به‌طور کلی می‌توان گفت بین داده‌های رقومی حاصل از سنجنده ETM+ ماهواره لندست و تاج پوشش گیاهی و تولید در منطقه مورد مطالعه روابط معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری که در بین باندهای طیفی، باندهای ETM₅ و ETM₇ روابط معنی‌داری را با همبستگی بالاتر نشان داده‌اند. از آنجایی که جذب در ناحیه مادون قرمز میانی با مقدار رطوبت برگ‌ها و شاخه‌ها ارتباط دارد و هرچه مقدار رطوبت اندام‌ها بیشتر باشد مقدار جذب بیشتر است لذا با توجه به ویژگی گیاهان مناطق خشک و نیمه خشک که مقدار رطوبت اندام‌ها کم می‌باشد و مقدار جذب در ناحیه مادون قرمز میانی کم است بنابراین بازتاب نور مادون قرمز میانی در گیاهان مناطق خشک و نیمه خشک بالاست به‌طوری که این بازتاب روابط معنی‌داری را بین تاج پوشش گیاهی و بازتاب طیفی باندهای ETM₅ و ETM₇ به‌وجود آورده است. تحقیقات چاوز و مکینون^۱ (۱۹۹۴) این مطلب را تایید می‌نمایند. در گروه شاخص‌های مناسب مناطق خشک نیز شاخص‌های SAVI, MSAVI₁ و TSAVI₁ همبستگی بیشتری را با تاج پوشش و تولید گروه‌های مختلف دارند. شاخص‌های فوق که به شاخص‌های گروه SAVI معروف می‌باشند و در مناطق خشک و نیمه خشک که به علت اثر سایه ایجاد شده توسط اندام‌های هوایی و جذب نور قرمز توسط برگ‌ها و ساقه‌ها (با وجود اینکه روشنایی سطح خاک زیاد می‌باشد) شاخص‌های این گروه توانایی خوبی در برآورد مقادیر کم پوشش گیاهی دارند (۹ و ۸). در بین شاخص‌های گروه SAVI شاخص TSAVI₁ همبستگی بهتری را با مشخصه‌های گیاهی نشان داده است. طبق تحقیقات بارت و همکاران (۱۹۹۳). علت این امر کم شدن اثر بازتاب خاک زمینه از طریق اعمال نمودن ضریب اصلاحی L₁ می‌باشد. بنابراین این شاخص یکی از شاخص‌های مناسب برای مناطق نیمه خشک می‌باشد (TSAVI₁) مخصوصاً برای مناطق نیمه خشک به وجود

آمده است و در مناطقی که پوشش گیاهی متراکم است این شاخص نتایج قابل اعتمادی ندارد).

در گروه شاخص‌های اتمسفری که در این تحقیق بالاترین ضرایب همبستگی را با پارامترهای گیاهی دارند شاخص‌های GEMI, ARVI و TSARVI₁ برای برآورد تاج پوشش گیاهی و تولید در مناطق خشک هنگام کاربرد داده‌های چند زمانه قابل توصیه است. شاخص‌های فوق که تحت عنوان شاخص‌های مقاوم به آثار اتمسفری نامگذاری می‌شوند علاوه بر توانایی کاهش دادن آثار درخشندگی خاک در مناطق با پوشش پراکنده، آثار اتمسفری را نیز تا حد امکان کاهش می‌دهند (۱۱). در این گروه شاخص GEMI به دلیل ماهیت رابطه آن (از طریق اعمال نمودن ضریب اصلاحی η) سبب ایجاد خاصیت شفاف بودن و کم اثر پذیر بودن آن نسبت به اتمسفر می‌گردد. همچنین به دلیل اینکه این شاخص از نظر ماهیت شبیه به شاخص NDVI می‌باشد به این دلیل اطلاعات خوبی را از ویژگی‌های بیولوژیک گیاهان ارائه می‌دهد (۱۱). تنها مطلب موجود برای این شاخص فرمول پیچیده آن می‌باشد.

پایین بودن ضرایب همبستگی در تمام روابط به دست آمده موید این مسئله است که در مناطق خشک با پوشش گیاهی پایین (زیر ۲۵ درصد) و غالب بودن تاثیر بازتاب خاک زمینه از یک سو و همچنین ماهیت غیر خطی بودن روابط بین بازتاب طیفی و مشخصه‌های گیاهی از سوی دیگر عملاً روابط همبستگی از ضرایب تبیین پایین‌تری برخوردار است (۱۵ و ۱۶).

آنچه به عنوان نتیجه‌گیری نهایی قابل بیان می‌باشد این است که در صورت استفاده از شاخص‌های گیاهی در برآورد مشخصه‌های کمی گیاهان در مناطق خشک، اگر داده‌های مربوط به یک زمان استفاده گردد، شاخص‌های کاهش دهنده اثر خاک (گروه SAVI) می‌تواند نتایج مناسب‌تری را به همراه داشته باشد، اما در زمانی که داده‌های چندزمانه مورد استفاده قرار می‌گیرد به دلیل تفاوت آثار اتمسفری و سایر شرایط برداشت داده‌ها در سال‌های مختلف کاربرد شاخص‌های کاهش دهنده آثار اتمسفری می‌تواند نتایج خوبی را در رابطه با پارامترهای

بیولوژیک گیاهان در مناطق خشک ارایه نماید.

منابع

- ۱- ارزانی، حسین، گوردن گینگ و بروس فرستر، ۱۳۷۶. کاربرد اطلاعات رقومی ماهواره لندست TM در تخمین تولید و پوشش گیاهی، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۰ (۱).
- ۲- طاهرکیا، حسن، ۱۳۷۵، اصول و کاربرد سنجش از دور (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، چاپ اول، تهران، ص ۴۸۰.
- ۳- فرزاد مهر، جلیل، حسین ارزانی، علی اصغر درویش صفت و محمد جعفری، ۱۳۸۳. بررسی قابلیت داده های ماهواره لندست ۷ در برآورد تاج پوشش و تولید گیاهی (مطالعه موردی: منطقه نیمه استپی حنا- سمیرم)، مجله منابع طبیعی ایران ۵۷ (۲) ص ۳۳۹-۳۵۱.
- 4-Arzani, H. 1994. Comparison of Techniques for Dry Matter Yield Estimation in Western New South Wales. Ph.D. Thesis, University of New South Wales.
- 5-Baret, F. Jaquemound S. and Hancoq J.F. 1993. The Soil Linear Concept in Remote Sensing, Remote Sensing Review 7:65-82.
- 6-Chavez, P. and Mackinnon, D.J. 1994. Automatic Detection of Vegetation Changes in the South Western United State Using Remotely Sensed Images, Photogrametric Engineering and Remote Sensing, 60:567-585.
- 7-Kaufman, Y. J. and Tanre D. 1992. Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIs, IEEE Trans. *Geoscience Remote Sensing*, 30 (2):261-270.
- 8-Lillesand, T. M. and Kiefer, R.W. 1994. Remote Sensing and Image Interpretion, 2nd ed. Johan Wiley and sons, New York, 750 pp.
- 9-Mather, Paul. M. 1999. Computer Processing of Remotely Sensed Images, John Wily and Sons, London, 292 pp.
- 10- Moleele, N., Ring rose S., Arenberg W., Lunden B., and Vanderpost. 2001. Assessment of Vegetation Indexes Useful for Browse Production in Semi-arid Rangelands, *International Remote Sensing*, 22(5) 741-756.
- 11-Pinty, B. and Verstraete, M. M. 1992. Gemi: Anon -linear index to monitor Global Vegetation from Satellites, *Vegetation*, 101:15-20.
- 12-Prince, S.D. and Tucker, C.J. 1986, Satellte Remote Sensing of Rangelands in Boswana. II: NOAA AVHRR and Herbaceous Vegetation. *International Journal of Remote Sensing*, 7: 1555-1570.
- 13-Richards, J. A., 1993. An Introduction to Remote Sensing Digital Image Analysis, Second Edition. 225pp.
- 14-Ringrose, S., Matheson, W., Mogosite, B. and Tempest, F. 1989. Natural of the darkening effect in Drought Affected savanna Woodland Environments Relative to Soil Reflectance in Landsat and Spot Wave Bands. *Remote Sensing of Environment*, 25:519-524.
- 15-Schmidt, H. and Karnieli A. 2001. Sensitivity of vegetation indices to substrate brightness in hyper-arid environment: the Makhtesh Ramon Crater (Israel) case study. *International Journal of Remote Sensing*. 17:3503-3520.
- 16-Sellers, P. J., Berry, J. A., Collate, G. J., Field. C. B. and Hall, F. G. 1992. Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration III. A reanalysis using improved leaf models and a new canopy integration scheme. *Remote Sensing Environment*, 42:187-216.
- 17-Tueller, P.T. 1989. Remote Sensing Technology for Rangelands Management Application, *Journal of Range Management*, 42:442-453.
- 18-Zou, Q., Robson, M. and Pilesjo, P. 1998. On the Ground Estimation of Vegetation Cover in Australian Rangelands, *International Journal of Remote Sensing*, 19:1815-1820.

An Investigation of the Capability of Multi-temporal Data of Landsat 7 Satellite in Estimating Vegetation Cover and Production (Case study: Arid Region, Saveh, Bakhshali-Nemati)

G. Farzadmehr¹

H. Arzani²

A. A. Nazari Samani³

Abstract

Using vegetation indices (VI) for an inventory of natural ecosystem has been developed over the past decades. Also these VIs have been observed to have a suitable correlation with vegetation parameters. However, to apply VI over a continuous span of time some considerations should be taken into account. In order to study the capability of multi-temporal Landsat 7 (ETM+) data in estimating vegetation parameters, different year images in a steppe region in Markazy Province were used. Information of regarding canopy cover and production of different vegetation forms were collected through 60 2×2 plots.

Geometric correction of satellite images was conducted through ground control points with an RMSE of less than 0.5 pixel. Then to eliminate the effects of looking geometric situation as well as to make photography situation in different years uniform, radiometric correction was conducted, and digital number of each pixel converted into spectral reflectance. In the next stage, appropriate VI for arid regions and atmospheric correction VI in sample plots were assessed on the basis of spectral reflectance. Results of correlation survey between VI and vegetation parameters indicated that ETM5, ETM7 bands as well as TSAVI₁, GEMI and ARVI indices are in significant correlation with canopy as well as with production in different vegetation forms. Among VIs, GEMI exhibits the highest coefficients, of 0.43, 0.59, 0.63, and 0.55, for grass cover, shrub cover and total vegetation cover as well as for production respectively. According to the results in this research this conclusion can be drawn that using spectral reflectance of multi temporal data to estimate vegetation canopy cover and yield in arid regions can yield more acceptable results. Employment of atmospheric correction indices (GEMI) to decrease changes in atmospheric conditions in different years is necessitated.

Keywords: Landsat7, ETM+, Vegetation cover, Total yield, Remote sensing, Spectral reflectance, Vegetation indices, Saveh.

¹ -Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Birjand University (E-mail: Farzadm102000@yahoo.com)

² -Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

³ -Ph.D. Scholar in Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran