



سنجش از دور

و

GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران  
Iranian Remote Sensing & GIS  
سال دوم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۸۹  
Vol.2, No.4, Winter 2011  
۷۱-۸۲

## تحلیل کارایی داده‌های ETM<sup>+</sup> در تعیین مناسب‌ترین شاخص‌های گیاهی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز وازرود)

کریم سلیمانی\*<sup>۱</sup>، فاطمه شکرپان<sup>۲</sup>، رضا تمرتاش<sup>۳</sup>، معصومه بنی‌هاشمی<sup>۴</sup>

۱. استاد مرکز سنجش از دور و GIS، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲. دانشجوی دکتری مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳. مربی گروه مهندسی مرتعداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۴. کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، مرکز سنجش از دور و GIS دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۵/۲۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۸/۱۰

### چکیده

به‌منظور بررسی توانایی داده‌های راقومی سنجنده ETM<sup>+</sup> در برآورد تاج پوشش گندمیان، فورب‌ها، بوته‌ای‌ها و درختچه‌ای‌ها، داده ماهواره لندست ۷ مربوط به روز ۱۸ ژوئیه ۲۰۰۰ میلادی، در مراتع حوزه آبخیز وازرود استان مازندران مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این تحقیق با روش نمونه‌برداری تصادفی، داده‌های میدانی متعلق به ۳۰۶ پلات (درصد تاج پوشش گندمیان، فورب‌ها، بوته‌ای‌ها، درختچه‌ای‌ها و خاک لخت) در قالب ۳۴ واحد نمونه‌برداری، در روزهای ۲۵ تیرماه ۱۳۸۸ و ۲۷ تیرماه ۱۳۸۹ جمع‌آوری شد. به‌منظور تعیین مختصات نقاط نمونه‌برداری و تطابق آنها با پیکسل‌های ذی‌ربط، از دستگاه مکان‌یاب (GPS) استفاده شده است. داده‌های ماهواره‌ای که پیش‌تر تصحیح هندسی شده بودند، با نقشه‌های توپوگرافی راقومی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری ایران کنترل گردیدند. پس از به‌کارگیری شاخص‌های گیاهی به‌منظور بررسی روابط همبستگی و انتخاب مدل‌های مناسب، ابتدا هر یک از متغیرهای درصد تاج پوشش گندمیان، پوشش فورب‌ها، پوشش بوته‌ای‌ها، پوشش درختچه‌ای‌ها و خاک لخت به عنوان داده‌های زمینی و میانگین ارزش راقومی ۹ پیکسل (۳ × ۳) باندهای ۱ تا ۵ و ۷، و شاخص‌های گیاهی مربوط به نقاط نمونه‌برداری استخراج گردیدند و وارد نرم‌افزار آماری شدند. با استفاده از روش رگرسیون خطی نیز تجزیه و تحلیل لازم انجام گرفت که نتایج آن نشان از همبستگی معنی‌دار بین داده‌های سنجنده ETM<sup>+</sup> با گروه‌های گیاهی داشت. در این میان باند چهار سنجنده با ضریب همبستگی ۰/۴۳ بیشترین همبستگی را با تاج پوشش گندمیان داشته، و باند پنج آن با ضریب همبستگی ۰/۳۶ با تاج پوشش بوته‌ای‌ها بالاترین همبستگی را نشان داده است. در خصوص تاج پوشش فورب‌ها شاخص IPVI با ضریب همبستگی ۰/۶۰ نشان‌دهنده بیشترین همبستگی بوده است. در مورد تاج پوشش گندمیان، شاخص VARI با ضریب همبستگی ۰/۴۵ همبستگی بالایی را نشان داده است. برای پوشش بوته‌ای‌ها شاخص MSI با ضریب همبستگی ۰/۳۹ بیشترین همبستگی را نشان داد. شاخص MIRVI نسبت به خاک لخت منطقه ضریب همبستگی ۰/۳۷، و با پوشش کل منطقه ضریب همبستگی ۰/۳۶، نشان از بیشترین همبستگی داشته است. نتایج حاکی از آن‌اند که این سنجنده کارایی مناسبی برای تشخیص انواع مختلف پوشش زمینی با شاخص‌های گیاهی دارد.

**کلیدواژه‌ها:** سنجنده ETM<sup>+</sup>، شاخص‌های گیاهی، مرتع، سنجش از دور.

\* نویسنده مکاتبه‌کننده: ساری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، تلفن: ۰۹۱۱۱۵۲۱۸۵۸

## ۱- مقدمه

امروزه دستیابی به اطلاعات درباره وضعیت پوشش گیاهی - مانند میزان و پراکنش آن - اهمیت زیادی یافته است. استفاده از داده‌های ماهواره‌ای امکان مطالعه گسترده پوشش گیاهی را فراهم می‌سازد. به منظور کاهش تأثیر بازتابی دیگر پدیده‌های سطح زمین و افزایش اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی، از شاخص‌های گیاهی<sup>۱</sup> استفاده می‌شود. در واقع شاخص‌های گیاهی برای متمایز ساختن پوشش‌های گیاهی از پدیده‌های دیگر (این امکان با تک‌باندها میسر نمی‌شود) به کار می‌رود (Alavipanah, 2003). مدیریت منابع - اعم از منابع طبیعی و انسانی - مستلزم استفاده از روش‌هایی است که دقت و کارایی مطلوبی داشته باشند و دستیابی به اهداف را با صرف هزینه‌های کمتر آسان‌تر سازند. شناخت چنین منابعی در مرحله پایه، خود مبتنی بر پیمایش‌ها و اندازه‌گیری‌های زمینی است؛ لیکن گستردگی سطح این منابع و به‌ویژه اراضی مرتعی، عامل محدودکننده‌ای در اندازه‌گیری‌های مستقیم و صحرایی به شمار می‌آید. از این رو، به‌کارگیری ابزارها و روش‌های کمکی همچون استفاده از داده‌های رقومی ماهواره‌ای در دستور کار متخصصان مدیریت منابع طبیعی قرار گرفته است تا در تلفیق با اندازه‌گیری‌های صحرایی اطلاعات مربوط به این منابع نظیر پوشش فراهم گردد. داده‌های ماهواره‌ای بخشی از طیف الکترومغناطیسی بازتابنده شده از پدیده‌های زمینی‌اند که با سنجنده‌های سنجنش از دوری ثبت می‌گردند. در هر حال برای استفاده از این داده‌ها در شناخت منابع باید ابتدا تأثیر عواملی چون توپوگرافی، بازتاب خاک، تأثیرات اتمسفری و مانند اینها تا حد امکان کاهش یابد یا حذف گردد. سپس باید کوشید تا با استفاده از روش‌های مختلف به ارتباط بین این داده‌ها و پدیده‌های زمینی پی برد. این ارتباط می‌تواند بین یکی از مشخصه‌های گیاهی چون تاج پوشش گیاهی از یک سو، و باندهای منفرد طیفی - یا ترکیبی

از نسبت‌های باندها که اصطلاحاً شاخص‌های گیاهی نامیده می‌شود - از سوی دیگر، برقرار گردد. در مطالعات Arzani et al. (1997) از اطلاعات رقومی ماهواره لندست TM در تخمین تولید و پوشش گیاهی در منطقه نیوساتولز استرالیا استفاده شد. نتایج این مطالعات مشخص ساختند که در منطقه نیمه‌خشک که در آنها گندمیان چندساله غالب بودند، شاخص NDVI و دیگر شاخص‌ها بر مبنای ترکیب باند ۴ TM (مادون قرمز نزدیک)، باند ۳ TM (قرمز مرئی) و طول موج‌های  $0.7-0.6 \mu\text{m}$  کمترین همبستگی را با گیاهان علفی چندساله و یک‌ساله، گندمیان چندساله و بوته‌ای‌ها نشان دادند.

محمدی فخر (Mohammadifakhar, 2001) در چهار پایگاه مطالعاتی مراتع استپی استان مرکزی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای (لندست) و زمینی از ۱۸ شاخص گیاهی از جمله شاخص NDVI برای ارزیابی پوشش و تولید علوفه گیاهان مرتعی استفاده کرد. در این بررسی شاخص‌های MINI و MIRV1 در پوشش بوته‌ای و شاخص‌های PD<sub>۳۲۲</sub> و PD<sub>۳۲۱</sub> در علفزارها و بوته‌زار، نشان از بیشترین همبستگی با پوشش و تولید علوفه داشتند.

حسینی (Hosaini, 2001) برای تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی در استان مازندران، تصاویر سنجنده ETM<sup>+</sup> را به کار گرفت. براساس نتایج تحقیق وی، ادغام باندها سبب می‌گردد که شاخص‌های گیاهی رابطه مناسب‌تری را با درصد پوشش نشان دهند.

نتایج مطالعات فرزادمهر (Farzadmehr et al., 2004) در بررسی قابلیت داده‌های ماهواره لندست ۷، در برآورد تاج پوشش و تولید گیاهی منطقه نیمه‌استپی حنا (سمیرم) نشان داد که باند چهار سنجنده ETM<sup>+</sup> بیشترین همبستگی را با تاج پوشش کل و به همراه شاخص VNIR2 بیشترین همبستگی را با پوشش پهن‌برگان علفی دارد. در خصوص تاج پوشش گندمیان نیز باند ۵ سنجنده ETM<sup>+</sup> و باند تلفیقی HyB4

### 1. Vegetation indices

حاضر به بررسی تاج پوشش هر یک از گونه‌های گیاهی به تفکیک فرم رویشی (گندمیان، فورب، بوت‌های، درختچه) با استفاده از داده‌های سنجنده ETM<sup>+</sup> از ماهواره لندست، پرداخته شده است.

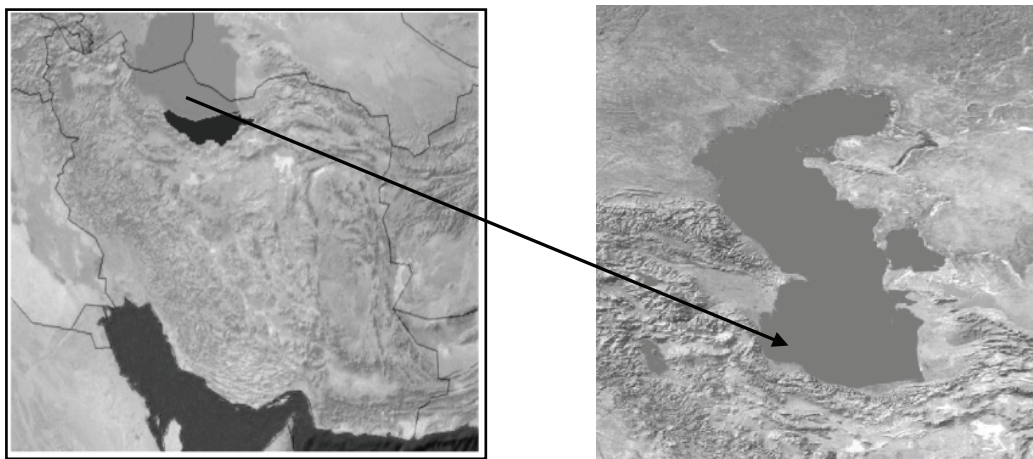
## ۲- مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه در بالادست حوضه آبخیز وازرود و با مختصات طول شرقی "۴۶° ۰۱' ۵۲" تا "۳۰° ۱۲' ۵۲" و عرض شمالی "۲۶° ۱۴' ۳۶" تا "۵۴° ۲۵' ۳۶" در استان مازندران واقع شده است (شکل ۱). مساحت تقریبی حوضه ۱۴۱۲۳ هکتار است که حدود ۵۰۰۰ هکتار آن را مراتع تشکیل می‌دهند. میانگین تقریبی دمای سالیانه هوا ۱۰ درجه، متوسط حداکثرهای آن ۱۶ درجه، و متوسط حداقل‌های آن ۴ درجه سانتی‌گراد، و متوسط بارندگی سالیانه منطقه در حدود ۶۰۰ میلی‌متر است. اقلیم منطقه براساس روش دومارتن مرطوب سرد و مرطوب فراسرد و به روش آمبرژه، دارای اقلیم ارتفاعات است. از لحاظ ژئومورفولوژی حوضه دارای واحد کوهستان و تپه‌ماهور و دشت رسوبی رودخانه‌ای است و بخش عمده حوضه از واحد کوهستان تشکیل شده است. حداقل ارتفاع منطقه ۱۸۴۰ متر، و حداکثر آن تا ۲۶۵۰ متر است (Solaimani and Lotfi, 2008).

بیشترین همبستگی را با تولید نشان داده‌اند. جوکار سرهنگی (Jokar Sarhangi et al., 2008) با بررسی تغییرات سطح و پوشش گیاهی کویر سیاهکوه، با استفاده از داده‌های سنجنده ETM<sup>+</sup> و TM، بیان داشتند که برای بررسی پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه، NDVI بهترین شاخص به‌شمار می‌آید.

Kandwal et al. (2009) برای تشخیص گونه‌های مهاجم Lantata از داده‌های سنجنده ETM<sup>+</sup> ماهواره لندست و IKONOS در منطقه دراهدان<sup>۱</sup> هیمالیا استفاده کردند و ۲۹ شاخص گیاهی را به‌کار گرفتند. نتایج نشان از آن داشت که شاخص SAVI به‌همراه شاخص PVI<sub>3</sub> نقشی تعیین‌کننده در مجزا کردن این گونه دارند. Norton et al. (2009) برای بررسی شدت آتش‌سوزی در بوته‌زارهای مناطق استپی منطقه کلارک آمریکا از شاخص‌های سنجنده ETM<sup>+</sup> ماهواره لندست و اسپات ۵ استفاده کردند. نتایج این بررسی حاکی از آن بود که شاخص SAVI منتج از ماهواره اسپات با بیشترین میزان صحت و اعتماد همراه است. همچنین باند ۷ سنجنده ETM<sup>+</sup> می‌تواند برای آشکارسازی تفاوت در مناطق بوته‌زار با پوشش گیاهی تنک با شدت آتش‌سوزی زیاد، سودمند باشد.

با توجه به نتایج تحقیقات انجام‌شده و ضرورت انجام پژوهش بیشتر در منطقه مورد مطالعه، در تحقیق



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

برای تفکیک پوشش گیاهی از عوارض دیگر، که در این پژوهش برخی از آنها معرفی می‌شوند پژوهشگران به ارائه شاخص‌های استاندارد و پرداخته‌اند (جدول ۱).

جدول ۱. برخی از شاخص‌های گیاهی مورد استفاده در این تحقیق

شاخص	فرمول	
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	$(\rho_{800} - \rho_{670}) / (\rho_{800} + \rho_{670})$	Rouse et al., 1973
Renormalized Difference Vegetation Index (RDVI)	$(\rho_{800} - \rho_{670}) / \sqrt{\rho_{800} \cdot \rho_{670}}$	Reugean and Breon, 1995
Modified Simple Ratio (MSR)	$(\rho_{800} / \rho_{670} - 1) / \sqrt{(\rho_{800} / \rho_{670} + 1)}$	Chen, 1996
Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)	$(1 + L)(\rho_{800} - \rho_{670}) / (\rho_{800} + \rho_{670} + L)$ , where $L = 0.5$	Huete, 1988
Modified Soil-Adjusted Vegetation Index (MSAVI2)	$(0.5) * (2 * (\rho_{800} + 1) - \sqrt{((2 * \rho_{800} + 1)^2 - 8 * (\rho_{800} - \rho_{670})}))$	Qi et al., 1994
Transformed Vegetation Index (TVI)	$(NDVI + 0.5)^{0.5}$	Deering et al., 1975
Modified Chlorophyll absorption Ratio Index (MCARI)	$[(\rho_{700nm} - \rho_{670nm}) - 0.2(\rho_{700nm} - \rho_{550nm})] / (\rho_{700nm} / \rho_{670nm})$	Daughtry et al., 2000
Modified Triangular Vegetation index 1 (MTVI1)	$1.2[1.2(\rho_{800} - \rho_{550}) - 2.5(\rho_{670} - \rho_{550})]$	Haboudane et al., 2004
Wide Dynamic Range Vegetation Index (WDRVI)	$(a * \rho_{800} - \rho_{670}) / (a * \rho_{800} + \rho_{670})$ , $a = 0.2$	Gitelson, 2004
Visible Atmospherically Resistant Index (VARI)	$(\rho_{550} - \rho_{670}) / (\rho_{550} + \rho_{670} - \rho_{450})$	Gitelson et al., 2002
Normalized Difference Water Index (NDWI)	$(\rho_{857nm} - \rho_{1241nm}) / (\rho_{857nm} + \rho_{1241nm})$	Gao, 1996
Infrared Percentage Vegetation Index (IPVI)	$\rho_{800} / (\rho_{800} + \rho_{670})$	Crippen, 1990
Enhanced vegetation index (EVI)	$2.5(\rho_{800} - \rho_{670}) / (1 + \rho_{800} + C1 \rho_{670} + C2 \rho_{450})$ $C1 = 6.0, C2 = 7.5, L = 1.0$	Huete et al., 1994
Difference Vegetation Index (DVI)	$\rho_{800} - \rho_{670}$	Richardson and Everitt, 1992
Ratio Vegetation Index (RVI)	$\rho_{800} / \rho_{670}$	Jordan, 1969
Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)	$(\rho_{800} - \rho_{550}) / (\rho_{800} + \rho_{550})$	Gitelson et al., 1996
Modified Normalized Difference (MND)	$\rho_{800} - (1.2 * \rho_{670}) / (\rho_{800} + \rho_{670})$	
VNIR1 Near Infrared	$(ETM4 - ETM1) / (ETM4 + ETM1)$	
VNIR2 Near Infrared	$(ETM4 - ETM2) / (ETM4 + ETM2)$	
MIRV1	$(TM7 - TM3) / (TM7 + TM3)$	
MIRV2	$(TM5 - TM3) / (TM5 + TM3)$	
MSI (Moisture Stress Index)	$\rho_{1550} / \rho_{760}$	
Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index (OSAVI)	$(1 + 0.16) * (\rho_{800} - \rho_{670}) / (\rho_{800} + \rho_{670} + 0.16)$	Rondeaux et al., 1996
Greenness Index (GI)	$\rho_{554} / \rho_{677}$	
Transformed CAR Index (TCARI)	$3 * [(\rho_{700} - \rho_{670}) - 0.2 * (\rho_{700} + \rho_{550})] * (\rho_{700} / \rho_{670})$	Haboudane et al., 2002
Non Linear Index (NLI)	$(\rho_{800}^2 - \rho_{670}^2) / (\rho_{800}^2 + \rho_{670}^2)$	Goel and Quin, 1994

### ۳- مواد پژوهش

۱- داده‌های سنجنده ETM<sup>+</sup> ماهواره لندست ۷ در شش باند طیفی مربوط به استان مازندران با مشخصات فریم ۳۵-۱۶۴ در روز هیجدهم ژوئیه ۲۰۰۰، مطابق با ۲۷ تیرماه ۱۳۷۹، از سازمان فضایی ایران خریداری گردید و مورد استفاده قرار گرفت.

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

۳- داده‌های زمینی اندازه‌گیری شده، شامل درصد تاج پوشش گندمیان، فورب‌ها، بوته‌ای‌ها، درختچه‌ای‌ها و خاک لخت در تابستان سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ بوده است. بازدید میدانی از منطقه مطالعاتی در دو مرحله صورت گرفت، که بازدید اولیه برای شناخت بیشتر از منطقه بوده است؛ و مرحله دوم به منظور ثبت اطلاعات پوشش گیاهی انجام گرفته است تا شاخص‌های مورد نظر، براساس واقعیت‌های زمین به دست آیند.

### ۴- روش پژوهش

تاریخ برداشت تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در این پژوهش، روز ۲۷ تیر ماه ۱۳۷۹ است؛ و به همین دلیل برای رعایت هم‌زمانی، جمع‌آوری داده‌های صحرایی در تابستان سال ۱۳۸۹ صورت پذیرفت. برای انجام این کار ابتدا تمام منطقه مورد مطالعه مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت.

با توجه به ابعاد پیکسل در سنجنده ETM<sup>+</sup> (۳۰ × ۳۰) مترمربع ابعاد واحد نمونه‌برداری ۹۰ × ۹۰ تعیین شد (شکل ۲). در این تحقیق اطلاعات مربوط به پوشش کل، پوشش گندمیان، فورب‌ها، بوته‌ای‌ها، درختچه‌ای‌ها و خاک لخت متعلق به ۳۰۶ پلات در قالب ۳۴ واحد نمونه‌برداری جمع‌آوری شد. برای تعیین موقعیت پلات‌ها از دستگاه مکان‌یاب استفاده شد. به منظور برآورد میزان درصد پوشش، از شاخص‌های ارائه شده محققان مختلف مورد استفاده قرار گرفت. در این خصوص، ۲۷ شاخص از منابع متفاوت جمع‌آوری گردید

و برای تعیین شاخص‌های گیاهی مذکور به کار رفت. شاخص‌ها که از ترکیب باندهای مختلف ETM<sup>+</sup> به دست آمده‌اند، معادلاتی مناسب برای دستیابی برآورد اطلاعات لازم از منطقه به شمار می‌آیند.

### پردازش داده‌های ماهواره‌ای

به‌رغم اینکه داده‌های ماهواره‌ای پیش از ارائه به کاربران در سطوح مختلف از نظر هندسی و رادیومتری تصحیح می‌شوند، امکان باقی ماندن برخی از خطاهای اولیه و یا ایجاد خطاهای جدید ناشی از فرایند تصحیحات اولیه وجود دارد؛ و به همین خاطر ضروری است که اینها قبل از هرگونه تجزیه و تحلیل، بازبینی شوند (شتایی، ۱۳۸۲). با بررسی‌های انجام شده در تصاویر مورد نظر هیچ یک از خطاهای رادیومتری (راه‌شدگی، پیکسل‌های تکراری و نظایر اینها) مشاهده نشد. در تحقیق حاضر برای تصویر ETM<sup>+</sup> سال ۲۰۰۰ تصحیح هندسی انجام نگرفت؛ لذا برای صحت انجام این کار از نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ استفاده شد، به‌طوری‌که روی هم‌گذاری لایه شبکه راه‌ها، جاده‌ها و جز اینها را بر روی تصویر تطابق هندسی داده‌های ماهواره‌ای نشان داد.

پردازش تصویر با نرم‌افزار ERDASIMAGINE 8.3.1 - برای ایجاد شاخص‌های گیاهی از نرم‌افزار ENVI، و برای استخراج ارزش رقومی شاخص‌های گیاهی از نرم‌افزار ArcGIS9.3 استفاده شد. میانگین رقومی شاخص‌های گیاهی مربوط به تمامی نقاط نمونه‌برداری، از طریق هم‌پوشانی تصویر مربوط به آن نقاط و تصاویر حاصل از هر یک از شاخص‌ها، استخراج شد. برای معرفی مدل‌های رگرسیونی مناسب بین درصد تاج پوشش منطقه با داده‌های رقومی، از نرم‌افزار Excel و SPSS استفاده گردید. ابتدا داده‌های درصد تاج پوشش متعلق به نقاط نمونه‌برداری (داده‌های زمینی) به‌عنوان متغیرهای وابسته (y)، و سپس شاخص‌های گیاهی به عنوان متغیر مستقل (x)، وارد پایگاه اطلاعاتی شدند.

شاخص‌ها و باندهای سنجنده، نشان می‌دهد که از بین باندهای ۱ تا ۷ سنجنده  $ETM^+$  باند چهار ضریب همبستگی ۰/۴۳ با تاج پوشش گندمیان و باند پنج با ضریب همبستگی ۰/۳۶ با تاج پوشش بوته‌ای‌ها بیشترین همبستگی را برقرار کرده‌اند.

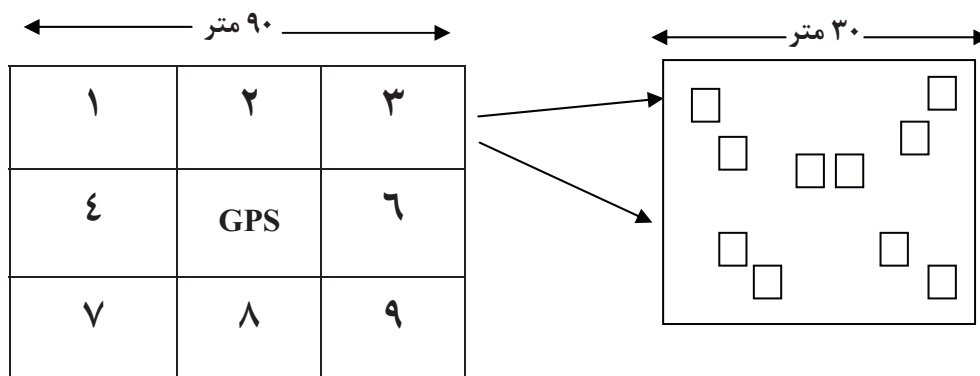
#### ۴-۱- برآورد پوشش فورب‌ها

برای پوشش فورب‌ها، ۱۰ شاخص گیاهی نشان‌دهنده همبستگی معنی‌داری بوده‌اند (شکل ۲). از بین این شاخص‌ها، شاخص IPVI با ضریب همبستگی ۰/۶ بیشترین همبستگی را در سطح ( $P < 0/01$ ) نشان داد (شکل ۳ و ۴).

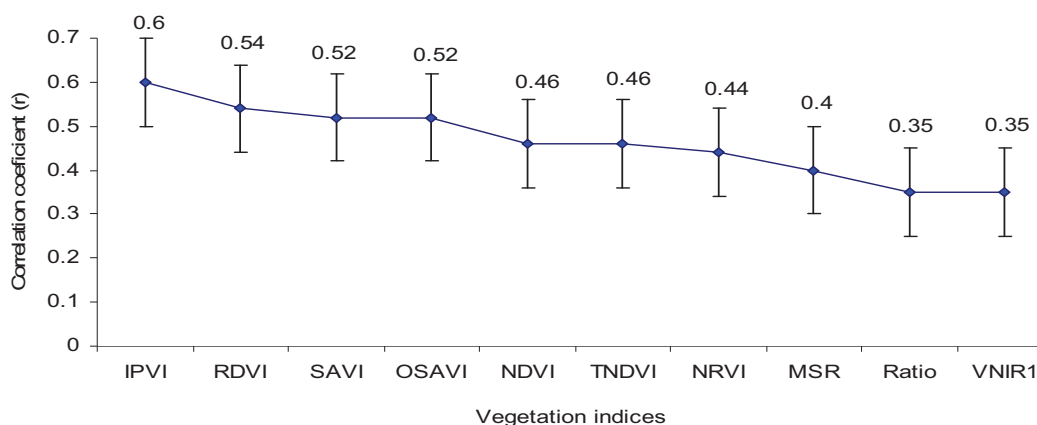
به منظور بررسی میزان همبستگی تمام طبقات نیز درصد تاج پوشش با شاخص‌های گیاهی، ماتریس همبستگی بین تمام متغیرهای وابسته و مستقل تشکیل شد. با مقایسه ضریب همبستگی بین دو نوع متغیر بهترین شاخص‌ها برای هر طبقه به طور مجزا استخراج گردیدند. با انتخاب بهترین شاخص‌ها (متغیرهای مستقل) برای ارائه بهترین مدل رگرسیونی، از روش‌های مختلف رگرسیون گیری استفاده شد. در نهایت مدل رگرسیونی مناسب برای برآورد درصد پوشش در هر طبقه معرفی گردید.

#### ۴- نتایج

نتایج آنالیز رگرسیون بین مشخصه کمی گیاهی و



شکل ۲. نحوه استقرار پلات‌های نمونه‌برداری در روی زمین



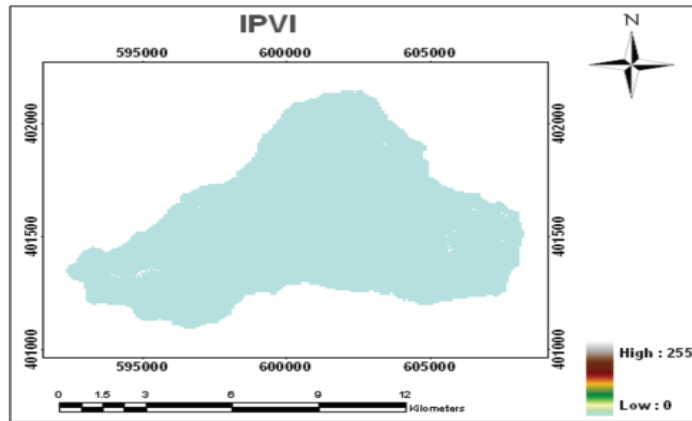
شکل ۳. ضریب همبستگی بین شاخص‌های گیاهی و پوشش فورب‌ها

تحلیل کارایی داده‌های ETM<sup>+</sup> در تعیین مناسب‌ترین شاخص‌های گیاهی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز وازرود)

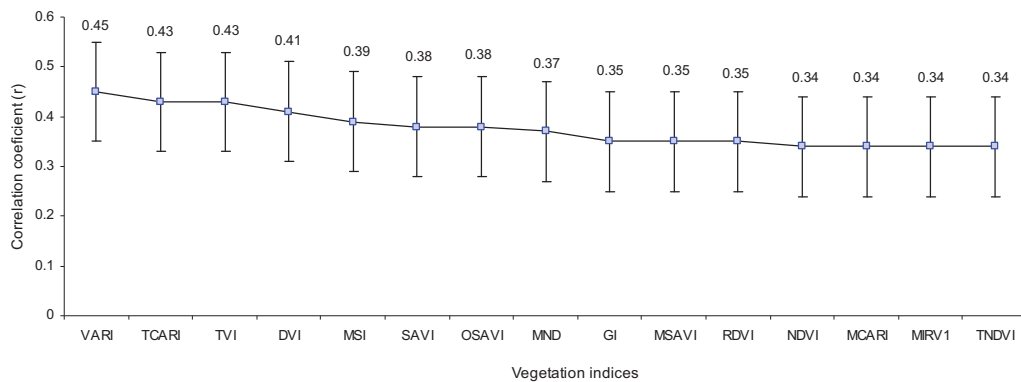
#### ۲-۴- برآورد پوشش گندمیان

که از این میان شاخص VARI بالاترین ضریب همبستگی را در سطح ( $P < 0.01$ ) داشته است (شکل ۵ و ۶).

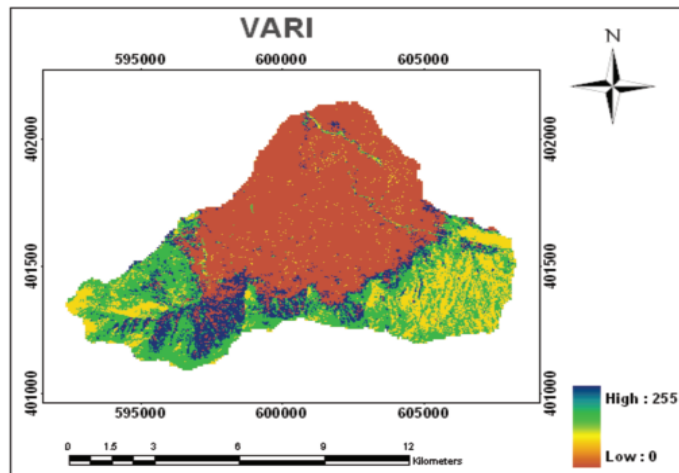
در حیطه پوشش گندمیان، ۱۵ شاخص از ۲۷ شاخص مورد بررسی دارای همبستگی معنی‌دار بودند، به‌طوری



شکل ۴. نمایش حداکثر همبستگی شاخص IPVI با پوشش فوربها



شکل ۵. ضریب همبستگی بین شاخص‌های گیاهی و پوشش گندمیان



شکل ۶. نمایش حداکثر همبستگی شاخص VARI با پوشش گندمیان

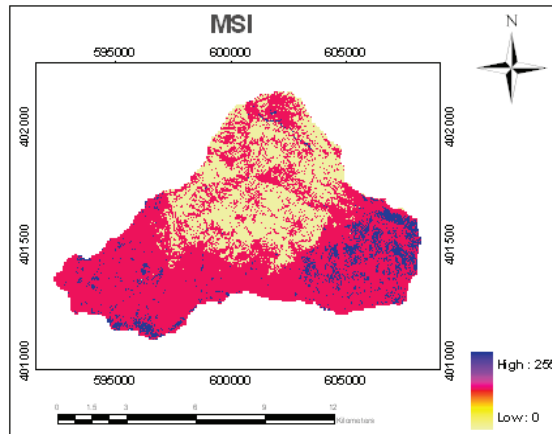


۳-۴- برآورد پوشش بوته‌ای‌ها

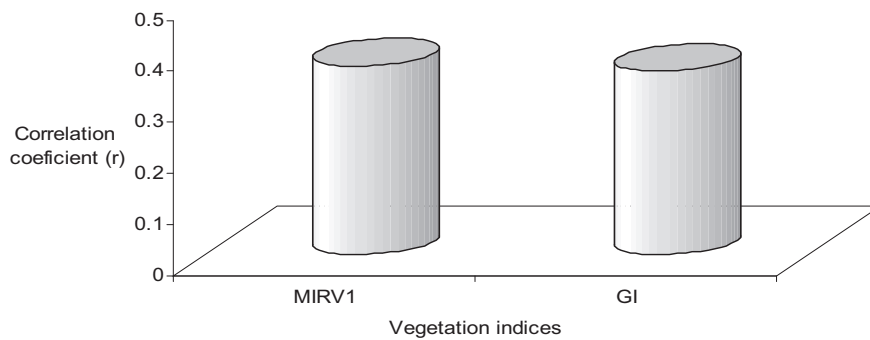
برای پوشش بوته‌ای‌ها شاخص MSI با ضریب همبستگی ۰/۳۸ بیشترین همبستگی را در سطح  $(P < ۰/۰۵)$  نشان داد (شکل ۷).

۴-۴- برآورد خاک لخت

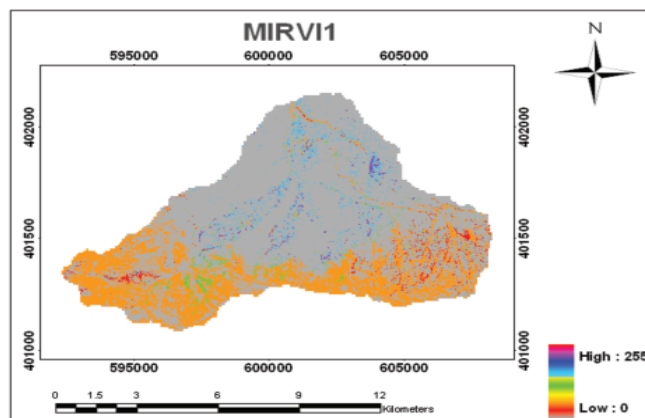
شاخص MIRV1 با خاک لخت منطقه با ضریب همبستگی ۰/۳۷ بیشترین همبستگی را در سطح  $(P < ۰/۰۵)$  برقرار کرده است (شکل ۸ و ۹).



شکل ۷. نمایش حداکثر همبستگی شاخص MSI با پوشش بوته‌ای‌ها



شکل ۸. ضریب همبستگی بین شاخص‌های گیاهی و خاک لخت



شکل ۹. نمایش حداکثر همبستگی شاخص MIRV1 با خاک لخت



## ۵- بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه مراتع از اجزای متفاوتی مانند گیاهان و خاک لخت و جز اینها تشکیل شده‌اند و هر کدام از این اجزا بازتابش متفاوتی در طول موج‌های مختلف طیف الکترومغناطیس دارد و در برخی از محدوده‌های طیفی، تمایز برخی از عوارض نمود بیشتری می‌یابد، لذا از شاخص‌های گیاهی - که ترکیبی از باندهای مختلفاند - برای تشخیص عوارض استفاده شده است. برای بررسی ارتباط بین شاخص‌ها و مشخصه‌های کمی گیاهی، تجزیه داده‌ها بر پایه پلات از روابط رگرسیون خطی ساده استفاده شد. نتایج تجزیه داده‌ها مشخص ساخت که همبستگی معنی‌داری بین داده‌های حاصل از سنجنده ETM<sup>+</sup> و گروه‌های گیاهی (گندمیان، فورب‌ها، بوته‌ای‌ها و درختچه‌ای‌ها) وجود دارد.

شاخص  $VARI = (p_{550} - p_{670}) / (p_{550} + p_{670} - p_{450})$  از گروه شاخص‌های جوی، بیشترین همبستگی را با تاج پوشش گندمیان در سطح ( $P < 0.01$ ) نشان داد. این شاخص که از ویژگی‌های آن، مقاومت در برابر تأثیرگذاری‌های جوی است، علاوه بر توانایی در کاهش تأثیرگذاری درخشندگی خاک، تأثیرات جوی را نیز تا حد امکان کاهش می‌دهد. ناگفته نماند که Penty and Verstrit (1992) و Leprior et al. (1995) در بررسی‌های همانندی به همین نتیجه رسیدند؛ و Souza et al. (2010) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.

در زمینه پوشش فورب‌ها، شاخص  $IPVI = \rho_{800} / (\rho_{800} + \rho_{670})$  با ضریب همبستگی 0/60 در سطح ( $P < 0.01$ ) بالاترین همبستگی را با این گروه برقرار کرده است. در ترکیب این شاخص باندهای 3 و 4 به کار رفته‌اند که قابلیت برآورد پوشش را دارند. هر یک از این باندها (به دلیل انعکاس پوشش گیاهی در محدوده مادون قرمز نزدیک و جذب رنگدانه‌های گیاهی و به‌ویژه کلروفیل در محدوده طیفی قرمز) قابلیت تخمین پوشش گیاهی را دارد (مطابق یافته‌های Khavianzadeh et al. (1999).

Yu Liu Solaimani, Farzadmehr et al. (2004) Souza et al., Fava et al. (2009), et al. (2006, 2007) (al. 2010). همچنین در این مورد می‌توان اظهار کرد که این گروه گیاهی در زمان تصویربرداری سبز بوده و از نظر اندازه و زاویه قرار گرفتن برگ‌ها روی ساقه نیز در زمره پهن‌برگان است که در مقایسه با گندمیان و بوته‌ای‌ها افقی‌ترند و اندازه آنها نیز بزرگ‌تر به نظر می‌رسد. به همین دلیل این گروه گیاهی توانسته است بازتاب بیشتری در مقایسه با گروه‌های گیاهی داشته باشد و روابط معنی‌داری با ارزش‌های رقومی استخراج شده در باند مادون قرمز نزدیک نشان دهد (Xulin et al., 2001).

شاخص MSI نیز دارای همبستگی بالایی با پوشش بوته‌ای‌های منطقه است. در ترکیب این شاخص باند مادون قرمز میانی (محدوده 1/55 1/75 میکرومتر) وجود دارد، با توان تخمین پوشش گیاهی. از آنجا که جذب در ناحیه طیفی باند 5 با میزان آب درون سلولی - و در نتیجه میزان رطوبت گیاهان - ارتباط دارد، هر چه میزان پوشش سبز زیادتر باشد، جذب از طریق مولکول آب زیادتر می‌شود و در نتیجه میزان انعکاس کاهش می‌یابد. وجود روابط معنی‌دار با ضرایب همبستگی منفی در ناحیه طیفی باند 5 نیز این را تأیید می‌کند (Vescovo and Gianelle, 2008). همچنین در این شاخص باند مادون قرمز نزدیک وجود دارد و بیشترین انعکاس در این محدوده صورت می‌پذیرد و به همین دلیل قابلیت تخمین پوشش بوته‌ای‌ها را دارد.

شاخص MIRV1، شاخصی است که ارتباط معنی‌داری را با پوشش کل برقرار کرده و دارای ضریب همبستگی بالایی نیز هست. دلیل این ارتباط آن است که تاریخ تصویربرداری با زمان کارهای صحرائی تا حدودی همزمان بوده است و در این زمان گیاهان در حال رشد بوده‌اند و بازتاب خوبی هم داشته‌اند. همچنین در ترکیب این شاخص از یک طرف باند مادون قرمز میانی حضور دارد که به تنهایی می‌تواند

Arzani, H., Gorden, K., and Foster, B., 1997, **Using Landsat TM Data to Estimate the Production and Vegetation Cover**, Journal of Iran natural resource, Vol. 50, 1:23-50.

Farzadmehr, J., Darvishsefat, A., and Jafari, M., 2004, **Investigation of Landsat 7 Data Ability to Estimating of Canopy Cover and Plant Production (Case Study; Hana-Samirom Region)**, Journal of Natural Resources, University of Tehran, Vol. 2. 57: 1-15.

Fava, F., Colombo, R., Bocchi, S., Meroni, M., Sitzia, M., Fois, N., and Zucca, C., 2009, **Identification of Hyperspectral Vegetation Indices for Mediterranean Pasture Characterization**, International Journal of Applied Earth Information and Geoinformation, 11, 233-243.

Graetz, R.D., 1987, **Satellite Remote Sensing of Australian Rangelands**, Remote Sensing of Environment, 23: 313-331.

He, Y., Guo, X., and Wilmshurst, J., 2006, **Studying Mixed Grassland Ecosystems I: Hyperspectral Vegetation Indices**, Can. J. Remote Sensing, Vol. 32, No. 2, 98-107.

Hoseini, Z., Khajeddin, J., Azarnivand, H., Farahpur, M., and Khalilpur, A., 2007, **Vegetation Cover Estimation and Preparation of Vegetation Cover map with Using of ETM+ Images Processing**, Rangeland Journal, Vol. 1, 1:79-86.

Hu, M.O., Fei Maob, Han Sunc, Ying Yu Houd, 2011, **Study of Normalized Difference Vegetation Index Variation and Its**

پوشش و تولید را برآورد کند (Arzani, 1994)؛ و از طرف دیگر باند قرمز نیز هست، که به روشنایی سطح خاک حساس است و توان برآورد پوشش و تولید را با دقت بالا دارد (Graetz, 1987). مقادیر پایین  $r$  و  $r^2$  در پاره‌ای از موارد با یافته‌های پژوهشگرانی نظیر Pimsteina و همکاران (۲۰۱۱) و Hua و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد.

بدین ترتیب، امکان ارزیابی پوشش گیاهی مراتع با بهره‌گیری از داده‌های رقومی سنجنده ETM<sup>+</sup> ماهواره لندست وجود دارد. اما با توجه به بوم نظام پیچیده مراتع و طیف گسترده تغییرهای مکانی و زمانی در خاک و پوشش گیاهی که از ویژگی‌های این مناطق است، بسیار دشوار بتوان این تغییرهای گسترده را در قالب مدل یا الگویی کمی بیان کرد. به هر حال شاخص‌ها و مدل‌های به‌دست آمده در این پژوهش برآورد نسبتاً دقیقی از مشخصه‌های کمی ارائه کرده‌اند و در عین حال کارآیی مناسبی نیز دارند.

## ۶- سپاس‌گزاری

این پژوهش با حمایت‌های مالی و امکانات موجود در مرکز سنجش از دور، و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی دانشکده منابع طبیعی ساری انجام گرفته است. از این رو، نویسندگان بر خود لازم می‌دانند تا مراتب قدردانی‌شان را از این مرکز و دست‌اندرکاران ابراز دارند.

## ۷- منابع

Alavipanah, S.K., 2003, **Applying Remote Sensing in Land Resources Studying**, Tehran University press.

Arzani, H., 1994, **Some Aspects of Estimating Short-term and Long-term Rangeland Carrying Capacity**, Ph.D. Thesis, University of New South Wales, Australia.

- Correlation with Climate Factors in the Three-river-source Region**, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jag](http://www.elsevier.com/locate/jag).
- Khajeddin, J., 1996, **Using Landsat MSS Data to Investigation of Plant Society and Jazmurian Salin Areas**, National conference of desertification and different method of desertification proceeding, Ministry of jihad, 41-48.
- Leprieur, C. Y.H. Kerr. Mastorchio, S. and Meunier, J.C., 1995, **Monitoring Vegetation Cover Across Semi-arid Regions: Comparison of Remote Observations from Various Scales**, Int. J of Remote Sensing. 21: 281-300.
- 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.
- Norton, J., Glenn, N., Germino, M., Weber, K., Seefeldt, S., 2009, **Relative Suitability of Indices Derived from Landsat ETM+ and SPOT 5 for Detecting Fire Severity in Sagebrush Steppe**, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 11: 360-367.
- Pimsteina, A., Karnieli, A., Surinder K. Bansal, David J. Bonfield, 2011, **Exploring Remotely Sensed Technologies for Monitoring Wheat Potassium Andphosphorus Using Field Spectroscopy**. (journal homepage: [www.elsevier.com/locate/fcr](http://www.elsevier.com/locate/fcr)).
- Pinty, B. and verstrate, M., 1992, **GEMI, Anon Linear Index to Monitor Global Vegetation from Satellites**, Vegetation, 101:15-20.
- Solaimani, K., and Lotfi, S., 2008, **Determanation of Treeline Using Satellite Data and Field Techniques (A Case Study Western Nojmeh, Iran)**, RJES 2(6): 491-7.
- Solaimani, K., Tamartash, R., Alavi, F. and Lotfi, S., 2007, **Usage TM Data to Estimating of Rangeland Production (Case Study; Lar Dam)**, Science and Technological of Agricultural and Natural Resources, 40: 411-423.
- Souza, A.A., Galvao L.S., and Santos. J.R., 2010, **Relationships between Hyperion-derived Vegetation Indices, Biophysical Parameters, and Elevation Data in a Brazilian Savannah Environment**, Remote Sensing Letters, Vol. 1, 1: 55-64.
- Vescovo, L., Gianelle, D., 2008, **Using the MIR Bands in Vegetation Indices for the Estimation of Grassland Biophysical Parameters from Satellite Remote Sensing in the Alps Region of Trentino (Italy)**, Advances in Space Research, 41:1764-1772.
- Yu Liu, Zh., Feng Huang, J., Hong Wu, X. and Yong-Ping Dong, 2007, **Comparison of Vegetation Indices and Red-edge Parameters for Estimating Grassland Cover from Canopy Reflectance Data**, Journal of Integrative Plant Biology, Vol. 49, 3: 299-306.
- 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.