

## برآورد بیوماس بالای سطح زمین در گیاه تاغ با استفاده از شاخص های پوشش گیاهی (مطالعه موردی: مرک، بیرجند)

سحر صباغزاده<sup>۱</sup>، محمد زارع<sup>۲</sup>، محمدحسین مختاری<sup>۳</sup> و محمدرضا افخم شعراء<sup>۴</sup>

۱- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه یزد، ایران، پست الکترونیک: s.sabaghzade@yahoo.com

۲- استادیار، گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، ایران

۳- استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، ایران

۴- استادیار، گروه مرتع و آبخیز، دانشگاه بیرجند، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۶

### چکیده

روند رو به گسترش بیابانی شدن اراضی و حرکت تپه‌های ماسه‌ای در مناطق مختلف جهان و از جمله ایران، از بزرگ‌ترین چالش‌های محیط زیستی است که مقابله و مهار آن از دغدغه‌های جهانی بشمار می‌آید. گونه‌های مختلف جنس تاغ از مهمترین گونه‌های تثبیت‌کننده ماسه‌های روان هستند که به‌طور وسیعی در عملیات بیولوژیک احیاء مناطق بیابانی، در حال استفاده می‌باشند. یکی از کاربردهای داده‌های ماهواره‌ای برآورد بیوماس گیاهیست. در این تحقیق، از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸، برای تهیه نقشه بیوماس گیاه تاغ در تاغ‌زارهای استان خراسان جنوبی استفاده شد. به این منظور ۱۱ شاخص گیاهی مبتنی بر سنجش از دور شامل Brightness, Greenness, Wetness TSAVI, SAVI PVI IPVI WDV I RVI DVI NDVI محاسبه شد. به‌منظور بررسی همبستگی بین بیوماس و داده‌های ماهواره‌ای، ۳۰ پلات (۳۰×۳۰ متر مربع) با پراکنش مناسب در منطقه تعیین و داده‌های پوشش گیاهی آن اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی تنوع و دسته‌بندی شاخص‌ها از روش‌های تجزیه مؤلفه‌های اصلی و آنالیز خوشه‌ای استفاده شد. در آخر، از هر دسته شاخص مؤثر انتخاب و مدل‌های رگرسیونی برازش گردید. نتایج نشان داد که مدل رگرسیونی حاصل از شاخص TSAVI با مقدار خطای  $RMSE=18/7$  و  $R^2=0/43$  بهترین برآورد را در تخمین بیوماس هوایی گیاه تاغ داشت.

واژه‌های کلیدی: مناطق خشک، لندست ۸، آنالیز خوشه‌ای، تجزیه مؤلفه‌های اصلی، ایران.

### مقدمه

میزان بیوماس گیاهی، تغییر در سهم نسبی بیوماس اندام هوایی و زیرزمینی (Jackson & Schlesinger, 2004)، تغییر در میکروکلیم، آب و مواد غذایی قابل دسترس خاک انجام می‌شود (Launchbaugh, 1957 و Kielland & Bryant, 1998). گونه تاغ یکی از گیاهان سازگار و مقاوم با شرایط بیابانی است. گونه‌های جنس تاغ (*Haloxylon* spp) در مناطق خشک و بیابانی می‌رویند. در فلات مرکزی

مراتع با دارا بودن ۴۷ درصد از وسعت خشکی‌های زمین، بزرگترین اکوسیستم خشکی جهان را تشکیل می‌دهند (Jackson & Schlesinger., 2004). چرای دام به‌عنوان عمومی‌ترین نوع کاربری زمین در این اراضی بوده و توانمندی بالایی در تغییر اجزای اکوسیستم به‌ویژه در مناطق خشک دارد. این تغییرات، به‌طور اساسی از طریق تأثیر در

مورد استفاده قرار می‌گیرد.

استفاده از شاخص‌های گیاهی برای برآورد بیوماس به علت آسانی استفاده و ارتباط داشتن با متغیرهای فیزیکی همیشه مورد توجه بوده است. اگرچه همه شاخص‌ها با بیوماس همبستگی نشان نمی‌دهند، ولی این شاخص‌ها راهی آسان و مطمئن برای استخراج اطلاعات از داده‌های سنجش از دور هستند (Darvish zade et al., 2012). در مناطق خشک و نیمه‌خشک 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. براساس تحقیقات (Baret., 1993) علت این امر کم شدن اثر بازتاب خاک زمینه از طریق اعمال کردن ضریب L اصلاحی است.

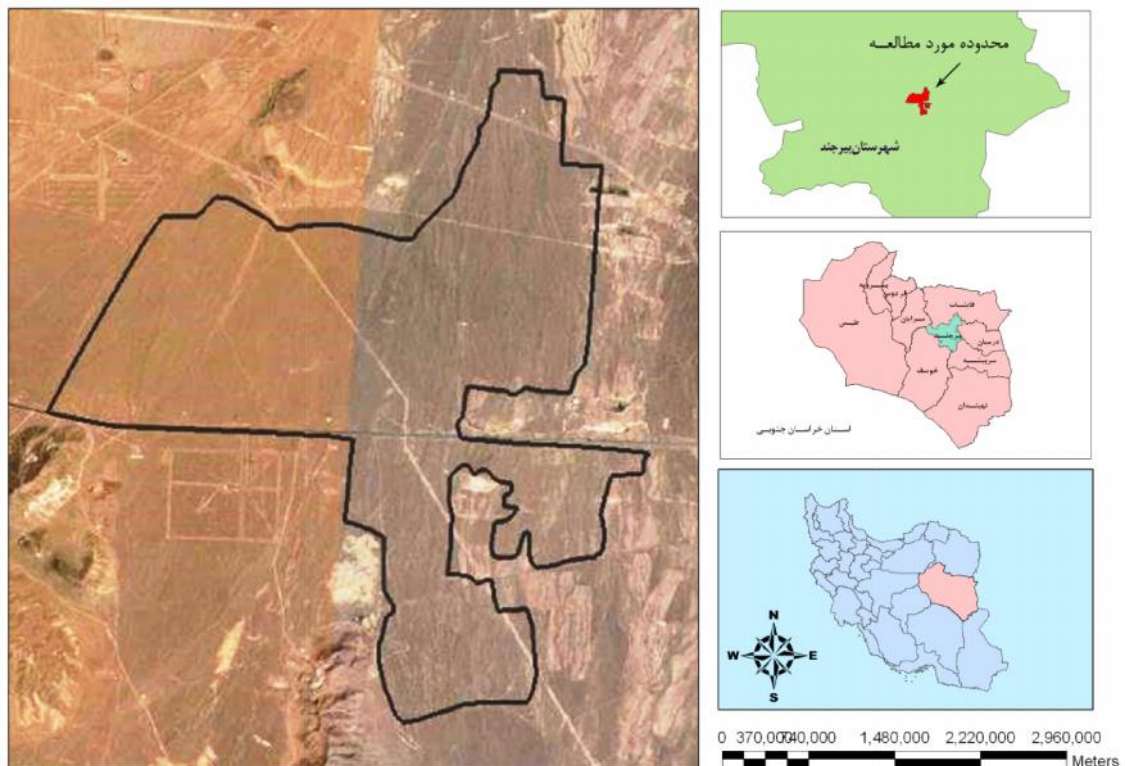
Hoseini و همکاران (۱۳۹۲) شاخص گیاهی مناسب برای مطالعه پوشش گیاهی مناطق بیابانی و همچنین شاخص سطح برگ را، شاخص Wdvi معرفی کردند. این شاخص بخوبی اثر زمینه‌ای خاک را تصحیح کرده و حتی قسمت‌های مرده گیاهی را در نظر نمی‌گیرد.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در استان خراسان جنوبی، شهرستان بیرجند در فاصله ۱۰ کیلومتری شمال شرق شهر بیرجند قرار گرفته است. این محدوده در طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۹ دقیقه و ۲۵ ثانیه تا ۵۹ درجه و ۲۲ دقیقه و ۳۶ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه و ۵۷ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۵۹ دقیقه و ۵۶ ثانیه شمالی واقع شده است. مساحت این حوزه ۱۱۱۴ هکتار با حداقل ارتفاع ۱۶۱۰ و حداکثر ارتفاع ۱۸۱۰ متر است. بیشتر پوشش منطقه تاغ به صورت دست کاشت است و چندین گونه یکساله، گونه‌های درمنه و لاکتوکا نیز به مقدار ناچیزی در منطقه وجود دارد.

ایران برای تثبیت ماسه‌های روان در اطراف شهرها و روستاها، این گونه کاشت می‌شود. در این مناطق، جنگل‌های دست کاشت تاغ به صورت کم و بیش انبوه، پراکنده و همچنین تخریب‌یافته به چشم می‌خورد. این گونه برای اصلاح بسیاری از مراتع خشک و فراهشک و عرصه‌های نیمه‌خشک استفاده می‌شود (Rahimizade et al., 2010). بنابراین، بدست آوردن اطلاعات درباره وضعیت پوشش گیاهی این گونه، شامل میزان، پراکنش و بیوماس آن، از اهمیت زیادی برخوردار است. برآورد عملکرد محصول گیاهان در امر مدیریت منابع طبیعی بسیار مهم است. روش‌های سنتی بسیاری برای برآورد عملکرد محصول وجود دارد که بیشتر این روش‌ها پرهزینه و زمان‌بر هستند. روش‌های مبتنی بر سنجش از دور، عیب‌های روش سنتی را ندارد. گیاهان دارای الگوی بازتابی خاصی در امواج الکترومغناطیس هستند که از آن برای تهیه شاخص‌های گیاهی استفاده می‌شود (Huete, 1988). در حال حاضر بیوماس به وسیله سنجش از دور از طریق محاسبه شاخص‌های پوشش گیاهی و مدل‌های برآورد بیوماس، تخمین زده می‌شود. به منظور کاهش اثر بازتابی سایر پدیده‌های سطح زمین و افزایش اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی، از شاخص‌های گیاهی (Vegetation Indices) استفاده می‌شود. از جمله شاخص‌هایی که برای بررسی درصد پوشش تاجی و بیوماس گیاهی استفاده می‌شود، شاخص‌های NDVI و SAVI هستند. شاخص NDVI به عنوان مهمترین شاخص گیاهی بر مبنای نسبت بین حداکثر انعکاس تابش در باند طیفی مادون قرمز نزدیک و حداکثر جذب تابش در باند طیفی قرمز است (Tucker, 1979). از آنجایی که بازتاب خاک بر تعیین میزان شاخص پوشش گیاهی اثر می‌گذارد؛ از این رو شاخص‌هایی مانند SAVI واریانس طیفی ناشی از تغییرات خاک زمینه را به حداقل می‌رساند. به این منظور، متغیر تنظیم خاک برای تغییرات خاک زمینه در نظر گرفته می‌شود (Rodgarmi, 2007). بنابراین به علت اینکه تراکم پوشش گیاهی در مناطق خشک پایین است، شاخص SAVI بیشتر



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور، استان و شهرستان بروجرد

در این تحقیق مناطق مناسب برای برداشت و اندازه‌گیری اطلاعات صحرائی بر روی پوشش گیاهی با استفاده از تجربیات مطالعات گذشته و بازدیدهای میدانی، مشخص شد. اندازه‌گیری میدانی در زمان اخذ داده‌های سنجش از دور (شهریورماه ۱۳۹۳) انجام شد. به منظور تعیین میزان بیوماس تاغ، ابتدا ۳۰ سایت بصورت تصادفی در منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. همچنین بصورت کاملا مشابه، تعداد ۱۰ 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 GPS مختصات تمامی این نقاط برای انتقال روی لایه‌های اطلاعاتی موجود در بانک اطلاعاتی ثبت شد. به منظور محاسبه پارامترهای مورد نظر (قطر، ارتفاع و بیوماس) در هر پلات ۳۰×۳۰ متر از ۳۰ زیر پلات‌های یک مترمربعی استفاده شد. زیر پلات‌ها به صورت تصادفی و بر روی اقطار مربع اندازه‌گیری و ثبت شد. پس از انتخاب پلات‌ها متغیرهای ارتفاع و قطر اندازه‌گیری شد و مقدار

در این تحقیق برای تهیه نقشه‌های بیوماس در زمانی مشخص از داده‌های ماهواره‌ای لندست ۸ و تصویر سنجنده OIL-TIRS استفاده شد.

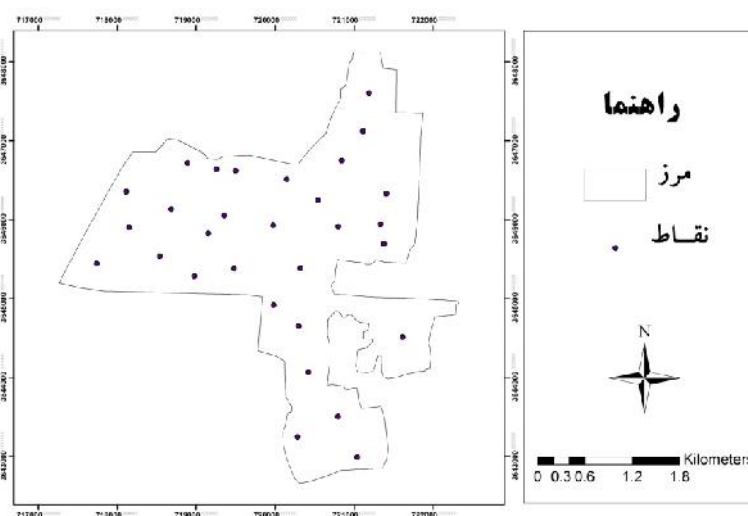
داده‌های لندست ۸ شامل ۱۱ باند می‌باشد. این ماهواره هر ۹۹ دقیقه در ارتفاع ۷۰۵ کیلومتر (۴۳۸ مایل) در یک مدار قطبی به دور زمین می‌چرخد. تصویر مورد نظر در شهریورماه ۱۳۹۳ تهیه گردید. داده‌های تهیه شده شامل قسمتی از فریم شماره ۱۵۹-۰۳۷ می‌باشد. قبل از استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، باید آنها را برای ورود به مراحل طبقه‌بندی و پردازش آماده کرد. از آنجایی که تصاویر مربوط به ماهواره لندست ۸ است و این تصاویر مجانی و فرمت خروجی آن Geo TIFF و از قبل زمین مرجع شده است و فاقد خطا هستند، بنابراین به تصحیحات نیاز ندارد (Khosravi et al., 2014).

روش تحقیق  
اندازه‌گیری میدانی

بیوماس با مقادیر شاخص‌های گیاهی محاسبه شده با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای (NDVI، DVI، RVI، WDVI، Brightness، Greenness، و TSAVI، SAVI، PVI، IPVI Wetness) انجام شد. به این ترتیب، با بدست آوردن همبستگی و رگرسیون بین بیوماس در محیط واقعی (نمونه‌ها) و شاخص‌های گیاهی مبتنی بر سنجش از دور، بیوماس در منطقه مورد مطالعه بدست می‌آید.

بیوماس یک درخت با روش قطع و توزین به‌عنوان نمونه محاسبه گردید و براساس بیوماس به‌دست آمده از درختان نمونه و متغیرهای درختان نمونه از قبیل ارتفاع و قطر به برقراری ارتباط بین بیوماس و متغیرهای درخت پرداخته شد و رابطه بیوماس برای درختان نمونه به‌دست آمد، سپس با اعمال رابطه بیوماس به‌دست آمده برای همه درختان پلات، مقدار بیوماس کل پلات به‌دست آمد.

اندازه‌گیری‌های صحرائی به‌منظور تعیین رابطه بین



شکل ۲- پراکنش نقاط زمینی برداشت شده

SPSS شد. در گام بعدی، برای تعیین شاخص بهینه، آنالیزهای رگرسیون خطی بر روی داده‌ها انجام شد. محاسبه شاخص‌های پوشش گیاهی برای برآورد بیوماس و رسیدن به یک مدل رگرسیونی، نقشه شاخص‌های NDVI، DVI، RVI، WDVI، PVI، IPVI، TSAVI، SAVI، Greenness، Wetness و Brightness در منطقه هدف بدست آمد.

برای بررسی همبستگی داده‌های پوشش زمینی با داده‌های ماهواره‌ای، تمام نقاط برداشتی به صورت فایل نقطه‌ای وکتوری وارد محیط GIS گردید و به رستر تبدیل شد. در مرحله بعد، ارزش پیکسل‌های هریک از باندهای تصاویر شاخص‌های گیاهی که متناظر با نقاط برداشت بودند، یادداشت شد. سپس مقادیر پوشش زمینی اندازه‌گیری شده به‌عنوان متغیر وابسته و ارزش پیکسل‌های باندهای محاسباتی به‌عنوان متغیرهای مستقل وارد نرم‌افزار آماری

جدول ۱- شاخص‌های پوشش گیاهی مورد استفاده در تحقیق

علائم اختصاری	نام شاخص	رابطه	مرجع علمی
DVI	Difference Vegetation Index	$DVI = NIR - red$	Tucker (1979)
RVI	Ratio Vegetation Index	$RVI = NIR/red$	Jordan(1969)
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	$NDVI = (NIR - red) / (NIR + red)$	Rouse et al. (1974)
IPVI	Infrared percentage Vegetation Index	$IPVI = NIR / (NIR + red)$	Crippen (1990)
PVI	perpendicular Vegetation Index	$PVI = \sin(a)NIR - \cos(a)red$ a is the angle between the soil line and the NIR axis	Richardson & Wiegand (1977)
WDVI	Weighted Difference Vegetation Index	$WDVI = NIR - g * red$ g is the slop of the soil line	Clevers (1988)
SAVI	Soil Adjusted Vegetation Index	$SAVI = (NIR - red) / (NIR + red + L) * (1 + L)$ L is a correction factor	Huete (1988)
TSAVI	Transformed Soil Adjusted Vegetation Index	$TSAVI = s(NIR - s * red - a) / (a * NIR + red - a * s + X * (1 + s * s))$ a is the soil line intercept, s is the soil line slope, and X is an adjustment factor which is set to minimize soil noise (0.08 in orginal papers)	Baret et al. (1991)

مستقل وجود داشته باشد، باید از مدل‌های آماری چند متغیره استفاده کرد. در این تحقیق با استفاده از تحلیل رگرسیون خطی چند متغیره، چگونگی رابطه بین شاخص‌های گیاهی و متغیر برآورد (بیوماس) بررسی شد. به منظور برازش مدل‌های رگرسیونی، پارامتر اندازه‌گیری شده بیوماس به عنوان متغیر وابسته و شاخص‌های گیاهی به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شد. با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS و اعمال مدل رگرسیون خطی چندمتغیره به روش حذف پیش‌رونده، مدل‌های مختلف تولید و بهترین مدل با توجه به مقدار بالاتر آماره  $R^2$  تعدیل شده، انتخاب گردید.

#### آنالیز خوشه‌ای

هنر یافتن گروه‌های مشابه در داده‌ها را تجزیه و تحلیل خوشه‌ای می‌نامند (Kafman & Rousseum, 1990). هدف از تحلیل خوشه‌ای، گروه‌بندی متغیرهاست، به طوری که متغیرهای داخل یک گروه تا حد امکان همگن باشند، ولی خصوصیات آنها بین دیگر گروه‌ها دارای وجه تمایز باشد (Stahl et al., 1999).

برای تهیه شاخص‌های گیاهی مانند WDVI, T SAVI, و SAVI ... از مفهوم خط خاک استفاده می‌شود. به این منظور در یک منطقه نخست باید پیکسل‌هایی که دارای خاک لخت بوده و هیچ پوشش گیاهی ندارد در سطح منطقه جدا شوند. در مرحله بعد ارزش پیکسل‌های جدا شده در باند قرمز و مادون قرمز نزدیک استخراج و رابطه رگرسیونی بین ارزش پیکسل‌ها در این دو باند محاسبه شود. ضرایب رابطه رگرسیون بیان کننده ضرایب خط خاک و شیب خط ترسیمی، شیب خط خاک است.

در این تحقیق، به منظور محاسبه رابطه خط خاک، تعداد ۳۲۴ پیکسل خالص خاک استخراج و با ترسیم مقادیر بازتاب این پیکسل‌ها در محدوده قرمز و مادون قرمز نزدیک، ضرایب خط خاک محاسبه شد.

#### روابط رگرسیونی

برای بدست آوردن میزان بیوماس گیاهی با استفاده از اطلاعات بدست آمده از تصاویر ماهواره‌ای، از مدل و روابط رگرسیون استفاده شد. زیرا یکی از اهداف رگرسیون، پیش‌بینی متغیر وابسته (Y) از متغیرهای مستقل (X) است. در تحلیل‌های آماری هنگامی که بیش از یک متغیر

## تحلیل مؤلفه اصلی

تحلیل مؤلفه اصلی و تحلیل عاملی از روش‌های آماری چند متغیره هستند که می‌توان از آنها برای کاهش پیچیدگی تحلیل متغیرهای اولیه مسئله در مواردی که با حجم زیادی از اطلاعات روبرو هستیم و همچنین برای تفسیر بهتر اطلاعات استفاده کرد (Camdevyren *et al.*, 2005). برای بررسی روابط غیرخطی بین شاخص‌ها و دسته‌بندی آنها افزون بر تحلیل خوشه‌ای، از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی نیز در این تحقیق استفاده می‌شود. شاخص‌های گیاهی به روش واریومکس، دوران داده می‌شود و وابستگی هریک از شاخص‌های دوران داده شده به مقدار بیوماس مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

## نتایج

نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده برای محاسبه خط خاک در این تحقیق، با استفاده از ۳۲۴ پیکسل خالص خاک و با استفاده از فضای ویژگی باند قرمز و مادون قرمز نزدیک،

۰/۲۹ به‌عنوان عرض از مبدأ خط خاک و ۰/۴۷ به‌عنوان شیب خط خاک در رابطه خط خاک تعیین شد.

$$Y = 0.7474x + 0.0294 \quad \text{رابطه (۱)}$$

با توجه به ضرایب خط خاک شاخص‌های پوشش گیاهی محاسبه و ضریب L (ضریب تعدیل‌کننده اثر خاک مورد استفاده برای شاخص‌هایی مانند SAVI) براساس رابطه ۲، به مقدار ۰/۹ به‌دست آمد.

$$L = 1 - 2 \times 1.06 \times NDVI \times WDWI \quad \text{رابطه (۲)}$$

## نتایج رگرسیون خطی ساده

برای ایجاد مدل برآورد بیوماس از تصاویر ماهواره‌ای از رابطه رگرسیونی بین شاخص‌های گیاهی محاسبه شده برای تصاویر ماهواره‌ای و اندازه‌گیری مستقیم برای زمین استفاده شد. مقدار بیوماس به‌عنوان متغیر وابسته و شاخص‌های گیاهی به‌عنوان متغیر مستقل وارد نرم‌افزار SPSS شد و میزان همبستگی برای هر شاخص با مقدار بیوماس محاسبه شد.

جدول ۱- مقدار بیوماس اندازه‌گیری شده به روش زمینی و مقادیر عددی شاخص‌های گیاهی

شماره پلات	بیوماس	DVI	IPVI	NDVI	PVI	RVI	SAVI	TSAVI	WDVI	روشنایی	سبزینگی	رطوبت
۱	۵۱	۰/۰۴۶	۰/۵۵۰	۰/۰۶۷۳	۰/۰۵۷	۱/۱۴۴	۰/۰۵۹	۰/۱۰۱	۰/۱۰۱	۰/۴۳۹	-۰/۱۰۵	-۰/۰۲۸
۲	۹۵/۲۵	۰/۰۴۴	۰/۵۴۵	۰/۰۶۹۰	۰/۰۵۷	۱/۱۴۸	۰/۰۶۴	۰/۱۰۵	۰/۱۰۰	۰/۴۲۲	-۰/۰۹۸	-۰/۰۲۵
۳	۳۳	۰/۰۴۱	۰/۵۴۴	۰/۰۶۴	۰/۰۵۴	۱/۱۳۷	۰/۰۵۷	۰/۰۹۸	۰/۰۹۷	۰/۴۳۵	-۰/۱۰۲	-۰/۰۲۴
۴	۱۶/۹۵	۰/۰۳۸	۰/۵۴۱	۰/۰۵۷	۰/۰۵۰	۱/۱۲۱	۰/۰۵۲	۰/۰۹۳	۰/۰۹۲	۰/۴۳۶	-۰/۱۰۴	-۰/۰۲۶
۵	۱۰۹/۵	۰/۰۴۸	۰/۵۵۰	۰/۰۶۹	۰/۰۶۰	۱/۱۴۸	۰/۰۶۵	۰/۱۰۷	۰/۱۰۴	۰/۴۴۷	-۰/۱۰۱	-۰/۰۲۶
۶	۲۴/۷۵	۰/۰۴۱	۰/۵۴۲	۰/۰۶۶	۰/۰۵۶	۱/۱۴۱	۰/۰۵۶	۰/۰۹۸	۰/۰۹۹	۰/۴۳۱	-۰/۱۰۶	-۰/۰۲۴
۷	۵۵/۵	۰/۰۴۴	۰/۵۴۸	۰/۰۶۷	۰/۰۵۴	۱/۱۴۴	۰/۰۶۱	۰/۱۰۱	۰/۰۹۶	۰/۴۲۹	-۰/۰۹۹	-۰/۰۲۱
۸	۴۷/۲۵	۰/۰۴۲	۰/۵۴۷	۰/۰۶۴	۰/۰۵۳	۱/۱۳۷	۰/۰۵۹	۰/۰۹۹	۰/۰۹۶	۰/۴۳۶	-۰/۱۰۰	-۰/۰۲۴
۹	۵۷/۷۵	۰/۰۴۴	۰/۵۴۸	۰/۰۶۹	۰/۰۵۵	۱/۱۴۹	۰/۰۶۱	۰/۱۰۱	۰/۰۹۷	۰/۴۳۰	-۰/۰۹۹	-۰/۰۲۴
۱۰	۴۳/۵	۰/۰۴۲	۰/۵۴۶	۰/۰۶۴	۰/۰۵۳	۱/۱۳۸	۰/۰۵۹	۰/۰۹۹	۰/۰۹۵	۰/۴۲۰	-۰/۱۰۰	-۰/۰۲۳
۱۱	۹۳/۷۵	۰/۰۴۶	۰/۵۵۰	۰/۰۶۸	۰/۰۵۷	۱/۱۴۶	۰/۰۶۴	۰/۱۰۵	۰/۱۰۱	۰/۴۱۸	-۰/۰۹۹	-۰/۰۱۸
۱۲	۸۹/۲۵	۰/۰۴۵	۰/۵۴۸	۰/۰۶۹	۰/۰۵۷	۱/۱۴۹	۰/۰۶۲	۰/۱۰۳	۰/۱۰۰	۰/۴۲۶	-۰/۱۰۱	-۰/۰۲۲
۱۳	۵۲/۵	۰/۰۴۳	۰/۵۴۸	۰/۰۶۶	۰/۰۵۳	۱/۱۴۱	۰/۰۶۰	۰/۱۰۰	۰/۰۹۵	۰/۴۱۹	-۰/۰۹۸	-۰/۰۲۳
۱۴	۴۴/۶۲۵	۰/۰۴۲	۰/۵۴۶	۰/۰۶۳	۰/۰۵۳	۱/۱۳۵	۰/۰۵۹	۰/۰۹۹	۰/۰۹۶	۰/۴۲۵	-۰/۱۰۰	-۰/۰۲۲
۱۵	۱۰۰/۵	۰/۰۴۷	۰/۵۵۰	۰/۰۷۲	۰/۰۵۷	۱/۱۵۵	۰/۰۶۴	۰/۱۰۵	۰/۱۰۰	۰/۴۲۲	-۰/۰۹۷	-۰/۰۲۲
۱۶	۳۶/۱۵	۰/۰۴۱	۰/۵۴۵	۰/۰۶۷	۰/۰۵۳	۱/۱۴۳	۰/۰۵۷	۰/۰۹۸	۰/۰۹۵	۰/۴۲۷	-۰/۱۰۱	-۰/۰۲۵
۱۷	۱۲۰	۰/۰۵۰	۰/۵۵۲	۰/۰۷۲	۰/۰۶۰	۱/۱۵۵	۰/۰۶۷	۰/۱۰۸	۰/۱۰۴	۰/۴۴۴	-۰/۰۹۹	-۰/۰۲۷
۱۸	۳۸/۸۵	۰/۰۴۲	۰/۵۴۵	۰/۰۶۴	۰/۰۵۴	۱/۱۳۷	۰/۰۵۸	۰/۰۹۹	۰/۰۹۷	۰/۴۴۵	-۰/۱۰۳	-۰/۰۲۸
۱۹	۵۷	۰/۰۴۴	۰/۵۴۷	۰/۰۶۹	۰/۰۵۶	۱/۱۴۷	۰/۰۶۱	۰/۱۰۲	۰/۰۹۹	۰/۴۲۹	-۰/۱۰۰	-۰/۰۲۷
۲۰	۳۹	۰/۰۴۲	۰/۵۴۷	۰/۰۶۱	۰/۰۵۲	۱/۱۳۱	۰/۰۵۸	۰/۰۹۸	۰/۰۹۵	۰/۴۲۱	-۰/۰۹۹	-۰/۰۲۳

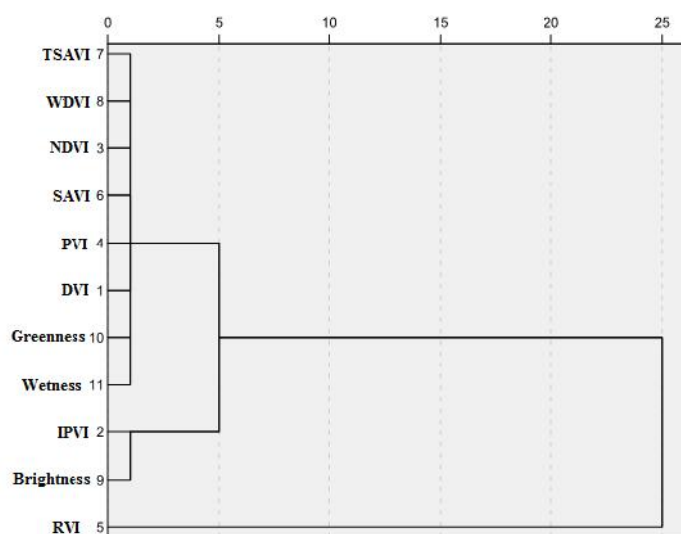
شماره پلات	بیوماس	DVI	IPVI	NDVI	PVI	RVI	SAVI	TSAVI	WDVI	روشنایی	سبزیگی	رطوبت
۲۱	۱۳۳/۵	۰/۰۵۶	۰/۵۶۰	۰/۰۸۰	۰/۰۶۲	۱/۱۷۴	۰/۰۷۶	۰/۱۱۶	۰/۱۰۷	۰/۴۲۳	۰/۰۹۲	۰/۰۳۰
۲۲	۱۲۲/۲۵	۰/۰۵۳	۰/۵۵۷	۰/۰۸۰	۰/۰۶۲	۱/۱۷۴	۰/۰۷۳	۰/۱۱۳	۰/۱۰۷	۰/۴۳۵	۰/۰۹۴	۰/۰۲۸
۲۳	۳۱/۵	۰/۰۴۱	۰/۵۴۵	۰/۰۷۰	۰/۰۵۱	۱/۱۵۰	۰/۰۵۷	۰/۰۹۷	۰/۰۹۴	۰/۴۲۵	۰/۰۹۹	۰/۰۲۵
۲۴	۲۳/۵۵	۰/۰۴۰	۰/۵۴۳	۰/۰۶۱	۰/۰۵۱	۱/۱۳۰	۰/۰۵۵	۰/۰۹۵	۰/۰۹۳	۰/۴۳۰	۰/۱۰۲	۰/۰۲۴
۲۵	۲۲/۵	۰/۰۴۰	۰/۵۴۲	۰/۰۵۸	۰/۰۵۲	۱/۱۲۴	۰/۰۵۴	۰/۰۹۵	۰/۰۹۵	۰/۴۰۳	۰/۱۰۶	۰/۰۱۸
۲۶	۵۴	۰/۰۴۵	۰/۵۴۶	۰/۰۶۲	۰/۰۵۶	۱/۱۳۲	۰/۰۶۰	۰/۱۰۱	۰/۱۰۰	۰/۴۲۲	۰/۱۰۳	۰/۰۱۹
۲۷	۱۰۸	۰/۰۴۸	۰/۵۵۰	۰/۰۶۸	۰/۰۵۹	۱/۱۴۵	۰/۰۶۵	۰/۱۰۶	۰/۱۰۲	۰/۴۲۷	۰/۰۹۹	۰/۰۲۳
۲۸	۱۵۴/۵	۰/۰۵۶	۰/۵۵۹	۰/۰۷۸	۰/۰۶۴	۱/۱۷۰	۰/۰۷۷	۰/۱۱۷	۰/۱۰۹	۰/۴۴۵	۰/۰۹۴	۰/۰۲۸
۲۹	۴۰/۱۲۵	۰/۰۴۸	۰/۵۵۲	۰/۰۶۴	۰/۰۵۳	۱/۱۳۸	۰/۰۵۸	۰/۰۹۹	۰/۰۹۶	۰/۴۲۵	۰/۱۰۱	۰/۰۲۴
۳۰	۱۱۲/۵	۰/۰۴۳	۰/۵۴۶	۰/۰۷۱	۰/۰۵۶	۱/۱۵۲	۰/۰۶۶	۰/۱۰۵	۰/۰۹۹	۰/۴۰۳	۰/۰۹۴	۰/۰۱۷

در روابط رگرسیونی، بیوماس در هر پلات (۳۰×۳۰ متر، در مجموع ۹۰۰ مترمربع) بر حسب کیلوگرم محاسبه شد. مدل‌های رگرسیونی ارتباط بین بیوماس با شاخص‌های گیاهی براساس نتایج بدست آمده برای برآورد میزان بیوماس در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- بهترین مدل‌های تخمین به‌دست آمده از آنالیز رگرسیون خطی ساده

شاخص	مدل	R <sup>2</sup>	RMSE
DVI	Biomass = 7493.4 (DVI) - 270.7	۰/۷۱	۱۹/۳۴
IPVI	Biomass = 6627.9 (IPVI) - 3565.2	۰/۶۳	۲۲/۸
NDVI	Biomass = 5887.21 (NDVI) - 329.56	۰/۷۱	۲۰/۳۵
PVI	Biomass = 10133.47 (PVI) - 495.30	۰/۸۱	۱۶/۰۷
SAVI	Biomass = 6148.85 (SAVI) - 311.19	۰/۹۱	۱۱/۱۶
TSAVI	Biomass = 6325.31 (TSAVI) - 578.65	۰/۹۱	۱۱/۱۱
WDVI	Biomass = 8116.89 (WDVI) - 733.94	۰/۸۱	۱۶/۰۶
Greenness	Biomass = 8619 (Greenness) + 928.01	۰/۵۷	۲۴/۵۷
RVI	Biomass = 2551.08 (RVI) - 2852.78	۰/۷۱	۲۰/۳۴

برای استفاده از شاخص‌های مختلف در تعیین بیوماس گیاه تاغ، ابتدا به دسته‌بندی آنها به دو روش تحلیل خوشه‌ای و تجزیه مؤلفه‌های اصلی پرداخته شد. شاخص‌های پوشش گیاهی محاسبه شده با استفاده از تحلیل خوشه‌ای به سه گروه تقسیم شده‌اند (شکل ۳): شاخص‌های PVI, SAVI, NDVI, DVI, TSAVI, شاخص‌های WDVI, Greenness؛ شاخص‌های IPVI, Brightness؛ شاخص RVI.



شکل ۳- تحلیل خوشه‌ای بین شاخص‌های پوشش گیاهی

تحلیل مؤلفه‌های اصلی نتایج دوران برای شاخص‌های گیاهی در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به جدول، شاخص‌های SAVI و IPVI به ترتیب بیانگر همبستگی مؤلفه‌های اول و دوم با مقدار بیوماس هستند.

از میان این سه دسته، شاخص TSAVI از دسته اول، شاخص IPVI از دسته دوم و شاخص RVI از دسته سوم به دلیل بالا بودن ضریب همبستگی برای رگرسیون‌گیری انتخاب شدند.

جدول ۳- تحلیل مؤلفه‌های اصلی بین شاخص‌های پوشش

شاخص	مؤلفه
DVI	۱
IPVI	۱
NDVI	۱
PVI	۱
RVI	۱
SAVI	۱
TSAVI	۱
WDVI	۱
روشنایی	۲
سبزی‌نگی	۲
رطوبت	۲

با داشتن متغیرهای مستقل از قبیل شاخص‌های گیاهی، روابط رگرسیونی بین میزان بیوماس (برحسب کیلوگرم در



متغیرهایی که در تحلیل مؤلفه اصلی بیشترین همبستگی را داشتند به عنوان متغیر مستقل وارد مدل رگرسیونی شد. هکتار) و متغیرهای مستقل (شاخص‌های گیاهی) ایجاد گردید. در این مرحله، شاخص‌های نهایی که در آنالیز خوشه‌ای از هر گروه انتخاب شده بودند و همچنین

جدول ۴- ضرایب بین بیوماس و شاخص‌های گیاهی با توجه به آنالیز خوشه‌ای

فاصله اطمینان ۹۵٪ جهت B	کران پایین	کران بالا	Sig.	t	ضرایب غیراستاندارد		مدل
					Beta	خطای استاندارد	
							مقدار ثابت
			۰/۰	-۱۵/۳۸۴	۳۷/۶۱۳	-۵۷۸/۶۵۵	TSAVI
			۰/۰	۱۷/۱۹۱	۰/۹۵۶	۳۶۷/۹۴۲	۶۳۲۵/۳۱۵
			۰/۳۰۳	۱/۰۴۹	۴۵۱/۶۸۲	۴۷۳/۹۶۲	مقدار ثابت
			۰/۰	۱۰/۴۷۶	۱/۱۹۳	۷۵۳/۷۰۲	۷۸۹۵/۵۷۸
			۰/۰۲۷	-۲/۳۳۷	-۰/۲۶۶	۹۴۶/۸۷۶	-۲۲۱۳/۲۶۳

رابطه رگرسیونی آن به صورت زیر ارائه شد.

رابطه (۴)

$$Y = 473.962 + 7895.57 (\text{TSAVI}) - 2213.26 (\text{IPVI})$$

رابطه (۳)

بین بیوماس و شاخص‌هایی که از تحلیل PCA انتخاب

$$Y = -578.655 + 6325.315 (\text{TSAVI})$$

شدند نیز مدل رگرسیونی ایجاد شد.

جدول ۵- ضرایب بین بیوماس و شاخص‌های گیاهی با توجه به تحلیل مؤلفه اصلی

فاصله اطمینان ۹۵٪ جهت B	کران پایین	کران بالا	Sig.	t	ضرایب غیراستاندارد		مدل
					Beta	خطای استاندارد	
			۰/۰	-۱۴/۰۲۰	۲۲/۱۹۶	-۳۱۱/۱۹۴	مقدار ثابت
			۰/۰	۱۷/۱۱۴	۰/۹۵۵	۳۵۹/۲۹۰	SAVI

رابطه رگرسیونی آن بصورت زیر ارائه شد:

ارائه شده است.

رابطه (۵)

$$Y = -311.194 + 6148.85 (\text{SAVI})$$

مدل‌های استخراج شده براساس مقادیر بالای  $R^2$  و مقدار پایین‌تر RMSE اعتبارسنجی شد. در آخر، مدلی که دارای بیشترین مقدار  $R^2$  و کمترین مقدار RMSE بود، به عنوان مناسب‌ترین مدل انتخاب شد.

نتایج نشان داد که روابط رگرسیونی بین بیوماس و شاخص‌های پوشش گیاهی در سطح ۹۹٪ معنی‌دار است. نتایج روابط رگرسیون خطی چند متغیره به روش پیشرو (Forward) بین متغیرهای مستقل و وابسته در جدول ۶

جدول ۶- مقادیر ضریب همبستگی و RMSE برای مدل‌های انتخاب شده

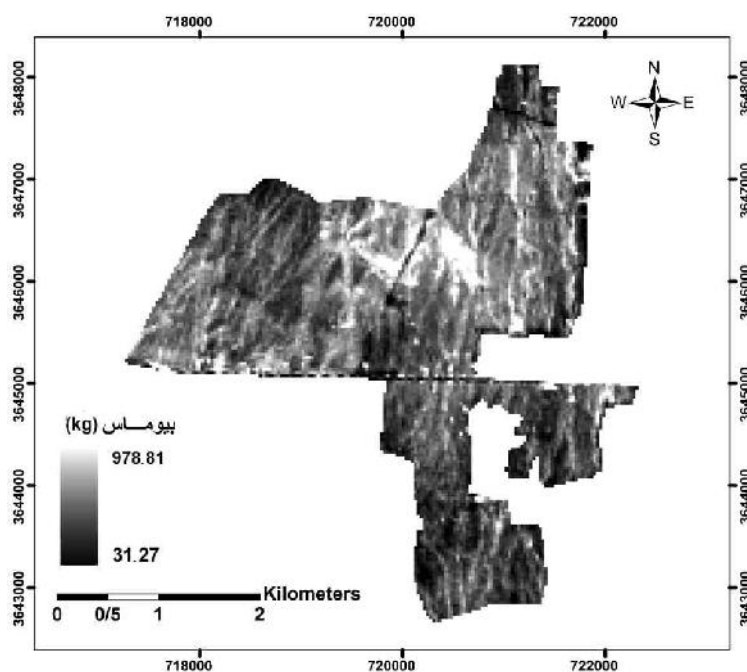
مدل	R <sup>2</sup>	RMSE
Y = -578.655 + 6325.315 (TAVI)	۰/۴۳	۱۸/۷
Y = 473.962 + 7895.57 (TSAVI) - 2213.26 (IPVI)	۰/۳۲	۱۹/۸۸
Y = -311.19 + 6148.8 (SAVI)	۰/۳۹	۲۶/۲۹

## نقشه بیوماس گیاهی

با توجه به نتایج محاسبه بیوماس، شاخص TSAVI با بیشترین R<sup>2</sup> و کمترین مقدار RMSE با بهترین دقت می‌تواند بیوماس را تخمین بزند. در این تحقیق، به منظور محاسبه

بیوماس از مدل مربوط به این شاخص (رابطه ۳) استفاده شد.

$$Y = -578.655 + 6325.315 (TAVI) \quad \text{رابطه (۶)}$$



شکل ۴- نقشه بیوماس با استفاده از رابطه رگرسیون چند متغیره

## بحث

پایش و مطالعه پوشش گیاهی در مناطق خشک به دلیل شرایط خاص آب و هوایی برای اعمال روش‌های صحیح مدیریت منابع طبیعی از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به در دسترس نبودن اطلاعات پوشش گیاهی از گذشته منطقه، امکان بررسی پوشش گیاهی با روش‌های

سنتی وجود ندارد اما داده‌های سنجش از دور این امکان را فراهم کرده است. از این رو، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، بعلاوه در اختیار قرار دادن اطلاعات دقیق در مقیاس‌های منطقه‌ای و ناحیه‌ای، با هزینه پایین‌تر و زمان کمتر، ابزاری بسیار کارا برای مدیریت بهینه منابع آب، خاک و پوشش گیاهی به حساب می‌آید.

خط خاک را در نظر می‌گیرند نسبت به سایر شاخص‌ها، بهتر می‌توانند درصد پوشش گیاهی را نشان دهند.

شاخص TSAVI با مقدار خطای  $RMSE=18/7$  و  $R^2=0/43$  بهترین برآورد را در تخمین بیوماس هوایی گیاه تاغ در منطقه مورد مطالعه دارد.

در این تحقیق از جدیدترین تصاویر ماهواره لندست استفاده شد و با بهره‌گیری از آنالیز خوشه‌ای و تحلیل PCA و مدل‌های رگرسیون چند متغیره، ارتباط بین مقدار بیوماس زمینی و داده‌های ماهواره‌ای تعیین و پس از حذف متغیرهای دارای تاثیر ناچیز، مدلی با متغیر TSAVI بدست آمد.

### منابع مورد استفاده

- Baret, F., Jacquemoud., S. and Hanocq., J. F., 1993. About the soil line concept in remote sensing. *Advances in Space Research*, 13(5): 281-284.
- Buyantuyev, A., Wu, J. and Gries, C., 2007. Estimating Vegetation Cover in an Urban Environment Based on Landsat ETM+ Imagery: A Case Study in Phoenix, USA. *International Journal of Remote Sensing*, 28(2): 269-291.
- Camdevyren, H., Demyr, N., Kanik, A., and Keskin, S. 2005. Use of principal component scores in multiple linear regression models for prediction of Chlorophyll-a in reservoirs. *Ecological Modelling*, 181: 581-589.
- Darvishzade, R., Motakan, A. A., Hoseini asl, A. and Ebrahimi Khosfi, M., 2012. Estimation of vegetation fraction in the Central arid region of Iran using satellite images (Case study: Sheitoor basin, Bafgh). *Arid Biome Scientific and Research Journal*. 2 (1): 25-38.
- Hoseini, S. M., Ekhtesasi, M. R. and Mohtasham Niya, S., 2013. The effect of drought on vegetation cover degradation Sistan region . *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 20 (2): 227-239.
- Huete, A. R., 1988. A Soil-adjusted vegetation index. *Remote Sensing of Environment*, 25: 295-309.
- Ishiyama, T., Nakajima, Y., Kajiwara, K. and Tsuchiya, K., 1997. Extraction of vegetation cover in an arid area based on satellite data. *Advances in Space Research, Calibration and Intercalibration of Satellite Sensors and Early Results of Radarsat*, 19: 1375-1378.
- Jackson, R. B. and Schlesinger, W. H., 2004. Curbing the US carbon deficit. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 101 (45): 15827-15829.
- Kafman, L. and Rousseeuw, P. J., 1990. Finding groups in data Wiley pub.

برای تعیین رابطه بین متغیرهای مورد مطالعه در این تحقیق از آنالیز رگرسیون خطی ساده و چند متغیره استفاده شد. نتایج آنالیز رگرسیونی بین شاخص‌های پوشش گیاهی (به‌عنوان متغیر مستقل) و میزان بیوماس (به‌عنوان متغیر وابسته) در محدوده مورد مطالعه نشان داد که شاخص‌های TSAVI, SAVI, PVI بیشترین ضرایب تبیین و کمترین مقدار مجذور خطای مربعات را با داده‌های زمینی دارند. در حالی‌که شاخص‌های حاصل از Tasselcap (سبزی‌نگی، روشنایی و تری) کمترین ضریب تبیین را داراست.

با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه جزء مناطق خشک محسوب می‌شود و دارای پوشش کم و ناچیز شامل جنگل‌های تنک تاغ است، بنابراین انتظار می‌رود شاخص‌هایی که بازتاب خاک را در نظر می‌گیرند، نسبت به سایر شاخص‌های پوشش گیاهی بتوانند بیوماس را با دقت بیشتری تخمین بزنند. برخی از پژوهشگران ثابت کردند که شاخص NDVI نمی‌تواند به خوبی بیانگر درصد پوشش گیاهی در مناطق خشک باشد (Ishyama *et al.*, 1997) و شاخص‌هایی که خط خاک را در نظر می‌گیرند با دقت بیشتری می‌توانند درصد پوشش گیاهی را تخمین بزنند (Darvish zade *et al.*, 2012). شاخص‌های DVI, SAVI, Complex Divisional همانند NDVI در پوشش گیاهی متراکم‌تر عملکرد بهتری دارند. شاخص‌های EVI, MIRV, GVI, MINI با کاهش اثرات اتمسفری در مناطق با میزان بیوماس بالا شاخص‌هایی مطلوب محسوب می‌شوند (Leblon, 1993).

شاخص SAVI، به دلیل کاهش اثرات کانی‌های مختلف، در پایش پوشش گیاهی مناطق خشک و ارزیابی تراکم پوشش و میزان رشد گیاهان سبز، مناسب است (Buyantuyev., 2007). Farzadmehr و همکاران (۱۳۸۴) بیان کردند که شاخص‌های TSAVI و MSAVI همبستگی بالایی با تاغ پوشش در مناطق خشک دارند.

به طور کلی، نتایج این تحقیق به صورت زیر خلاصه می‌شود:

از میان شاخص‌های گیاهی، شاخص‌هایی که ضرایب

- sensitivity of the estimated standing volume stands. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*. 16(2): 101-120.
- Rahimi Zade, A., Farzadmehr, J., Rastaghi, A. A. and Ramazani Ghasgh, M., 2010. The effect of planting *Haloxylon* and *Atriplex* species, the vegetation and soil properties of desert pastures Salm Abad Sarbishe. *Renewable Natural Resources Research*. 1(2): 1-11.
- Rodgarmi, P., Khorasani, N. A., Monavari, S. M. and Nori, J., 2007. Anticipated environmental impact of using satellite imagery and remote sensing techniques. *Journal of Environmental Sciences and Technology*. 11(1): 161-172.
- Stahl, K. and Demuth, S., 1999. Methods for regional classification of stream flow drought series: Cluster analysis, University of Freiburg, Germany.
- Tucker, C. J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8: 127-150.
- Kielland, K. and Bryant, J. P., 1998. Moose herbivory in Taiga: Effects on biogeochemistry and vegetation dynamics in primary succession. *Oikos*, 82: 377-383.
- Khosravi, M. R., Keshavarz, A., Rostami, H. and Mansouri, S., 2014. Statistical intergrates High-resolution Landsat Satellite Images to Rngysazy band. Twentieth Annual National Conference Of Computers Society Of Iran.
- Launchbaugh, J. L., 1957. The effects of stocking rate on cattle gains and on native short grass vegetation in west central Kansas. Kansas Agricultural Experiment Station, Kansas State College of Agriculture and Applied Science, Bulletin: 394, 29p.
- Leblon, B., 1993. Soil and vegetation optical properties. In: *Applications in Remote Sensing, Volume 4*, The International Center for Remote Sensing Education. Wiley Press, New York, USA.
- Mohammadi, j., Shetabi, Sh., 2009. The vegetation indices used to assess the sensitivity of the

## Estimating of above ground biomass of *Haloxylon* using satellite based vegetation indices (Case Study: Marak, Birjand )

S. Sabaghzade<sup>1\*</sup>, M. Zare<sup>2</sup>, M. H. Mokhtari<sup>3</sup> and M.R. Afkham Shoara<sup>4</sup>

1\*-Corresponding author, M.Sc. of Natural Resources Engineering- Arid lands Management, Faculty of Natural Resources and Eremology, Yazd University, Iran, E-mail: s.sabaghzade@yahoo.com

2- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Eremology, Yazd University, Iran

3- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Eremology, Yazd University, Iran

4- Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Birjand University, Iran

Received: 7/7/2015

Accepted: 6/26/2016

### Abstract

Arid land degradation is the biggest environmental challenges in 21st century. *Saxaul* (*Haloxylon* spp) is one of the most important species for sand dunes fixation, widely used in reclamation of arid lands. One of the applications of satellite data is to estimate the biomass of plants. In this study, Landsat 8 satellite images were used for mapping the biomass of *Haloxylon* plants in the South Khorasan province. Then, 11 vegetation indices (DVI, IPVI, NDVI, PVI, RVI, SAVI, TSAVI, WDVI, Brightness, Wetness, Greenness) were calculated. To determine the correlation between biomass and satellite data, 30 plots of 30\*30 m<sup>2</sup> were used in the region and vegetation parameters were measured. Principal component analysis and cluster analysis were used to classify the indices. Finally, the effective indices were selected and the regression models were fitted. Results showed that the regression model obtained from the TSAVI index with RMSE of 14.9 and R<sup>2</sup>=0.43 had the best estimation for the above ground biomass of *Haloxylon*.

**Keywords:** Arid lands, cluster analysis, landsat 8, principal component analysis (PCA), Iran.