

## تخمین درصد پوشش گیاهی منطقه خشک ایران مرکزی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: حوزه شیپور، بافق)

۱- روشنگ درویش‌زاده، استادیار گروه کارتوگرافی دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران  
r.darvishzadeh@ut.ac.ir

۲- علی‌اکبر متکان، دانشیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۳- امین‌حسینی اصل، مربی گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۴- محسن ابراهیمی خوسفی، کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید بهشتی

دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۲۲

پذیرش: ۱۳۹۱/۰۳/۱۷

### چکیده

پوشش گیاهی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای هر اکوسیستم به شمار می‌رود. تعیین میزان درصد پوشش گیاهی به‌منظور فهم تعاملات بین زمین و اتمسفر، تأثیر آن بر اقلیم، میزان فرسایش خاک، بررسی خشکسالی، و مدیریت منابع طبیعی بسیار ضروری است. هدف از این پژوهش، تخمین درصد پوشش گیاهی با استفاده از شاخص‌های رایج پوشش گیاهی است. در این تحقیق از تصویر ماهواره‌ای ALOS (AVNIR) مربوط به تیر ماه ۱۳۸۸ و مطالعات میدانی همزمان با گذر ماهواره در حوزه شیپور (باقی‌یزد) استفاده گردید. درصد پوشش گیاهی در ۵۲ پلات تصادفی اندازه‌گیری و از ۱۷ شاخص پوشش گیاهی (ARVI, DVI, EVI, SAVI, SAVI2, TSAVI, SARVI, WdVI, NDVI, PVI, IPVI, GEMI, ) (MSAVI1, MSAVI2, OSAVI, SR, MSR) به‌منظور محاسبه درصد پوشش گیاهی استفاده گردید. ارزیابی نتایج حاصل از شاخص‌های گیاهی مورد استفاده، به دو روش ارزیابی تقاطعی و تقسیم داده‌ها به دو دسته‌ی تست و آموزشی انجام پذیرفت. نتایج نشان داد که تقسیم‌بندی داده‌ها به دو دسته‌ی تست و آموزشی در تعیین میزان موفقیت شاخص‌ها تأثیرگذار است. بر اساس نتایج، شاخص‌هایی که در محاسبه‌ی خود ضرایب خط خاک را در نظر می‌گیرند در مقایسه با سایر شاخص‌ها، به ویژه شاخص‌هایی که از ضرایب ثابت تصحیح‌کننده‌ی اثر خاک استفاده می‌کنند، از دقت مناسب‌تری ( $R^2 > 0.63$ ,  $RMSE < 3\%$ ) برخوردار هستند و می‌توانند بیان‌گر درصد پوشش گیاهی در مناطق خشک باشند.

واژگان کلیدی: درصد پوشش گیاهی؛ شاخص پوشش گیاهی؛ تصویر ALOS؛ مناطق خشک.

### مقدمه

پوشیده از گیاه بوده که میزان فتوسنتز و تبخیر و تعرق گیاهان را کنترل می‌کنند (Gutman & Ignatov, 1998). تخمین درصد پوشش گیاهی در مطالعات گوناگونی کاربرد داشته و از اهمیت خاصی برخوردار است. پوشش گیاهی یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های تأثیرگذار در فرسایش خاک محسوب می‌شود. هرچقدر درصد پوشش گیاهی افزایش یابد، میزان فرسایش خاک کاهش می‌یابد (Elwell & Stocking, 1976).

درصد پوشش گیاهی<sup>۱</sup>، به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های مهم در بررسی کمی گیاهان سطح زمین، عبارت است از نسبت سطح پوشیده شده از گیاه به سطح کل که به صورت درصد بیان می‌شود (Zhang et al., 2003). مقدار پوشش گیاهی به‌طور معمول به دو صورت تراکم سطحی<sup>۲</sup> و تراکم عمودی<sup>۳</sup> بیان می‌شود. تراکم سطحی بیان‌گر میزان مساحت پوشیده شده از گیاه در واحد سطح است. تراکم عمودی بیان‌کننده تعداد لایه‌های برگ در مناطق

1- Fraction of Vegetation

2 - Horizontal density

3 -Vertical density

پوشش گیاهی از طریق حفظ خاک در برابر ضربه‌های قطره‌های باران، افزایش میزان نفوذپذیری آب در خاک، کاهش سرعت جریان رواناب سطحی و بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، باعث کاهش فرسایش می‌شود (Baver, 1956). همچنین نوع گیاه پوششی زمین در طول زمستان، به ویژه در زمین‌های کشاورزی، به مقدار فراوانی بر میزان فرسایش خاک و کیفیت آب تأثیر می‌گذارد (Dabney et al., 2001).

تعیین درصد پوشش گیاهی در بررسی پدیده‌ی خشکسالی (Ghulam, 2006)، خطر آتش‌سوزی (Burgan et al., 1996) و سایر پدیده‌های مؤثر بر سطح زمین و جوامع انسانی نیز بسیار ضروری است. تغییر پوشش گیاهی به صورت مستقیم بر تعادل انرژی از طریق تأثیر بر تعرق گیاهان، آلودگی سطح، گسیلمندی و ناهمواری سطحی تأثیرگذار است (Aman et al., 1992).

با توجه به اهمیت تعیین میزان درصد پوشش گیاهی و کاربردهای گوناگون آن، تاکنون روش‌های زیادی به منظور محاسبه این متغیر ارائه شده است به عنوان نمونه می‌توان به روش‌های برداشت میدانی و همچنین استفاده از تصاویر ماهواره‌ای اشاره نمود.

تعیین درصد پوشش گیاهی با استفاده از روش‌های سنتی برداشت نه تنها دید کاملی از پوشش گیاهی کل منطقه ارائه نمی‌دهد، بلکه باعث صرف زمان و هزینه زیاد می‌شود. همچنین خطاهای انسانی در تعیین درصد پوشش گیاهی به روش‌های سنتی می‌تواند زیاد باشد. امروزه اطلاعات ماهواره‌ای یک دید جامع از نظر زمانی و مکانی از سطح زمین و پوشش‌های مختلف آن فراهم می‌کند.

در طول چند دهه‌ی گذشته، شاخص‌های مختلف پوشش گیاهی مشتق شده از بازتاب طول موج‌های مختلف تصاویر ماهواره‌ای (به طور عموم، ترکیبی از باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک)، به منظور تخمین خصوصیات بیوفیزیکی پوشش گیاهی مانند شاخص سطح برگ (LAI)، بیومس، رشد گیاه و درصد پوشش ارائه شده، که هر کدام بسته به شرایط منطقه‌ی مورد مطالعه، نتایج خوبی نشان داده‌اند (Rondeaux et al., 1996; Qi et al., 1994; Huete et al., 1997; Rouse, 1974).

از دیگر روش‌هایی دیگر که به منظور محاسبه درصد پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به کار می‌رود تجزیه پیکسل‌های آمیخته است (Congh, 2005). محدودیت این روش در مناطق خشک این است که نیاز به انتخاب پیکسل‌های خالص<sup>۱</sup> دارد. در این مناطق به دلیل تراکم کم پوشش گیاهی امکان انتخاب این نوع پیکسل برای تخمین درصد پوشش گیاهی وجود ندارد.

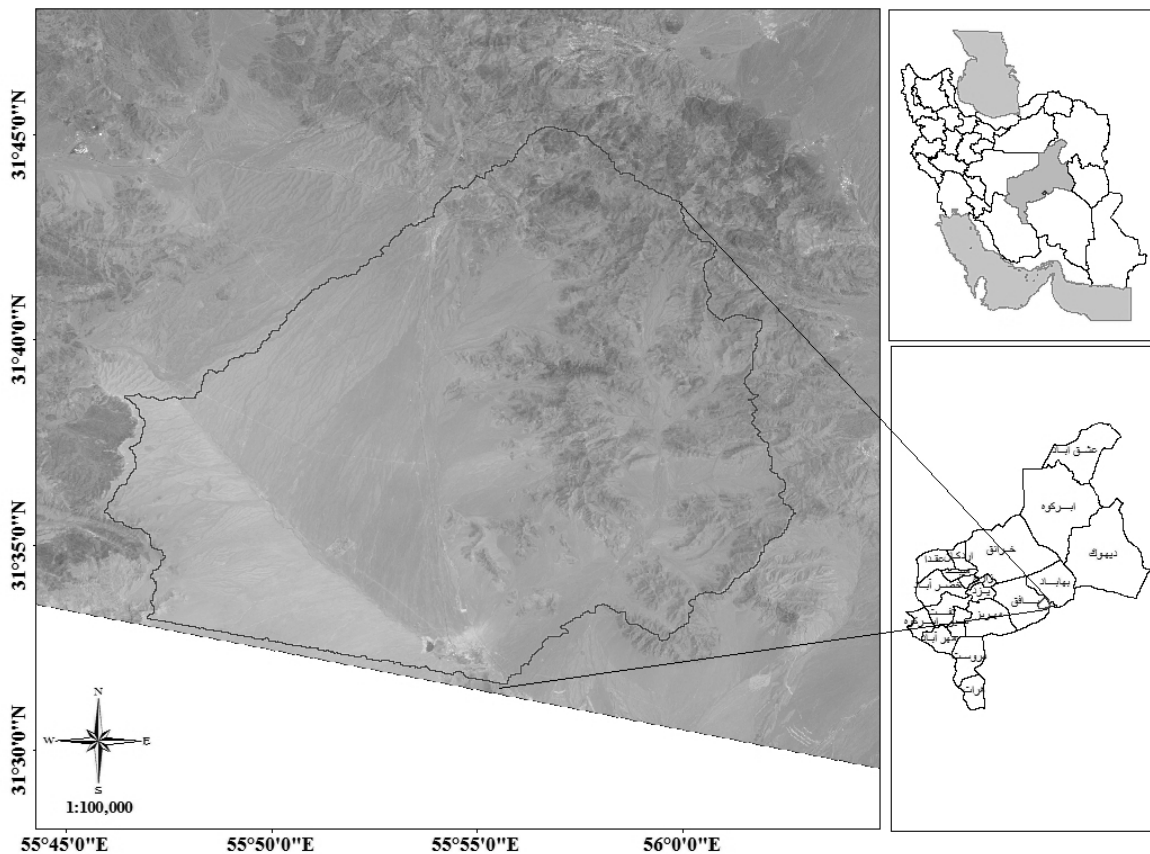
استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و تصاویر ماهواره‌ای یکی دیگر از روش‌های محاسبه درصد پوشش گیاهی است. (Carpenter et al., 1999) به منظور تهیه نقشه پوشش گیاهی از شبکه عصبی مصنوعی استفاده نمود. (Ebrahimi, 2010) با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی نشان داد که این روش توانایی تخمین درصد پوشش گیاهی را با دقت مناسبی دارد ( $R^2 > 0.74$  و  $RMSE < 0.02$ ).

هدف از این تحقیق، تخمین درصد پوشش گیاهی با استفاده از شاخص‌های مختلف پوشش گیاهی محاسبه شده از تصویر ماهواره‌ای ALOS (AVNIR)، و انتخاب مناسب‌ترین شاخص برای منطقه‌ی مورد مطالعه است. تصویر ALOS مورد استفاده، دارای چهار باند طیفی در محدوده‌ی طیفی آبی، سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک و با توان تفکیک مکانی ۱۰ متر بوده که در مطالعات مربوط به پوشش گیاهی و منابع طبیعی کاربرد زیادی دارد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه (حوزه شیپور) بین عرض ۲۵° ۳۱' ۳۱" و ۱۵° ۴۵' ۳۱" شمالی و طول ۴۶° ۴۵' ۵۵" و ۲۲° ۰۳' ۵۶" شرقی واقع شده است. این منطقه در بخش جنوبی شهرستان بافق در استان یزد در فاصله حدود ۲۵ کیلومتری شهر بافق از سمت شرق، حد فاصل مرز استان یزد و کرمان قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت محدوده‌ی مورد مطالعه.

### روش تحقیق

#### روش نمونه برداری

به‌منظور تعیین درصد پوشش گیاهی به روش میدانی، ابتدا ۷۰ نقطه به طور تصادفی با توجه به کم‌ترین و بیش‌ترین طول و عرض جغرافیایی منطقه مورد مطالعه انتخاب و سپس موقعیت ۵۲ نقطه از بین این نقاط با استفاده از دستگاه GPS اندازه‌گیری شد (شکل ۲). با توجه به قدرت تفکیک تصویر مورد استفاده (۱۰ متر) و به‌منظور حذف خطای ناشی از دقت GPS، ابعاد پلات‌های برداشت میدانی با ضریب ۵ برابر اندازه‌ی پیکسل و به ابعاد ۵۰ متر در ۵۰ متر انتخاب گردید، سپس مختصات نقاط تصادفی تعیین شده، به عنوان مختصات مرکز پلات در نظر گرفته شد و درصد پوشش گیاهی در پلات اندازه‌گیری گردید.

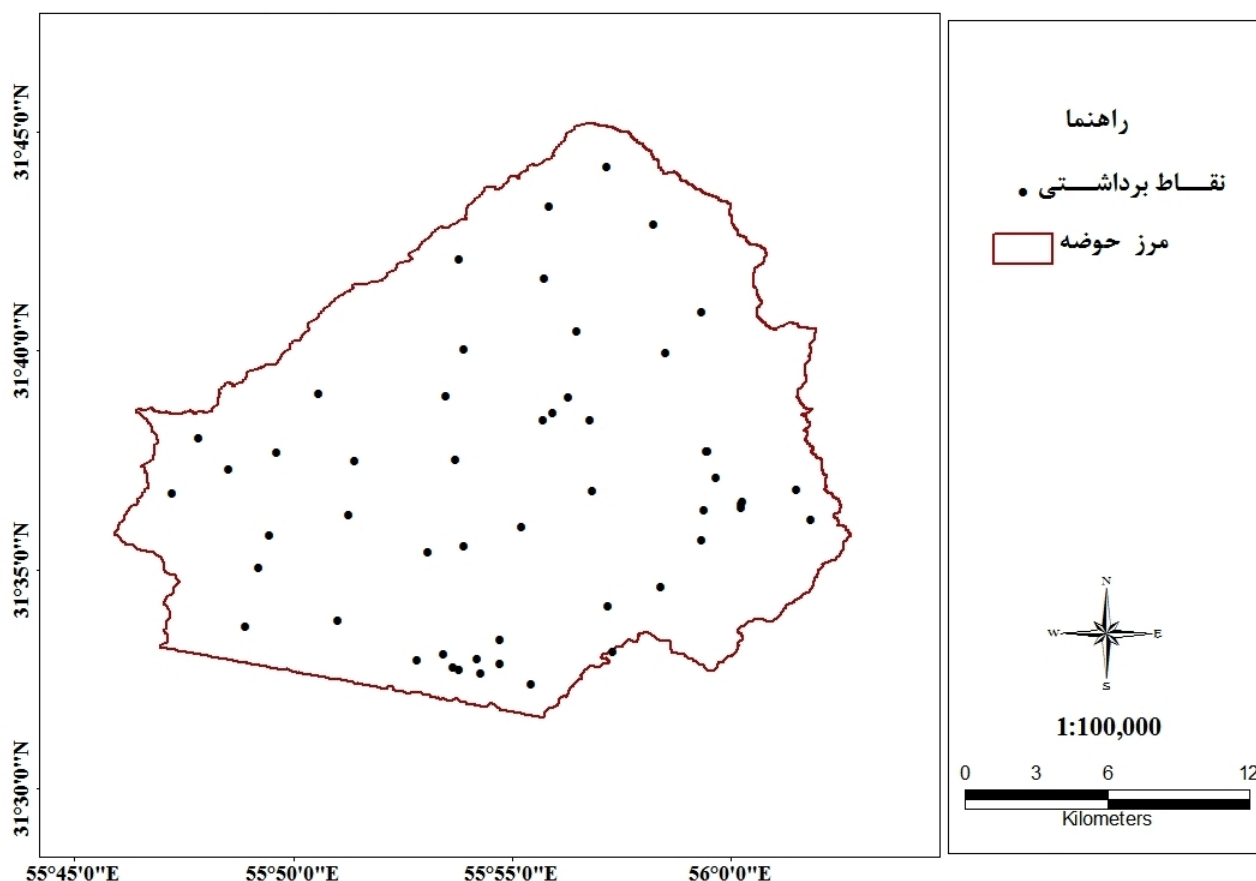
مساحت این حوزه ۴۱۶ کیلومترمربع است. بلندترین نقطه آن ۲۹۸۹ متر و پست‌ترین بخش آن ۱۸۴۴ متر از سطح دریا ارتفاع دارد.

میانگین بارندگی محدوده‌ی مورد مطالعه ۱۷۱ میلیمتر، میانگین دمای سالانه  $14/1^{\circ}\text{C}$  و اقلیم منطقه به روش دومارتن اصلاح شده از نوع خشک سرد است.

پوشش گیاهی حوزه از چهار تیپ اصلی گیاهی شامل درمنه‌زار دشتی، درمنه‌زار کوهی، هزار خار دشتی و گون تشکیل شده است.

#### داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق، از تصویر سنجنده AVNIR2 ماهواره ALOS به تاریخ ۲۷ تیر ۱۳۸۸، نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ جهت زمین مرجع کردن تصاویر و همچنین درصد پوشش گیاهی اندازه‌گیری شده در مطالعات میدانی تیر ماه ۱۳۸۸ (نتایج) به منظور ارزیابی (نتایج) حاصل از شاخص‌های گیاهی استفاده شده است.



شکل ۲. پراکنش نقاط زمینی برداشت شده.

### پیش پردازش تصاویر

با توجه به هدف تحقیق که محاسبه درصد پوشش گیاهی با استفاده از میزان بازتاب<sup>۱</sup> است، بنابراین عدد رقومی ثبت شده توسط سنجنده، ابتدا به رادیانس<sup>۲</sup> تبدیل شد. به منظور محاسبه رادیانس برای تصاویر سنجنده AVNIR از رابطه زیر استفاده می شود:

$$L_i = \text{Gain} * \text{DN}_i \quad i = \quad (1)$$

که رادیانس در باند  $G$ ،  $i$  عدد ثابتی است که مقدار آن برای هر باند تعریف شده است و  $L_i$  عدد رقومی ثبت شده توسط سنجنده است.

به منظور محاسبه درصد پوشش گیاهی در هر پلات ۵۰×۵۰ متر، از زیر پلات های یک متر مربعی استفاده شد. به این شیوه که با ایستادن در مرکز پلات، به طور تصادفی و با پرتاب سنگ موقعیت زیر پلات یک متر مربعی در محیط پلات ۵۰×۵۰ متر انتخاب و محل برخورد سنگ به زمین، محل قرار گرفتن گوشه پایین پلات در نظر گرفته شد و درصد پوشش گیاهی برای این زیر پلات با توجه به مساحت پوشیده شده توسط گیاه تعیین شد. در هر پلات ۵۰×۵۰ متر با توجه به میزان همگنی، تعداد ۶ زیر پلات یک متر مربعی برداشت شد. در آخر، میانگین زیر پلات های برداشتی یک مترمربعی، به عنوان متوسط درصد پوشش گیاهی در پلات ۵۰×۵۰ متر در نظر گرفته شد (جدول ۱). لازم به ذکر است که تعداد ۶ پلات ۵۰×۵۰ متر نیز از خاک های لخت موجود در منطقه به منظور محاسبه متغیرهای خط خاک برداشت شد.

1- Reflectance

2 - Radiance

جدول ۱. داده‌های پلات‌های برداشت زمین

پلات	میانگین	انحراف معیار	پلات	میانگین	انحراف معیار	پلات	میانگین	انحراف معیار
۱	۳۰/۸۳	۵/۸۵	۱۹	۱۷/۵	۶/۸۹	۳۷	۲۳/۳۳	۵/۱۶
۲	۲۴/۱۷	۷/۳۶	۲۰	۱۸/۳۳	۶/۰۶	۳۸	۳۳/۳۳	۵/۱۶
۳	۲۰/۸۳	۵/۸۵	۲۱	۲۳/۳۳	۸/۱۶	۳۹	۳۷/۵۰	۶/۱۲
۴	۲۲/۵۰	۵/۲۴	۲۲	۲۲/۵۰	۶/۸۹	۴۰	۲۸/۳۳	۶/۰۶
۵	۲۵	۴/۴۷	۲۳	۲۴/۱۷	۵/۸۵	۴۱	۲۲/۵	۶/۸۹
۶	۳۰	۷/۰۷	۲۴	۳۳/۳۳	۵/۱۶	۴۲	۲۹/۱۷	۷/۳۶
۷	۲۵/۸۳	۳/۷۶	۲۵	۲۱/۶۷	۶/۰۶	۴۳	۲۲/۵	۵/۲۴
۸	۲۸/۳۳	۱۰/۳۳	۲۶	۲۱/۵۶	۵/۱۶	۴۴	۲۵/۸۳	۸/۶۱
۹	۲۰	۵/۴۸	۲۷	۲۶/۶۷	۸/۱۶	۴۵	۲۲/۵	۵/۲۴
۱۰	۲۶/۶۷	۸/۷۶	۲۸	۲۴/۱۷	۵/۸۵	۴۶	۲۹/۱۷	۷/۳۶
۱۱	۳۰	۷/۰۷	۲۹	۲۷/۵۰	۸/۲۲	۴۷	۳۰/۸۳	۳/۷۶
۱۲	۲۳/۳۳	۶/۰۶	۳۰	۳۴/۱۷	۵/۸۵	۴۸	۲۴/۱۷	۶/۶۵
۱۳	۲۶/۶۷	۹/۳۱	۳۱	۲۱/۶۷	۹/۳۱	۴۹	۱۹/۱۷	۳/۷۶
۱۴	۲۵/۸۳	۶۵۰۶	۳۲	۲۱/۶۷	۶/۰۶	۵۰	۱۶/۶۷	۵/۱۶
۱۵	۲۶/۶۷	۵/۱۶	۳۳	۲۲/۵۰	۵/۲۴	۵۱	۳۱/۶۷	۶/۰۶
۱۶	۲۳/۳۳	۵/۱۶	۳۴	۳۰/۸۳	۵/۸۵	۵۲	۴۲/۵۰	۵/۲۲
۱۷	۲۷/۵۰	۵/۲۴	۳۵	۲۵/۸۳	۳/۷۶			
۱۸	۱۸/۳۳	۶/۰۶	۳۶	۲۱/۶۷	۸/۱۶			

میانگین ۶ زیر پلات بیان‌گر درصد پوشش در هر پلات می‌باشد.

به منظور تصحیح هندسی تصاویر، تعداد ۱۷ نقطه به صورت پراکنده در تمام تصویر (۹۴۲ کیلومتر مربع) و از روی نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ انتخاب شد، سپس با استفاده از معادلات پلی‌نومیال درجه دو با دقت ۰/۶۵ پیکسل و روش نمونه‌برداری نزدیک‌ترین همسایه، بازنویسی<sup>۲</sup> شد. با توجه به این‌که ابعاد پلات‌های برداشتی ۵۰ متر و قدرت تفکیک مکانی تصاویر مورد استفاده ۱۰ متر است، بنابراین در آخر به منظور مقایسه برداشت‌های میدانی و شاخص‌های مشتق شده از بازتاب باندهای مختلف، فیلتر میانگین ۵ در ۵ بر روی تصویر اعمال گردید.

### محاسبه شاخص‌های پوشش گیاهی

در این تحقیق از شاخص‌های گیاهی قابل محاسبه با توجه به قدرت تفکیک طیفی تصاویر ALOS، استفاده شد (جدول ۳).

جهت دستیابی به بازتاب واقعی زمینی و همچنین تصحیح اتمسفری تصاویر، از الگوریتم FLAASH<sup>۱</sup> در نرم-افزار ENVI 4.7 استفاده شد. متغیرهای مورد نیاز تصحیح تصاویر و مقادیر تنظیم شده در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲. متغیرهای مورد استفاده جهت تصحیح اتمسفری تصویر

مقدار تنظیم شده	متغیر
۲	متوسط ارتفاع زمینی (کیلومتر)
روستایی	مدل آئروسول
خیر	بازیابی آئروسول و آب
۳۱/۸۱	عرض جغرافیایی مرکز تصویر (درجه اعشاری)
۵۶/۱۰	طول جغرافیایی مرکز تصویر (درجه اعشاری)
۶۹۲	ارتفاع ماهواره (کیلومتر)
تابستان عرض‌های میانی	مدل اتمسفری

1- Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes

جدول ۳. شاخص های پوشش گیاهی مورد استفاده در تحقیق

شاخص	مخفف	رابطه	منبع
Atmospherically Resistant Vegetation Index	ARVI	$ARVI = \frac{R_{NIR} - R_{RB}}{R_{NIR} + R_{RB}}$ $R_{RB} = R_{RED} - \lambda(R_B - R_{RED})$	Kaufman & Tanre, 1992
Difference Vegetation Index	DVI	$DVI = R_{NIR} - R_{RED}$	Tucker, 1979
Global Environment Monitoring Index	GEMI	$GEMI = \frac{\mu(1-0.25\mu) - (R_{RED} - 0.125)}{1 - R_{RED}}$ $\mu = \frac{(R_{NIR}^2 - R_{RED}^2) + 1.5R_{NIR} + 0.5R_{RED}}{R_{NIR} + R_{RED} + 0.5}$	Pinty & Verstraete, 1992
Infrared Percentage Vegetation Index	IPVI	$IPVI = \frac{R_{NIR}}{R_{RED} + R_{NIR}}$	Crippen, 1990
Modified Soil Adjusted Vegetation Index2	MSAVI2	$MSAVI2 = \frac{2R_{NIR} + 1 - \sqrt{(2R_{NIR} + 1)^2 - 8(R_{NIR} - R_{RED})}}{2}$	Qi, et al., 1994
Modified Soil Adjusted Vegetation Index1	MSAVI1	$MSAVI = \frac{R_{NIR} - R_{RED}(1+L)}{R_{NIR} + R_{RED} + L}$ $L = 1 - 2 \alpha NDVI * WdVI$	Qi, et al., 1994
Normalized Difference Vegetation Index	NDVI	$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{RED}}{R_{NIR} + R_{RED}}$	Rouse, et al., 1974
Perpendicular Vegetation Index	PVI	$PVI = \frac{R_{NIR} - \alpha R_{RED} - \beta}{\sqrt{1 + \alpha^2}}$	Richardson & Wieg&, 1977
Soil Adjusted Vegetation Index	SAVI	$SAVI = \frac{R_{NIR} - R_{RED}(1+L)}{R_{NIR} + R_{RED} + L}$	Huete, 1988
Soil & Atmospherically Resistant Vegetation Index	SARVI	$SARVI = \frac{R_{NIR} - R_{RB}(1+L)}{R_{NIR} + R_{RB} + L}$ $R_{RB} = R_{RED} - \lambda(R_B - R_{RED})$	Kaufman & Tanre, 1992
Soil & Atmospherically Resistant Vegetation Index2	SARVI2(EVI)	$SARVI2 = \frac{2.5(R_{NIR} - R_{RED})}{1 + R_{NIR} + 6R_{RED} - 7.5/R_B}$	Huete, et al., 1997
Ratio Vegetation Index	SR(RVI)	$SR = \frac{R_{NIR}}{R_{RED}}$	Jordan, 1969
Transformed Soil Adjusted Vegetation Index	TSAVI	$TSAVI = \frac{\alpha(R_{NIR} - \alpha R_{RED} - \beta)}{\alpha R_{NIR} + R_{RED} + \alpha\beta + 0.08(1 + \alpha^2)}$	Baret & Guyot, 1991
Weighted Difference Vegetation Index	WDVI	$WDVI = R_{NIR} - \alpha R_{RED}$	Clevers, 1989
Soil Adjusted Vegetation Index2	SAVI2	$SAVI2 = \frac{R_{NIR}}{R_{RED} + \frac{\beta}{\alpha}}$	Major, et al., 1990
Optimized Soil Adjusted Vegetation Index	OSAVI	$OSAVI = 1.16 \frac{R_{NIR} - R_{RED}}{R_{NIR} + R_{RED} + 0.16}$	Rondeaux, et al., 1996
Modified Simple Ratio	MSR	$SR = \frac{SR - 1}{\sqrt{SR} + 1}$	Chen, 1996

$R_{RED}$ : بازتاب در ناحیه قرمز،  $R_{NIR}$ : بازتاب در ناحیه مادون قرمز نزدیک،  $R_B$ : بازتاب در ناحیه ی آبی  $\alpha$ : شیب خط خاک و  $\beta$ : عرض از مبدا خط خاک

## خط خاک

خط خاک<sup>۱</sup> خط فرضی رگرسیونی در فضای طیفی بازتاب خاک در باند مادون قرمز نزدیک و باند قرمز است (Richardson & Wieg, 1977). به منظور محاسبه برخی از شاخص‌های پوشش گیاهی مانند SAVI، MSAVI و TSAVI بدست آوردن معادله خط خاک و ضرایب آن ضروری است.

به منظور محاسبه خط خاک در یک منطقه، نخست می‌بایست پیکسل‌هایی که دارای خاک لخت بوده و هیچ پوشش گیاهی ندارند در سطح منطقه جدا شوند. در مرحله بعد ارزش پیکسل‌های جدا شده در باند قرمز و مادون قرمز نزدیک استخراج و معادله رگرسیونی بین ارزش پیکسل‌ها در این دو باند محاسبه می‌شود. ضرایب معادله رگرسیون بیان‌کننده ضرایب خط خاک و شیب خط ترسیمی، شیب خط خاک است.

در این تحقیق، به منظور محاسبه معادله خط خاک، ابتدا تعداد ۷۵۶ پیکسل خالص خاک با استفاده از موقعیت پلات‌های خاک برداشت شده استخراج و با ترسیم مقادیر بازتاب این پیکسل‌ها در محدوده‌ی قرمز و مادون قرمز نزدیک، ضرایب خط خاک محاسبه شد.

## محاسبه‌ی درصد پوشش گیاهی با استفاده از شاخص‌های گیاهی

پس از پیش‌پردازش تصاویر و استخراج بازتاب نقاط متناظر با پلات‌های برداشتی، شاخص‌های پوشش گیاهی در محیط نرم‌افزار MATLAB محاسبه گردید. سپس به منظور معیار نمودن مقادیر شاخص‌های مورد استفاده از رابطه‌ی ۲ استفاده گردید:

(۲)

$$F_V = 1 - \left( \frac{VI - VI_{\text{Max}}}{VI_{\text{Min}} - VI_{\text{Max}}} \right)$$

که در آن:

VI شاخص پوشش گیاهی و K عددی ثابت در بازه‌ی ۰/۵ تا ۵ با گام‌های ۰/۰۱ بوده که میزان RMSE را کاهش می‌دهد (Baret et al., 1995).

در این مرحله، عدد ۰/۵ برای ضریب K در نظر گرفته شد. در مراحل بعدی این ضریب با گام‌های ۰/۰۱ تا

رسیدن به عدد ۵ تغییر داده شد تا ضریب بهینه انتخاب گردد.

## اعتبارسنجی

به منظور اعتبارسنجی شاخص‌های محاسبه شده، ابتدا ۳۰ داده به عنوان داده‌ی آموزشی و ۲۲ داده به عنوان داده‌ی تست انتخاب گردید. در این مرحله ضرایب رگرسیون،  $R^2$  و RMSE<sup>۲</sup> بین داده‌های برداشت شده‌ی زمینی و مقادیر هر شاخص تعیین گردید. سپس براساس ضرایب رگرسیون داده‌های آموزشی، درصد پوشش گیاهی در نقاط نمونه‌برداری (آموزشی و تست) محاسبه گردید. در آخر ضریب  $R^2$  بین مقادیر واقعی و مقادیر تخمین زده شده با استفاده از شاخص‌های گیاهی و همچنین میزان RMSE برای داده‌های آموزشی و تست محاسبه گردید.

به منظور بررسی تأثیر تصادفی بودن انتخاب نقاط آموزشی و تست، تعداد ۳۵ نقطه به عنوان نقطه‌ی آموزشی و ۱۷ نقطه به عنوان نقاط تست در نظر گرفته شد و ضرایب رگرسیون خطی،  $R^2$  و RMSE برای داده‌های آموزشی و تست محاسبه گردید.

به منظور اطمینان از عدم تأثیر انتخاب تصادفی داده‌های آموزشی و تست، از روش ارزیابی تقاطعی<sup>۳</sup> به منظور تخمین درصد پوشش گیاهی با استفاده از شاخص‌های گیاهی نیز استفاده شد. اساس این روش به این صورت است که در هر مرحله بر اساس  $n-1$  عدد داده‌ی برداشت شده و مقادیر متناظر آن به ازای هر شاخص، یک معادله‌ی رگرسیونی محاسبه می‌شود. بر اساس معادله‌ی به دست آمده، مقدار درصد پوشش گیاهی برای یک نقطه‌ای که وارد مدل نشده است، محاسبه می‌گردد. این عمل به اندازه‌ی n بار تکرار می‌شود تا مقادیر تخمینی به ازای هر شاخص، برای هر نقطه محاسبه گردد. در آخر، براساس مقادیر واقعی و مقادیر تخمین زده شده، میزان  $R^2$  و RMSE برای هر شاخص محاسبه می‌شود (Geladi & Kowalski, 1986). با توجه به این که در این روش، مدل هر بار با  $n-1$  داده ارزیابی می‌شود، میزان خطا نسبت به روش انتخاب تصادفی نمونه‌ها کمتر است.

2- Root Mean Square Error

3- Cross Validation

1- Soil line

جدول ۴. مقادیر ضریب همبستگی  $R^2$  و RMSE بین مقادیر مشاهداتی زمینی و مقادیر تخمین زده شده (۳۰ داده‌ی آموزشی و ۲۲ داده‌ی تست)

آموزشی		تست		شاخص
RMSE	$R^2$	RMSE	$R^2$	
۲/۸۸	۰/۷۹	۳/۰۵	۰/۴۵	<b>MSAVI1</b>
۳/۰۲	۰/۷۹	۳/۰۶	۰/۴۵	<b>WDVI</b>
۳/۰۲	۰/۷۹	۳/۰۶	۰/۴۵	<b>PVI</b>
۲/۸۶	۰/۷۸	۳/۰۵	۰/۴۵	<b>TSAVI</b>
۲/۹۱	۰/۷۷	۳/۰۵	۰/۴۵	<b>NDVI</b>
۲/۹۱	۰/۷۷	۳/۰۵	۰/۴۵	<b>IPVI</b>
۳/۶۲	۰/۷۶	۲/۹۸	۰/۴۷	<b>MSAVI2</b>
۳/۱۸	۰/۷۶	۳/۰۲	۰/۴۶	<b>ARVI</b>
۳/۱۱	۰/۷۴	۳/۲۰	۰/۳۹	<b>SARVI</b>
۳/۲۶	۰/۷۴	۳/۰۷	۰/۴۴	<b>MSR</b>
۳/۳۷	۰/۷۱	۳/۳۸	۰/۳۲	<b>SAVI(L=0.1)</b>
۳/۶۵	۰/۷۱	۳/۰۷	۰/۴۴	<b>SAVI2</b>
۳/۶۵	۰/۷۱	۳/۰۷	۰/۴۴	<b>SR</b>
۳/۷۴	۰/۶۸	۳/۵۳	۰/۲۶	<b>OSAVI</b>
۴/۷۳	۰/۵۵	۳/۳۱	۰/۳۵	<b>EVI</b>
۵/۷۶	۰/۲۲	۳/۸۰	۰/۱۴	<b>GEMI</b>
۶/۳۱	۰	۴/۰۳	۰/۰۴	<b>DVI</b>

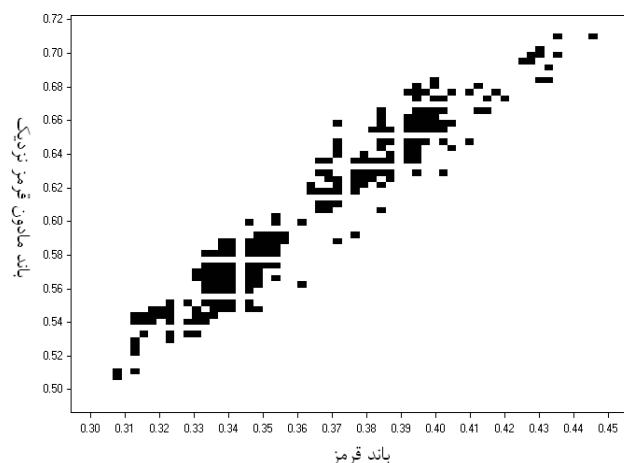
استفاده از شاخص‌های PVI، WDVI و TSAVI نیز به ترتیب دقت‌هایی مشابه شاخص MSAVI1 را نشان می‌دهد. آزمون t نیز نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین مقادیر تخمین زده شده توسط این شاخص‌ها وجود ندارد ( $P\text{-value} > 0.05$ ). از آنجا که منطقه‌ی مورد مطالعه جزء مناطق خشک بوده و بازتاب خاک زمینه، تأثیر زیادی در مقدار ثبت شده توسط سنجنده دارد بنابراین، این شاخص‌ها نسبت به سایر شاخص‌ها از دقت بیشتری هم در داده‌های تست و هم در داده‌های آموزشی برخوردار هستند.

سایر شاخص‌هایی که بازتاب خاک زمینه را در نظر می‌گیرند (مانند MSAVI2، SARVI و OSAVI) درصد پوشش گیاهی را با دقت تا حدودی پایین‌تر برآورد نموده‌اند. دلیل این امر این است که هرچند این شاخص‌ها بازتاب خط خاک را در نظر می‌گیرند، ولی در محاسبه‌ی آن‌ها از ضرایب ثابت تجربی استفاده می‌شود و نه ضرایب

در پایان، با توجه به نتایج مراحل قبل، با استفاده از مناسب‌ترین شاخص تخمین، درصد پوشش گیاهی تعیین شد. به منظور تعیین مناسب‌ترین عدد برای ضریب K، این ضریب از صفر تا ۵ و با گام‌های ۰/۰۰۱ تغییر داده شد. به عبارتی دیگر، این ضریب ۵۰۰۰ بار تغییر یافت و درصد پوشش گیاهی در نقاط نمونه‌برداری محاسبه گردید. سپس، ضریب  $R^2$  و همچنین میزان RMSE به روش تقاطعی محاسبه و در نهایت ضریب بهینه انتخاب گردید.

### نتایج

در این تحقیق، با استفاده از ۷۵۶ پیکسل خالص خاک و با استفاده از فضای ویژگی باند قرمز و مادون قرمز نزدیک، صفر به عنوان عرض از مبدأ خط خاک و ۱/۸ به عنوان شیب خط خاک در معادله خط خاک تعیین گردید (رابطه ۳ و شکل ۳).



شکل ۳. موقعیت پیکسل‌های خاک در فضای ویژگی قرمز و مادون قرمز نزدیک.

$$R_{NIR} = 1.8R_{RED} \quad (۳)$$

با توجه به رابطه ۳، عرض از مبدأ خط خاک در این تحقیق صفر است.

جدول ۴ نتایج بررسی رابطه‌ی بین داده‌های مشاهداتی و مقادیر شاخص‌های مختلف پوشش گیاهی با ۳۰ داده‌ی آموزشی و ۲۲ داده‌ی تست را نشان می‌دهد.

بر اساس داده‌های جدول ۴، شاخص‌های MSAVI1، PVI، WDVI و TSAVI، به ترتیب دارای بالاترین میزان  $R^2$  و کمترین میزان RMSE در داده‌های آموزشی است.



تأثیر انتخاب تصادفی نمونه‌ها است. در این حالت  $R^2$  در داده‌های آموزشی بیشتر و در داده‌های تست کم‌تر از حالت اول ( $30$  داده‌ی آموزشی و  $22$  داده‌ی تست) است. این امر نشان دهنده‌ی این است که تغییر تعداد نمونه‌ها در محاسبه‌ی ضریب رگرسیون تأثیرگذار بوده و باعث شده تا خط مناسب‌تری بین داده‌ها برآزش داده شود. افزایش ضریب  $R^2$  در داده‌های تست نیز تأیید کننده این موضوع است. نکته‌ی قابل توجه این است که هر چند تغییر تعداد نمونه‌ها بر ضریب  $R^2$  تأثیر گذاشته است، ولی نتایج مشابه حالت اول به دست آمده است. به عبارتی چهار شاخص  $MSAVI1$ ،  $PVI$ ،  $WDVI$  و  $TSAVI$  که ضرایب خط خاک را در نظر می‌گیرند دارای بالاترین دقت (کمترین  $RMSE$  و  $R^2$  نسبتاً خوب) هستند. مقادیر  $RMSE$  این شاخص‌ها نیز تفاوت قابل ملاحظه‌ای ندارند. آزمون  $t$  نیز نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین مقادیر تخمین زده شده توسط این شاخص‌ها وجود ندارد ( $P-Value > 0.05$ ). به‌منظور حذف خطای احتمالی ناشی از تأثیر انتخاب تصادفی داده‌های تست و آموزشی، از روش ارزیابی تقاطعی نیز استفاده شد (جدول ۶).

جدول ۶. ضرایب همبستگی ( $R^2$ ) و ( $RMSE$ ) بین مقادیر مشاهداتی زمینی و مقادیر تخمین زده شده به روش ارزیابی تقاطعی

$R^2$	$RMSE$	شاخص
۰/۶۴	۳/۰۴	<b>MSAVI1</b>
۰/۶۳	۳/۰۸	<b>PVI</b>
۰/۶۳	۳/۰۸	<b>WDVI</b>
۰/۶۳	۳/۱۱	<b>TSAVI</b>
۰/۶۰	۳/۲۴	<b>NDVI</b>
۰/۶۰	۳/۲۴	<b>IPVI</b>
۰/۵۹	۳/۲۵	<b>MSAVI2</b>
۰/۵۳	۳/۴۹	<b>SAVI(L=0.1)</b>
۰/۵۳	۳/۷۷	<b>ARVI</b>
۰/۵۲	۳/۷۴	<b>SAVI2</b>
۰/۵۲	۳/۷۴	<b>SR</b>
۰/۵۲	۳/۷۱	<b>SARVI</b>
۰/۴۹	۳/۹۹	<b>MSR</b>
۰/۴۸	۳/۶۵	<b>OSAVI</b>
۰/۳۹	۳/۹۷	<b>EVI</b>
۰/۲۰	۵/۳۷	<b>DVI</b>
۰/۱۰	۴/۸۴	<b>GEMI</b>

خط خاک. بنابراین ممکن است که ضرایب به‌کار گرفته شده ضرایب مناسبی نبوده و در نتیجه این شاخص‌ها نتوانسته‌اند به خوبی نشان‌دهنده‌ی درصد پوشش گیاهی باشند.

در محاسبه شاخص  $SAVI$ ، ضریب  $L$  به صورت متغیر بین صفر تا یک تغییر داده شد و تنها نتایج بالاترین دقت آن یعنی ( $L=0.1$ ) در جدول ۴ ارائه شده است. این شاخص نیز با شاخص‌هایی که در محاسبه آن‌ها ضریب ثابت استفاده می‌شود، دقت تا حدودی یکسان دارد.

با توجه به این که داده‌های آموزشی و تست به صورت تصادفی انتخاب شده‌اند، بنابراین به‌منظور بررسی تأثیر انتخاب تصادفی نمونه‌های آموزشی و تست، تعداد  $35$  داده آموزشی و  $17$  داده به‌عنوان داده‌ی تست انتخاب و محاسبات دوباره انجام گردید. جدول ۵ نتایج حاصل از بررسی رابطه‌ی بین داده‌های مشاهداتی و مقادیر شاخص‌های مختلف پوشش گیاهی در این حالت را نشان می‌دهد.

جدول ۵. ضرایب همبستگی ( $R^2$ ) و ( $RMSE$ ) بین مقادیر مشاهداتی زمینی و مقادیر تخمین زده شده ( $35$  داده‌ی آموزشی و  $17$  داده‌ی تست)

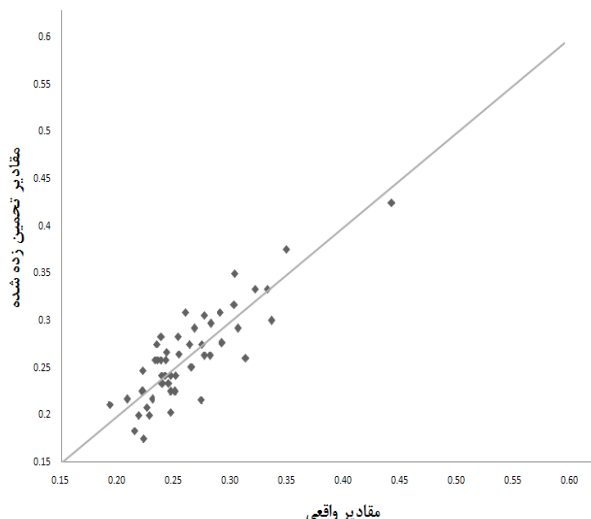
آموزشی		تست		شاخص
$RMSE$	$R^2$	$RMSE$	$R^2$	
۲/۹۵	۰/۸۷	۳/۱۳	۰/۴۰	<b>PVI</b>
۲/۷۰	۰/۸۶	۳/۱۳	۰/۴۰	<b>MSAVI1</b>
۲/۹۴	۰/۸۶	۳/۱۳	۰/۴۰	<b>WDVI</b>
۲/۷۰	۰/۸۴	۳/۱۳	۰/۴۰	<b>TSAVI</b>
۲/۸۱	۰/۸۲	۳/۱۳	۰/۴۰	<b>IPVI</b>
۲/۸۱	۰/۸۲	۳/۱۳	۰/۴۰	<b>NDVI</b>
۳/۹۴	۰/۷۹	۲/۸۹	۰/۴۹	<b>MSAVI2</b>
۳/۳۲	۰/۷۸	۳/۴۴	۰/۲۷	<b>SAVI(L=0.1)</b>
۳/۵۹	۰/۷۶	۳/۱۴	۰/۳۹	<b>SAVI2</b>
۳/۵۹	۰/۷۶	۳/۱۴	۰/۳۹	<b>SR</b>
۳/۸۲	۰/۷۶	۲/۹۹	۰/۴۵	<b>ARVI</b>
۳/۸۲	۰/۷۵	۳/۵۸	۰/۲۱	<b>OSAVI</b>
۳/۳۸	۰/۷۵	۳/۱۸	۰/۳۸	<b>SARVI</b>
۴/۰۱	۰/۷۴	۳/۱۴	۰/۳۹	<b>MSR</b>
۵/۲۱	۰/۵۷	۳/۲۱	۰/۳۷	<b>EVI</b>
۶/۳۹	۰/۲۱	۳/۶۶	۰/۱۸	<b>GEMI</b>
۷/۰۷	۰/۰۱	۳/۹۱	۰/۰۶	<b>DVI</b>

بر اساس جدول ۵، تغییر تعداد نمونه‌های آموزشی و تست بر روی  $R^2$  تأثیر داشته و این امر نشان دهنده‌ی

که در آن:

Fv بیانگر میزان درصد پوشش گیاهی و MSAVI1 نیز مقدار محاسبه شده این شاخص است.

شکل ۵ نیز نشان دهنده ارتباط بین داده‌های واقعی و داده‌های تخمینی با استفاده از شاخص MSAVI1 است ( $R^2=0.64$ ,  $RMSE=3.02$ ).



شکل ۵. نمودار مقادیر واقعی درصد پوشش گیاهی در مقابل مقادیر تخمین زده شده با استفاده از شاخص MSAVI1.

نکته‌ی قابل توجه در شکل ۴ وجود یک داده برداشت شده با تفاوت قابل ملاحظه‌ای با مقادیر سایر شاخص‌ها است. با توجه به مشاهدات میدانی، این داده را نمی‌توان جزء خطای برداشت و داده‌ی پرت محسوب کرد. زیرا این داده در محدوده‌ی اطراف سد خاکی موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه بوده و به علت در دسترس بودن آب، از درصد پوشش گیاهی بالای ۴۰٪ برخوردار است.

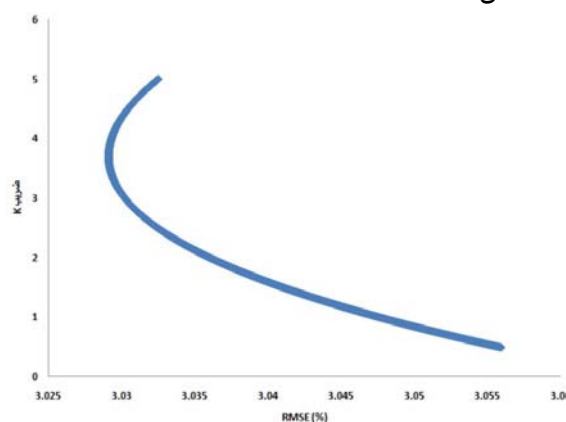
#### نقشه‌ی درصد پوشش گیاهی

با توجه به نتایج محاسبه‌ی درصد پوشش گیاهی، شاخص MSAVI1 با ضریب K برابر ۳/۷۰۱ با بهترین دقت می‌تواند درصد پوشش گیاهی را تخمین بزند. بر همین اساس، در این تحقیق، به منظور محاسبه‌ی درصد پوشش گیاهی از این شاخص استفاده گردید (شکل ۶).

هرچند نتایج حاصل از روش تقاطعی نیز نشان دهنده‌ی تغییر در ضریب  $R^2$  است، ولی تأیید کننده این امر است که شاخص‌هایی مانند MSAVI1، PVI، WDVI و TSAVI که ضرایب خط خاک را در نظر می‌گیرند، در مقایسه با دیگر شاخص‌های گیاهی، با دقت بیشتری می‌توانند درصد پوشش گیاهی را برآورد نمایند.

#### تعیین ضریب بهینه ی K

با توجه به نتایج، شاخص‌هایی که ضرایب خط خاک را در نظر می‌گیرند، نسبت به سایر شاخص‌ها بهتر می‌توانند بیانگر درصد پوشش گیاهی باشند. همچنین با توجه به نتایج مربوط به آزمون t، تفاوت معنی‌داری بین مقادیر تخمین زده شده توسط این شاخص‌ها وجود ندارد ( $P > 0.05$ ). از این میان، شاخص MSAVI1 از دقت بیشتری نسبت به شاخص‌های PVI، WDVI و TSAVI برخوردار و به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص انتخاب گردید. سپس ضریب K بین ۰/۵ تا ۵ با گام‌های ۰/۰۰۱ تغییر داده شد و مقدار RMSE به ازای هر ضریب محاسبه گردید (شکل ۴).

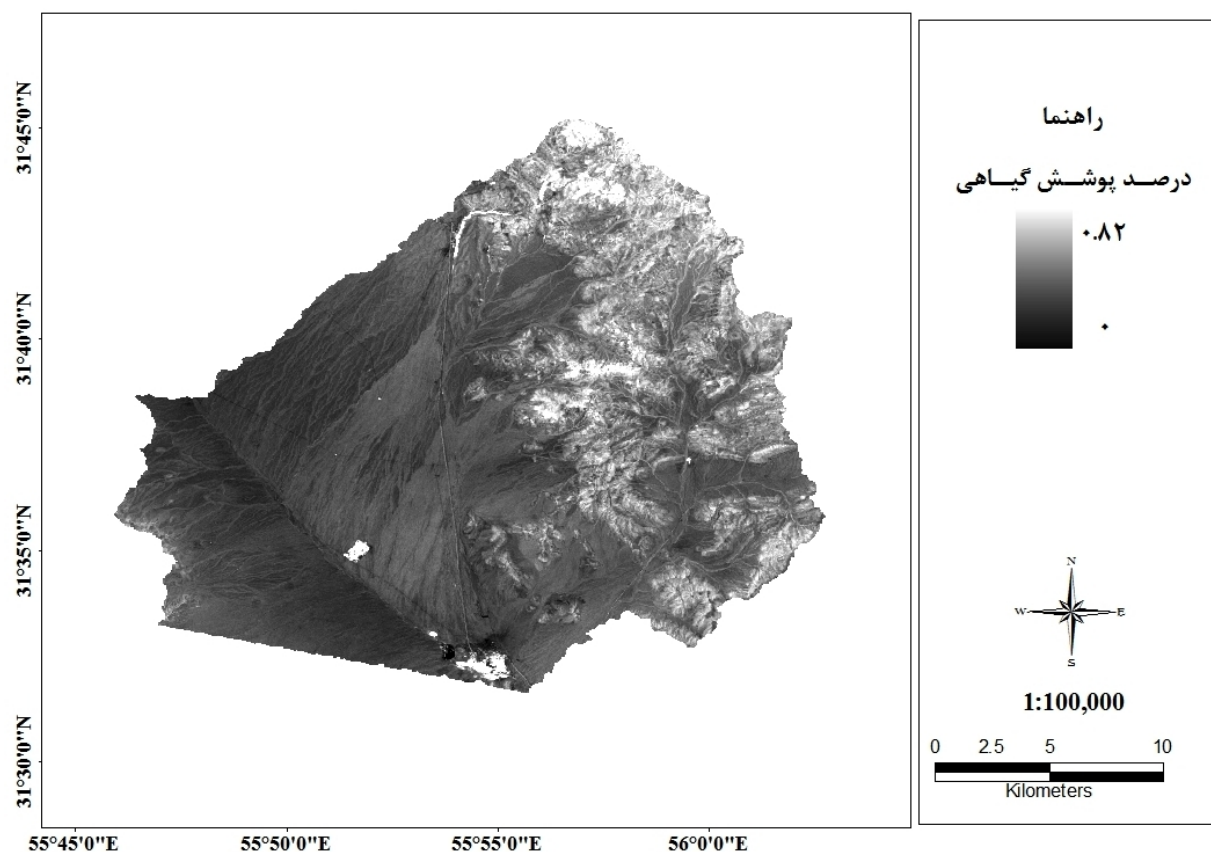


شکل ۴. چگونگی تغییر میزان RMSE همراه با تغییر ضریب K.

نتایج حاصل از تغییر ضریب K نشان دهنده‌ی کاهش RMSE با افزایش ضریب K تا مرز ۳/۷۰۱ بوده و پس از آن میزان RMSE افزایش می‌یابد. بنابراین ضریب ۳/۷۰۱ به‌عنوان توان مناسب انتخاب گردید.

رابطه ۴ بیانگر رابطه رگرسیونی بین شاخص MSAVI1 و درصد پوشش گیاهی است.

$$Fv = 0.973 MSAVI1 + 00.06 \quad (4)$$



شکل ۶. نقشه درصد پوشش گیاهی با استفاده از محاسبه شاخص MS-AVI.

### بحث و نتیجه‌گیری

دیگری که توسط Groeneveld & Baugh (2006) در ایالت کلرادوی آمریکا که جزء مناطق خشک به شمار می‌رود، انجام شد، دقت شاخص NDVI نسبت به سایر شاخص‌های خط خاک در تخمین درصد پوشش گیاهی بیشتر برآورد شد. در این تحقیق، نتایج نشان می‌دهد که این شاخص، از دقت کم‌تری نسبت به شاخص‌هایی که ضرایب خط خاک را در نظر می‌گیرند، و از دقت بیش‌تری نسبت به سایر شاخص‌های خط خاک برخوردار است. دلیل این امر ممکن است، به خاطر اختصاص دادن ضرایب تجربی ثابت به شاخص‌های با ضرایب ثابت مورد استفاده در این تحقیق باشد که باعث کاهش دقت آن‌ها (حتی کم‌تر از شاخص NDVI) شده است.

نکته‌ی قابل توجه این است که شاخص SAVI2 نیز نیاز به ضرایب خط خاک دارد. از آن‌جا که عرض از مبدأ خط خاک با توجه به معادله خط خاک محاسبه شده در این تحقیق (رابطه ۳) برابر صفر است، بنابراین، با توجه به رابطه‌ی شاخص مذکور، این شاخص مانند شاخص SR عمل می‌کند و نتایجی مشابه آن را دارد. این در حالی

با توجه به این که منطقه‌ی مورد مطالعه جزء مناطق خشک محسوب می‌شود، بنابراین می‌توان انتظار داشت که شاخص‌هایی که بازتاب خاک را در نظر می‌گیرند، نسبت به سایر شاخص‌ها بتوانند درصد پوشش گیاهی را با دقت بیشتری تخمین بزنند. نتایج نشان داد تنها شاخص‌هایی که در محاسبه‌ی آن‌ها ضرایب خط خاک دخالت داده شده است، نتایج قابل قبولی ارائه داده‌اند. شاخص‌هایی که از ضرایب تجربی در محاسبات آن‌ها استفاده می‌شود، به دلیل این که ممکن است این ضرایب برای منطقه‌ی مورد مطالعه بهینه نباشد، نتایجی با دقت پایین‌تر از شاخص‌های دسته‌ی اول و حتی از برخی شاخص‌هایی که بازتاب خاک را در نظر نمی‌گیرند (NDVI) نشان دادند.

با توجه به مطالعات صورت گرفته به وسیله برخی از پژوهش‌گران، شاخص NDVI نمی‌تواند به خوبی بیانگر درصد پوشش گیاهی در مناطق خشک باشد (Ishyama et al., 1997) و شاخص‌هایی که بازتاب خاک را در نظر می‌گیرند، با دقت بیشتری می‌توانند درصد پوشش گیاهی را تخمین بزنند (Darvishzadeh et al., 2008). در تحقیق

نسبت به سایر مناطق است. از طرفی تیپ گیاهی غالب این مناطق، گون و بادام کوهی و ارس بوده که مقاومت بیشتری نسبت به شرایط کم آبی دارند. مناطق مرکزی و غربی حوضه، دارای پوشش کمتر از ۲۵٪ است. این مناطق در ارتفاع کمتر از ۲۰۰۰ متر واقع شده و نسبت به ارتفاعات از مقدار بارندگی کم تر و دمای بیش تری برخوردارند. تیپ غالب گیاهی این مناطق درمنه‌ی دشتی است.

کمترین میزان درصد پوشش گیاهی مربوط به مناطقی است که دخالت انسان (احداث سد خاکی) باعث از بین رفتن پوشش گیاهی شده است.

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

- ۱) از بین شاخص‌های گیاهی، شاخص‌هایی که ضرایب خط خاک را در نظر می‌گیرند نسبت به سایر شاخص‌ها، بهتر می‌توانند درصد پوشش گیاه را نشان دهند.
- ۲) شاخص MSAVI با ضریب K برابر ۳/۷۰۱ (با بیشترین دقت و کمترین میزان RMSE) می‌تواند به عنوان مناسبترین شاخص گیاهی برای تخمین درصد پوشش گیاهی در منطقه‌ی مورد مطالعه به کار رود.

است که Darvishzadeh et al., 2008 در تحقیق خود (زمانی که عرض از مبدأ خط خاک بزرگتر از صفر است) این شاخص را به عنوان بهترین شاخص حساس به میزان سبزی‌نگی معرفی نموده است.

شاخص‌های EVI و GEMI شاخص‌هایی است که به منظور کاهش اثرات اتمسفر ارائه شده‌اند. این شاخص‌ها در این تحقیق حاضر دارای کمترین میزان دقت است. علت این امر می‌تواند به دلیل بازتاب بیش از حد خاک زمینه (Liang, 2003) در منطقه‌ی مورد مطالعه باشد. همچنین در محاسبه‌ی شاخص‌های فوق، ضرایب ثابت متعددی استفاده می‌شود که ممکن است این ضرایب برای منطقه‌ی مورد مطالعه بهینه نبوده و باعث به وجود آمدن چنین خطایی گردد.

با توجه به شکل ۵، بیش از ۹۵٪ حوضه‌ی مورد مطالعه دارای پوشش کمتر از ۳۵٪ است و مناطقی که پوشش بیش از ۳۵٪ دارند، جزء زمین‌های زراعی و باغی منطقه هستند. مناطق شمالی و شرقی حوضه‌ی مورد مطالعه نسبت به سایر مناطق از درصد پوشش گیاهی بیشتری برخوردار هستند. این امر به دلیل واقع شدن این مناطق در ارتفاع بیش از ۲۵۰۰ متر و دریافت بارندگی بیشتر

## References

- Aman, A. R., & Riamanantena, H. P., Podaire, A., & Frouin, R. (1992). Upscale integration of normalized difference vegetation index: The problem of spatial heterogeneity. *IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing*, 326–338.
- Baret, F., & Guyot, G. (1991). Potentials and limits of vegetation indices for LAI & APAR assesment. *Remote Sensing of Environment*, 35, 161-173.
- Baret, F., Clevers, J., & Steven, M. D. (1995). The robustness of canopy gap fraction estimations from red & near-infrared reflectances. *Remote Sensing of Environment*, 54, 14–151.
- Baver, L. D. (1956). *Soil Physics*. (3<sup>rd</sup> ed.) John Wiley & Sons Inc., New York.
- Burgan, R. E., Hartford, R. A., & Eidenshink, J. C. (1996). Using NDVI to assess departure from average greenness & its relation to the fire business(pp. 8). Intermountain Research Station: USDA Forest Service
- Carpenter, G., Gopal, S., Macomber, S., Martens, S., Woodcock, C., & Franklin, J. (1999). A Neural Network method for efficient vegetation mapping. *Remote Sensing of Environment*, 70, 326–338.
- Chen, J. M. (1996). Evaluation of vegetation indices and a modified simple ratio for boreal applications. *Remote Sensing of Environment*, 22, 229-242.
- Clevers, J. G. P. W. (1989). The application of a weighted infrared-red vegetation index for estimating leaf area index by correcting soil moisture. *Remote Sensing of Environment*, 29, 25–37.
- Conghe, S. (2005). Spectral mixture analysis for subpixel vegetation fractions in the urban environment: How to incorporate

- endmember variability?. *Remote Sensing of Environment*, 95, 248–263.
- Crippen, R. E. (1990). Calculating the vegetation index faster. *Remote Sensing of Environment*, 34, 71–73.
- Dabney, S., Delgado, J., & Reeves, D. (2001). Using winter crops to improve soil & water quality. *Communication in Soil Science Plant Annals*, 1221–1250.
- Darvishzadeh, R., Skidmore, A., Atzberger, C., & Wieren, S. (2008). Estimation of vegetation LAI from hyperspectral reflectance data: Effects of soil type and plant architecture. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 10, 358–373.
- Ebrahimi, M. (2010). Estimation of vegetation fraction using Artificial Neural Network and vegetation indices in order to improving Modified Perpendicular Vegetation Indices (Sheitoor basin, Yazd). MSc. Thesis, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, (in Farsi).
- Elwell, H. A., & Stocking, M. A. (1976). Vegetal cover to estimate soil erosion hazard in Rhodesia. *Geoderma*, 15, 61–70.
- Geladi, P., & Kowalski, B. R. (1986). Partial least-squares regression: A tutorial. *Analytica Chimica Acta*, 185, 1–17.
- Ghulam, A. (2006). Remote monitoring of farml & drought based n-dimensional spectral feature space. PhD Dissertation, Peking University, Beijing (in Chinese).
- Gutman, G., & Ignatov, A. (1998). The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models. *International Journal of Remote Sensing*, 1533–1543.
- Huete, H. (1988). A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25, 295–309.
- Huete, H., Liu, Q., Batchily, K., & Van Leeuwen, W. (1997). A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 59, 440–451.
- Jordan, C. F. (1969). Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. *Ecology*, 50, 663–666.
- Kaufman, Y. J., & Tanre, D. (1992). Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) for EOS-MODIS. *IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing*, 30, 261–270.
- Major, D. J., Baret, F., & Guyot, G. (1990). A ratio vegetation index adjusted for soil brightness. *International Journal of Remote Sensing*, 11, 727–740.
- Pinty, B., & Verstraete, M. (1992). GEMI: A nonlinear index to monitor global vegetation from satellites. *Vegetation*, 10, 15–20.
- Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A. R., & Kerr, Y. H., Sorooshian, S. (1994). A Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI). *Remote Sensing of Environment*, 48, 119–126.
- Richardson, A. J., & Wieg, C. L. (1977). Distinguishing vegetation from soil background information. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 43, 1541–1552.
- Rondeaux, G., Steven, M., & Baret, F. (1996). Optimisation of soil-adjusted vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 55, 95–107.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., Deering, D. W., & Harlan, J. C. (1974). Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation. NASA/GSFC, Type III, final report, Greenbelt, MD.
- Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8, 127–150.
- Zhang, Y. X., Li, X. B., & Chen, Y. H. (2003). Overview of field and multi-scale remote sensing measurement approaches to grassland and vegetation coverage. *Advanced Earth science*, 18, 85–93 (in Chinese with English abstract).

## **Estimation of vegetation fraction in the Central arid region of Iran using satellite images (Case study: Sheitoor basin, Bafgh)**

1-R. Darvishzadeh, Assistant Professor, Faculty of Geography, Tehran, I.R. Iran  
r.darvishzadeh@ut.ac.ir

2-A. A. Matkan, Associate Professor, Department of RS & GIS, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, I.R. Iran

3- A. Hosseiniasl, Instructor, Department of RS & GIS, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, I.R. Iran

4-M. Ebrahimi Khusefi, MSc of Remote Sensing & GIS, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, I.R. Iran

Received: 12 Jan 2011

Accepted: 06 Jun 2012

### **Abstract**

Vegetation is an important component of global ecosystems. Determining of the Earth's vegetation cover is important to understand land-atmosphere interactions and their effects on climate, soil erosion, drought and natural resources management. The main objective of this study is to estimate vegetation fraction (Fv) using various vegetation indices . First, vegetation fraction was collected in 52 random sample plots in July 2009. Some vegetation indices (ARVI, DVI, EVI, SAVI, SAVI2, TSAVI, SARVI, WDV, NDVI, PVI, IPVI, GEMI, MSAVI1, MSAVI2, OSAVI, SR, MSR) and ALOS (AVNIR2) imagery (June 2009) were used to find the most suitable index for estimating of Fv. Validation of the obtained results have been done using two methods of Cross-Validation and, dividing measured samples to calibration and validation data. Result revealed that selecting the calibration and validation data randomly, leads to different results. Generally, among all studied vegetation indices, those VIs use soil line coefficient, have higher  $R^2$  ( $>0.63$ ) and lower RMSE ( $<3\%$ ).

**Keywords:**Vegetation indices; Vegetation fraction; ALOS (AVNIR2) Imagery; Arid lands.