



## پایش خاک‌ورزی حفاظتی و شدت خاک‌ورزی با بهره‌گیری از فناوری سنجش از دور

محمدعلی رستمی<sup>۱\*</sup> و محمدحسین رئوفت<sup>۲</sup>

۱- عضو هیات علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان

marostamy@yahoo.com

۲- استاد بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه شیراز

### چکیده

دردست داشتن اطلاعات مربوط به شدت خاک‌ورزی و پوشش بقایای گیاهی در سطح خاک در اعمال سیاست‌گذاری‌های مربوط به ترویج کشاورزی، طراحی و تولید ابزار خاک‌ورزی و ارتقای روش‌های مدیریتی و نظارتی سودمند است. در این مطالعه فن‌آوری سنجش از دور به عنوان یک راهکار ارزان، سریع و آسان برای تخمین دو ضابطه مهم خاک‌ورزی حفاظتی یعنی درصد پوشش بقایا و شدت خاک‌ورزی، مورد استفاده قرار گرفت. از این رو توانایی داده‌های تصویر چند طیفی سنجنده WorldView-2 با استفاده از تعداد یازده شاخص طیفی و آنالیز جداسازی طیفی خطی مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور در ۱۲۰ موقعیت از مزارع آزمایشی درصد پوشش بقایای سطح خاک با روش خط مورب اندازه‌گیری و ثبت شد. داده‌های نظیر ماهواره‌ای از تصویر سنجنده WorldView-2 استخراج شده و همبستگی درصد پوشش بقایا در زمین، با داده‌های تصاویر ماهواره‌ای بررسی شد. نتایج نشان داد که درصد پوشش بقایا در سطح خاک با شاخص‌های IPVI، RVI1 و GNDVI همبستگی بالایی دارند ( $R^2 = 0.84-0.85$ ). درصد پوشش بقایا در تصویر ماهواره‌ای که با آنالیز جداسازی طیفی خطی تخمین زده شده بود، با داده‌های به دست آمده از روش خط مورب که در پلات‌های آزمایشی اندازه‌گیری شده بود همبستگی مناسبی داشت ( $R^2 = 0.76$ ). دو شاخص طیفی IPVI و RVII که دارای بالاترین همبستگی با درصد پوشش بقایا در سطح خاک بودند برای پیش‌بینی شدت خاک‌ورزی در مزارع مورد مطالعه انتخاب شدند. نتایج نشان داد که دقت طبقه‌بندی شدت خاک‌ورزی به کمک این دو شاخص در شرایط مختلف ۱۰۰ - ۸۳ درصد بود.

**واژه‌های کلیدی:** آنالیز جداسازی طیفی خطی، تصاویر چند طیفی، تصاویر ماهواره‌ای، خاک‌ورزی حفاظتی، شاخص‌های طیفی.

## مقدمه

سنجش از دور علم، فن و هنر کسب اطلاعات در مورد پدیده‌ها بدون تماس با آن‌ها بوده و ما را به خوبی در جایگاهی فراتر از محدودیت‌های توانایی انسان قرار می‌دهد. این فناوری جمع‌آوری اطلاعات در مناطقی را فراهم می‌کند که به دلیل هزینه زیاد، بعد مسافت و خطرناک بودن، انسان نمی‌تواند به طور مستقیم آن‌ها را شناسایی کند. خاصیت تکرار پذیری اطلاعات ماهواره‌ای از ویژگی‌های مهم این اطلاعات برای بررسی تغییرات پدیده‌های زمینی و کنترل آن‌ها می‌باشد (Darvishsefat et al., 2005).

شلتون و جیسا<sup>۱</sup> (۲۰۱۲) روش خط مورب<sup>۲</sup> برای اندازه‌گیری درصد پوشش بقایای سطح خاک را آسان‌ترین و دقیق‌ترین روش اندازه‌گیری می‌دانند. آن‌ها استفاده از یک نخ ۳۰ متری دارای ۱۰۰ گره مشخص با فواصل مساوی ۳۰ سانتیمتر (یا یک فوت) را برای این کار توصیه نمودند. برای این اندازه‌گیری نخ با زاویه ۴۵ درجه نسبت به ردیف‌های کشت در سطح زمین کشیده می‌شود. گره‌هایی که در زیر آن‌ها بقایا قرار گرفته است شمارش شده و در صورتیکه نخ دارای ۱۰۰ گره باشد عدد شمارش شده برابر درصد بقایا می‌باشد. در صورتی که نخ دارای طول ۱۵ متر باشد تعداد شمارش شده در عدد ۲ ضرب می‌شود.

نتایج پژوهش‌های انجام شده برای بررسی داده‌های سنجش از دور تصاویر چند طیفی، که به کمک هواپیما و سنجنده Quickbird برداشت شده بود نشان داد که یک رابطه خطی بین درصد بقایای گیاهی در سطح خاک و شاخص‌های طیفی که شامل باند مادون قرمز نزدیک (NIR) بودند وجود دارد (Sullivan et al., 2007).

در یک پژوهش چندین شاخص از تصاویر چند طیفی سنجنده ETM ماهواره Landsat و فراطیفی اسپکترومتر EO-1 برای تعیین شدت خاک‌ورزی در سه سطح شامل خاک‌ورزی شدید، کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حفاظتی محاسبه شدند. براساس اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای، شدت خاک‌ورزی به کمک تصاویر ماهواره‌ای در ۶۸-۶۶ درصد از مزارع به صورت صحیح تعیین شد. صحت پیش‌بینی شدت خاک‌ورزی در دو گروه خاک‌ورزی مرسوم (خاک‌ورزی شدید به علاوه کم خاک‌ورزی) و خاک‌ورزی حفاظتی به ۸۲-۸۰ درصد رسید (Daughtry et al., 2006).

در کنار استفاده از شاخص‌های طیفی، فن‌آوری‌های طبقه‌بندی طیفی مانند آنالیز جداسازی طیفی خطی<sup>۳</sup> یک راهکار برای تخمین درصد سطحی عوارض مختلف موجود در یک تصویر ماهواره‌ای است. به طور کلی با استفاده از این آنالیز، که یک مدل فیزیکی است، می‌توان میزان سطحی که هر یک از عارضه‌های موجود در یک پیکسل از تصویر به خود اختصاص داده‌اند را تخمین زد. برخلاف شاخص‌ها که معمولاً از اطلاعات طیفی دو باند تصویر استخراج می‌شوند، آنالیز جداسازی از اطلاعات طیفی

- 1- Shelton and Jasa
- 2- The line transect method
- 3- Linear Spectral Unmixing Analysis (LSUA)



همه باند های تصویر برای تعیین مقدار یک عارضه نسبت به سایر عارضه های موجود در سطح زمین (خاک، بقایای گیاهی و گیاه سبز) استفاده می کند (Adams et al., 1995).

با توجه به اینکه در کشور ما روش های مبتنی بر استفاده از سنجش از دور برای پایش خاک‌ورزی حفاظتی ارائه نشده است، هدف از این تحقیق تعیین روابطی برای پایش خاک‌ورزی حفاظتی به کمک تخمین درصد پوشش بقایا در سطح خاک و تعیین شدت خاک‌ورزی مزارع گندم با استفاده از تصاویر سنجنده WorldView-2 بود. بدین صورت بدون مراجعه به مزرعه و از طریق تصاویر این سنجنده می توان وضعیت پوشش بقایا و شدت خاک‌ورزی را در مزارع مورد نظر بررسی و داده های بدست آمده را در مطالعات علمی، برنامه ریزی اجرایی، پیش بینی شرایط در آینده، اعمال سیاست گذاری های مربوط به ترویج کشاورزی، طراحی و تولید ابزار خاک ورزی، ارتقای روش های مدیریتی مفید و پایش میزان موفقیت برنامه‌های در دست اجرا به کار گرفت. هم اکنون در کشور ما جوایز نقدی برای اجرای خاک‌ورزی حفاظتی و جرایم نقدی برای سوزاندن هر هکتار بقایای گیاهی در مزارع کشاورزی در نظر گرفته شده و پایش مزارع به کمک سنجش از دور کمک شایان توجهی به کاهش هزینه ها، افزایش سرعت و مستند سازی برای اعمال این سیاست می باشد.

### مواد و روش ها

این پژوهش به منظور پایش خاک‌ورزی حفاظتی (از طریق تخمین درصد پوشش بقایای گیاهی در سطح خاک) و تعیین شدت خاک‌ورزی با استفاده از تصاویر ماهواره ای سنجنده WorldView-2 انجام شد. آزمایش ها در مزارع گندم به مساحت ۲۵ کیلومتر مربع در شهرستان مرودشت واقع در شمال شیراز انجام شد. مزارع آزمایشی به گونه ای انتخاب شدند که در آن ها، پس از برداشت محصول گندم، مدیریت متفاوت بقایای محصول و خاک‌ورزی اجرا شده بود، بدین صورت در مزارع انتخاب شده درصد پوشش بقایا و روش های مختلف خاک‌ورزی وجود داشت. در ۱۲۰ موقیعت از مزارع آزمایشی پلات هایی در نظر گرفته شده و در هر پلات درصد پوشش بقایا با روش خط مورب اندازه گیری و به عنوان داده زمینی برای آن پلات ثبت شد. برای جلوگیری از تغییر شرایط مزارع آزمایشی در هنگام تصویر برداری توسط ماهواره، اندازه گیری درصد پوشش بقایا در سطح پلات های آزمایشی در زمانی نزدیک به زمان تصویر برداری توسط ماهواره انجام شد.

برای انجام این پژوهش از تصویر ماهواره ای سنجنده WorldView-2 استفاده شد. تصویر ماهواره ای مورد استفاده در این پژوهش در تاریخ بیستم تیرماه ۱۳۹۱ (۱۰ جولای ۲۰۱۲) از منطقه برداشت گردید. این تصویر با ابعاد ۵×۵ کیلومتر کلیه مزارع آزمایشی را در بر گرفته و در دو فرمت تک طیفی با قدرت تفکیک زمینی ۰/۵ متر و چند طیفی با قدرت تفکیک ۲ متر، که توسط شرکت DigitalGlobe تصحیحات رادیومتری و هندسی آن انجام شده بود، از این شرکت خریداری گردید. خصوصیات سنجنده و تصاویر WorldView-2 در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات سنجنده و ۴ باند استاندارد تصاویر WorldView-2 (DigitalGlobe Inc, 2012)

باند‌های سنجنده	طول موج (نانومتر)	خصوصیات سنجنده	
Panchromatic	450 - 800 nm	Launch Date	October 8, 2009
Blue	450 - 510 nm	Orbit Altitude	770 km
Green	510 - 580 nm	Mission Life	10-12 years
Red	630 - 690 nm	Period	100 min
Near Infrared	770 - 895 nm	Dynamic Range	11-bits per pixel

برای استخراج داده های نظیر در تصاویر ماهواره ای، پس از کنترل زمین مرجع سازی<sup>۱</sup> تصویر که توسط شرکت دیجیتال گلوب انجام شده بود، محل اندازه گیری های زمینی، که مختصات آن ها توسط یک دستگاه GPS ثبت شده بود در تصویر ماهواره ای مشخص گردید. داده های بازتاب پیکسل هایی از تصویر که در بر گیرنده پلات های آزمایشی بودند استخراج شدند، بنابراین داده برداری در تصویر و زمین از نظر مکانی منطبق بر یکدیگر بود. شاخص های طیفی مورد مطالعه و داده های آنالیز جدا سازی طیفی خطی با استفاده از نرم افزار ENVI از تصویر WorldView-2 استخراج یا محاسبه شدند. شاخص های طیفی مورد استفاده در این مطالعه در جدول ۳ معرفی شده اند.

جدول ۳- اطلاعات شاخص های طیفی مختلف مورد استفاده در این مطالعه

شاخص	تعریف	مرجع
MPRI (Modified photochemical reflectance index)	$(G-R)/(G+R)$	Yang et al. (2008)
BNDVI (Blue normalized difference vegetation index)	$(NIR-B)/(NIR+B)$	Yang et al. (2006)
GNDVI (Green normalized difference vegetation index)	$(NIR-G)/(NIR+G)$	Gitelson et al. (1996)
RVI1 (Ratio vegetation index 1)	NIR/R	Jordan (1969)
RVI2 (Ratio vegetation index 2)	G/R	Jordan (1969)
RVI3 (Ratio vegetation index 3)	G/B	Jordan (1969)
IPVI (Infrared percentage vegetation index)	$NIR/(NIR+R)$	Crippen (1990)
DVI (Difference vegetation index)	NIR-Red	Roujean and Breon (1995)
VARI (Visible atmospherically resistant index)	$(G-R)/(G+R-B)$	Kaufman and Tanre (1992)
GRCI (Green residue cover index)	$(G-B)/(G+B)$	This study
BRCI (Blue residue cover index)	$(R-B)/(R+B)$	This study

علاوه بر شاخص های طیفی، داده های آنالیز جدا سازی طیفی خطی نیز، در تصویر ماهواره ای، برای کلیه پلات های آزمایشی استخراج گردید. این داده ها در واقع درصد پوشش بقایا در پلات های آزمایشی بودند که توسط الگوریتم آنالیز جدا سازی طیفی خطی در تصویر ماهواره ای تخمین زده شدند. در ادامه درصد بقایای اندازه گیری شده در پلات های آزمایشی که با روش

1- Georeferencing



خط مورب اندازه گیری شدند (داده های زمینی) به صورت تابعی از شاخص ها و داده های آنالیز جداسازی طیفی خطی (داده های ماهواره ای) بیان شد. دقت این روابط و همبستگی درصد پوشش بقایا در پلات های آزمایشی و داده های ماهواره ای با استفاده از ضریب همبستگی گشتاوری پیرسون<sup>۱</sup> ( $R^2$ ) بیان گردید.

### طبقه بندی شدت خاکورزی

مرکز اطلاعات فن آوری حفاظتی<sup>۲</sup>، خاکورزی حفاظتی را روشی تعریف نموده است که در آن بیش از ۳۰ درصد سطح خاک از بقایا پوشیده شده است. این میزان در کم خاکورزی ۳۰ - ۱۵ و در خاکورزی شدید یا مرسوم کمتر از ۱۵ درصد بیان شده است (CTIC, 2004). در این تحقیق پوشش بقایا به میزان ۶۰-۳۰ درصد خاکورزی حفاظتی و بیش از ۶۰ درصد بی خاکورزی تعریف شد (Daughtry et al., 2006). برای طبقه بندی شدت خاکورزی با استفاده از دو شاخص که بالاترین همبستگی را با درصد پوشش بقایا در سطح خاک داشتند نموداری برازش گردید که به کمک آن می توان شدت خاکورزی را در چهار سطح خاکورزی شدید، کم خاکورزی، خاکورزی حفاظتی و بی خاکورزی در مزارع تعیین نمود. دقت پیش بینی شدت خاکورزی توسط این نمودار در ۵۱ پلات آزمایش شده و نتایج حاصله بررسی گردید.

### نتایج و بحث

پس از تعیین درصد پوشش بقایا در پلات های آزمایشی با روش خط مورب، همبستگی داده های به دست آمده (داده های زمینی) و داده های ماهواره ای بررسی و درصد پوشش بقایا در سطح مزرعه به صورت تابعی از داده های تصاویر ماهواره ای ارائه گردید. با توجه به روش تحقیق مراحل ارزیابی داده ها به صورت زیر انجام شد.

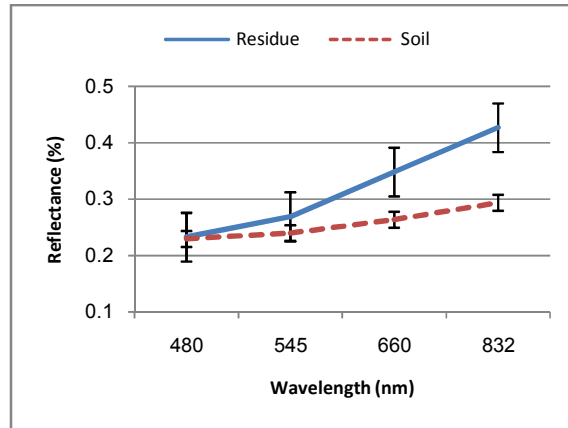
#### بررسی همبستگی داده های آنالیز جدا سازی طیفی خطی با درصد پوشش بقایا در زمین (روش خط مورب)

برای شرایط این تحقیق که در مزارع گندم مدتی بعد از برداشت محصول انجام شد در سطح مزارع آزمایشی دو عارضه مختلف یعنی خاک و بقایا وجود داشت. این دو عارضه باید در تصویر ماهواره ای از یکدیگر جدا و نسبت سطحی هر یک تعیین می شد. بدین منظور برای هر یک از دو عارضه یاد شده منحنی پاسخ طیفی<sup>۳</sup> از تصویر WorldView-2 استخراج گردید (شکل ۱). در شکل ۱ طیف بازتاب یافته از خاک و بقایا در باند آبی و سبز تصویر فاصله بسیار کمی باهم دارند، اما در باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک تباین بین طیف بازتاب یافته از خاک و بقایا زیاد می باشد. یافته های مشابهی توسط Pacheco and McNairn (2011) و Bannari et al. (2006) برای تصاویر سایر ماهواره ها گزارش شده است. نتایج شکل ۱ نشانگر آن است که بقایای گیاهی در باند های قرمز و به ویژه باند مادون قرمز نزدیک نسبت به خاک بازتاب بیشتری دارند. با توجه به این یافته می توان دریافت که در

1- Pearson product moment correlation coefficient ( $R^2$ )  
2- Conservation Technology Information Center  
3- Spectral reflectance cur

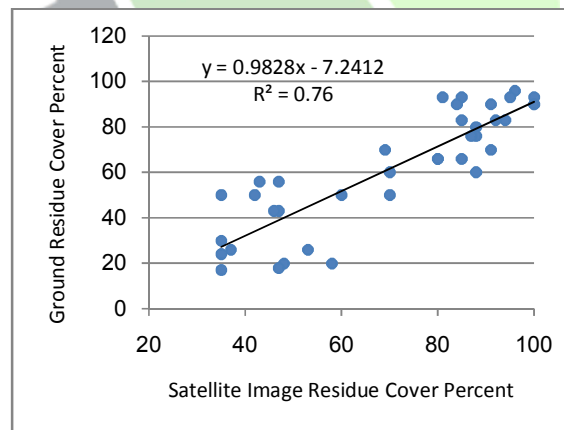


صورت استفاده صحیح از آنالیز جدا سازی طیفی خطی و انتخاب یا تعریف شاخص های طیفی مناسب در باندهای قرمز و به ویژه باند مادون قرمز نزدیک تصویر می توان بین خاک و بقایای گیاهی موجود در سطح خاک تمایز قابل شد.



شکل ۱- منحنی پاسخ طیفی بقایا و خاک (تصویر سنجنده 2-WorldView)

رابطه بین داده های آنالیز جداسازی طیفی خطی و درصد پوشش بقایا در پلاتهای آزمایشی که با روش خط مورب اندازه گیری شدند در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به نتایج این شکل همبستگی مناسبی بین این داده ها وجود دارد ( $R^2 = 0.76$ ). بنابراین آنالیز جداسازی طیفی خطی قادر به تخمین درصد پوشش بقایا در زمین می باشد



شکل ۲- رابطه بین درصد پوشش بقایا در زمین (روش خط مورب) و تصاویر ماهواره ای (آنالیز جداسازی طیفی خطی)

### بررسی همبستگی شاخص های طیفی ماهواره ای با درصد پوشش بقایا در زمین (روش خط مورب)

میزان همبستگی شاخص های طیفی با درصد پوشش بقایا در مزارع آزمایشی که به روش خط مورب اندازه گیری شدند بررسی شد. نتایج به دست آمده در جدول ۳ و شکل ۳ آورده شده است. نتایج نشان داد که درصد پوشش بقایا در زمین با سه شاخص GNDVI، IVI1 و IPVI با  $R^2$  به ترتیب ۰/۸۴، ۰/۸۴ و ۰/۸۵ دارای بالاترین همبستگی می باشد. نتایج جدول ۳ نشان می دهد



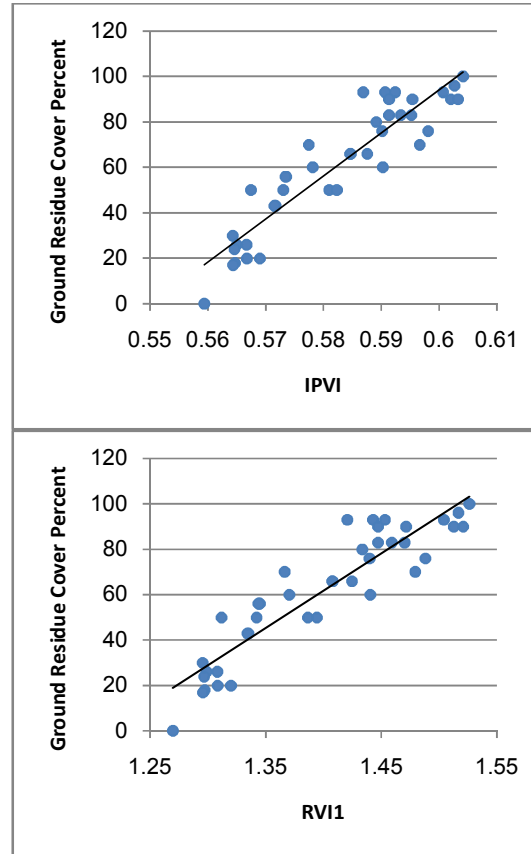
تمام شاخص هایی که در فرمول آن ها داده های باند آبی وجود دارد (جدول ۲) همبستگی مناسبی با درصد پوشش بقایا نداشته اند، زیرا خاک و بقایای گیاهی در باند آبی دارای بازتاب تقریباً برابری هستند (شکل ۱). بنابراین جداسازی این دو عارضه به کمک شاخص هایی که شامل باند آبی هستند راه به جایی نمی برد.

نتایج جدول ۳ نشان می دهد شاخص هایی که فرمول آن ها شامل باند سبز می باشد (جدول ۲) با درصد پوشش بقایای گیاهی دارای همبستگی متوسط هستند. این نتیجه به خاطر نزدیک بودن بازتاب خاک و بقایا در باند سبز می باشد. به علت تباین کم بین بازتاب دو عارضه یاد شده تخمین درصد پوشش بقایا با شاخص های شامل باند سبز نتایج متوسطی در بردارد. بالاترین تباین بین بازتاب خاک و بقایا در باند مادون قرمز نزدیک و پس از آن باند قرمز می باشد (شکل ۱)، بنابراین شاخص های IPVI و RVII که با داده های این دو باند محاسبه می شوند و نسبت باندی را بیان می کنند به خوبی بین خاک و بقایا تمایز قایل شده و بهترین تخمین را از درصد پوشش بقایای گیاهی داشته اند.

### جدول ۳- رابطه بین شاخص های طیفی و درصد پوشش بقایا در زمین (روش خط مورب)

شاخص	معادله رگرسیون خطی	R <sup>2</sup>
GRCI	$GRCP = 846.8 \times GRCI - 159.1$	0.43
RVI3	$GRCP = 239 \times RVI3 - 346.5$	0.44
BRCI	$GRCP = 568 \times BRCI + 224.3$	0.63
DVI	$GRCP = .076 \times DVI - 25.25$	0.72
BNDVI	$GRCP = 494.8 \times BNDVI - 243.3$	0.75
RVI2	$GRCP = -722.1 \times RVI2 + 468$	0.77
VARI	$GRCP = -900.5 \times VARI - 190.7$	0.77
MPRI	$GRCP = 900.5 \times MPRI - 190.7$	0.77
GNDVI	$GRCP = 549.7 \times GNDVI - 172.2$	0.84
RVII	$GRCP = 327.8 \times RVII - 397.2$	0.84
IPVI	$GRCP = 1892 \times IPVI - 1041$	0.85





شکل ۳- رابطه بین شاخص های RVI1 و IPVI با درصد پوشش بقایای روی زمین

### طبقه بندی شدت خاک‌ورزی

نتایج تحقیق نشان می دهد پیکسل های تصویر ماهواره ای که در بر گیرنده مزارع آزمایشی با خاک‌ورزی حفاظتی یا بدون خاک‌ورزی هستند دارای متوسط بازتاب بالاتری نسبت به مزارع با خاک‌ورزی کم و شدید بوده اند (جدول ۴). بالاتر بودن بازتاب در پیکسل های تصاویر مربوط به این مزارع به علت وجود بقایای بیشتر در سطح خاک در مقایسه با دو روش دیگر خاک‌ورزی می باشد، زیرا همانگونه که از نتایج شکل ۱ مشاهده می شود بازتاب پیکسل هایی از تصویر که شامل بقایای گیاهی هستند بیش از بازتاب پیکسل های شامل خاک می باشد. این یافته با نتایج پژوهش های Van Deventer et al. (1997) و Stoner et al. (1980) هم‌راستا می باشد.





#### جدول ۴- متوسط درصد بازتاب سطحی برای هر گروه از شدت خاک‌ورزی

شدت خاک‌ورزی	باند آبی	باند سبز	باند قرمز	باند مادون قرمز نزدیک
بی خاک‌ورزی	۰/۰۹۲	۰/۱۶۱	۰/۳۹۸	۰/۴۳۴
خاک‌ورزی حفاظتی	۰/۰۸۸	۰/۱۴۷	۰/۲۵۷	۰/۳۵۱
خاک‌ورزی کم	۰/۰۸۱	۰/۱۳۵	۰/۲۲۶	۰/۲۹۴
خاک‌ورزی شدید	۰/۰۷۷	۰/۱۲۹	۰/۲۱۹	۰/۲۸۴

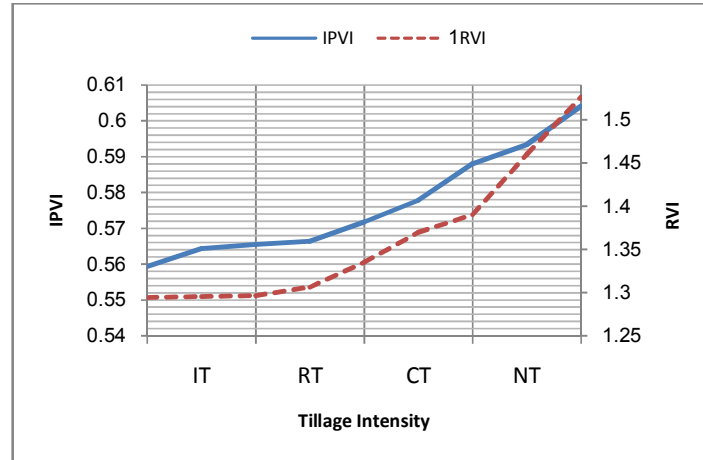
در جدول ۵ مقایسه میانگین‌های دو شاخص IPVI و RVII که دارای بالاترین همبستگی با درصد پوشش بقایا در سطح خاک هستند برای چهار گروه شدت خاک‌ورزی آورده شده است. نتایج مقایسه میانگین شاخص‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ نشان می‌دهد که بین میانگین این شاخص‌ها در چهارگروه از شدت خاک‌ورزی اختلاف معنی‌دار وجود دارد. وجود همین اختلاف معنی‌دار بین داده‌های شاخص‌ها در مزارع با شدت خاک‌ورزی مختلف باعث می‌گردد که بتوان شدت خاک‌ورزی هر مزرعه را در تصویر WorldView-2 با استفاده از شاخص‌های IPVI و RVII تعیین کرد.

#### جدول ۵- مقایسه متوسط مقادیر شاخص‌های IPVI و RVII در چهار گروه شدت خاک‌ورزی

شدت خاک‌ورزی	متوسط RVII	متوسط IPVI
بی خاک‌ورزی	۱/۴۶۰۰۸۹ a*	۰/۵۹۳۴۰۶ e
خاک‌ورزی حفاظتی	۱/۳۶۹۶۲۳ b	۰/۵۷۷۸۷۸ f
کم خاک‌ورزی	۱/۳۰۶۴۲۳ c	۰/۵۶۶۴۰۶ g
خاک‌ورزی شدید	۱/۲۹۵۵۵۲ d	۰/۵۶۴۳۷۵ h

\* حروف متفاوت در ستون مشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد

برای این کار شکل ۴ به منظور پیش‌بینی شدت خاک‌ورزی مزارع با استفاده از داده‌های دو شاخص یاد شده برازش شد. بدین ترتیب با در دست داشتن شاخص‌ها، که از تصویر WorldView-2 استخراج می‌شوند بدون مراجعه به مزرعه می‌توان شدت خاک‌ورزی در مزرعه را تعیین کرد.



شکل ۴- طبقه بندی شدت خاک‌ورزی با استفاده از شاخص های IPVI و RVI

### ارزیابی دقت طبقه بندی شدت خاک‌ورزی

برای ارزیابی دقت پیش بینی شدت خاک‌ورزی با استفاده از شکل ۴، درصد پوشش بقایای گیاهی در ۵۱ نقطه از مزارع آزمایشی با استفاده از روش خط مورب اندازه گیری و نتایج حاصله با داده های نظیر آن ها که توسط شکل ۴ پیش بینی شده است مقایسه گردید (جدول ۶). نتایج جدول ۶ نشان می دهد که دقت پیش بینی شدت خاک‌ورزی به کمک شکل ۴، یعنی استفاده از شاخص های ماهواره ای، بسیار نزدیک به اندازه گیری ها در سطح مزرعه می باشد.

جدول ۶- ارزیابی دقت طبقه‌بندی شدت خاک‌ورزی

شدت خاک‌ورزی	بی خاک‌ورزی	خاک‌ورزی حفاظتی	خاک‌ورزی کم	خاک‌ورزی شدید
تعداد محل ارزیابی شده	۲۲	۱۳	۶	۱۰
تعداد نتیجه منطبق بر نتایج اندازه‌گیری در زمین	۲۱	۹	۴	۶
تعداد نتیجه غیر منطبق بر نتایج اندازه‌گیری در زمین	۱	---	۱	۱
طبقه‌بندی مرزی	---	۴	۱	۳
دقت پیش‌بینی واقعی (%)	۹۵	۶۹	۶۶	۶۰
(بدون نتایج مرزی)				
دقت پیش‌بینی کلی (%)	۹۵	۱۰۰	۸۳	۹۰
(با نتایج مرزی)				

### نتیجه گیری

نتایج نشان می دهد که بقایای گیاهی محصول گندم در گستره مورد مطالعه (۴۵۰-۸۹۵ nm) دارای بازتاب طیفی بیشتری نسبت به خاک هستند. تباین بین بازتاب طیفی بقایا و خاک خصوصا در باند مادون قرمز نزدیک قابل توجه می باشد. باتوجه به این



یافته می توان دریافت که در صورت استفاده صحیح از آنالیز جدا سازی طیفی خطی و انتخاب یا تعریف شاخص های طیفی مناسب در باندهای قرمز و به ویژه باند مادون قرمز نزدیک تصویر سنجنده WorldView-2 می توان بین خاک و بقایای گیاهی موجود در سطح خاک تمایز قایل شد. در باندهای آبی و سبز تصویر ماهواره ای تفاوت بین بازتاب طیفی بقایا و خاک ناچیز می باشد، بنابراین همانگونه که از این نتیجه انتظار می رفت شاخص هایی که شامل باندهای آبی و سبز تصویر ماهواره ای بودند نتوانستند بین خاک و بقایا تمایز قایل شده و با داده های روش خط مورب که در سطح پلات های آزمایشی اندازه گیری شده بود همبستگی مناسبی نداشتند. درصد پوشش بقایای سطحی که توسط آنالیز جداسازی خطی تخمین زده شده است همبستگی بالایی با درصد پوشش بقایا که در سطح خاک با روش خط مورب اندازه گیری شده است دارد ( $R^2=0.76$ ). درصد پوشش بقایا در سطح خاک که با روش خط مورب اندازه گیری شده بود همچنین با سه شاخص طیفی ماهواره ای GNDVI، RVII و IPVI همبستگی بالایی داشت. با توجه به نتایج حاصله دو شاخص IPVI و RVII برای پیش بینی شدت خاک‌ورزی در مزارع انتخاب شده و یک منحنی برای پیش بینی شدت خاک‌ورزی استخراج گردید. دقت کلی پیش بینی شدت خاک‌ورزی در پلات های آزمایشی ۱۰۰-۸۳ درصد بود.



## منابع

1. Adams, J. B., D. E. Sabol, V. Kapos, R. A. Filho, D. A. Roberts, and M. O. Smith. 1995. Classification of multispectral images based on fractions of endmembers: Application to land-cover change in the Brazilian Amazon. *Remote Sensing of Environment* 52: 137-154.
2. Bannari, A., A. Pacheco, K. Staenz, H. McNairn, and K. Omari. 2006. Estimating and mapping crop residues cover on agricultural lands using hyperspectral and IKONOS data. *Remote Sensing of Environment* 104: 447-459.
3. CTIC. 2004. National Survey of Conservation Tillage Practices. Conservation Technology Information Center, West Lafayette, IN. Available from <http://www.ctic.purdue.edu/CTIC/CRM.html>. Accessed 14 July 2012.
4. Darvishsefat, A. A., M. Pir Bavaghar, and M. Rajab-Pourrahmati. 2005. Remote Sensing for GIS Managers. University of Tehran Press//3269. (In Farsi).
5. DigitalGlobe, Inc. 2012. Basic satellite imagery. Available from <http://digitalglobe.com>. Accessed 15 July 2012.
6. Daughtry, C. S. T., P. C Doraiswamy, E. R. Hunt, A. J. Stern, J. E. McMurtrey, and J. H. Prueger. 2006. Remote sensing of crop residue cover and soil tillage intensity. *Soil and Tillage Research* 91: 101-108.
7. Pacheco, A., and H. McNairn. 2011. Mapping crop residue cover over regional agricultural landscapes in Canada. Available from <http://www.isprs.org/proceedings/2011/isrse-34/211104015Final00921.pdf>. Accessed 19 September 2012.
8. Shelton, D. P. and P. J. Jasa. 2012. Estimating of percent residue cover using the line transect method. University of Nebraska Lincoln Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources. Available from <http://ianrpubs.unl.edu/epublic/live/g1931/build/g1931.pdf>. Accessed 14 Jan 2013.
9. Stoner, E. R., M. F. Baumgartner, R. A. Weismiller, L. L. Biehl, and B. F. Robinson. 1980. Extension of laboratory measured soil spectra to field conditions. *Soil Science Society of America Journal* 44: 572-574.
10. Sullivan<sup>1</sup>, D. G., J. L. Fulmer<sup>1</sup>, T.C. Strickland<sup>1</sup>, M. Masters, and H. Yao. 2007. Field scale evaluation of crop residue cover distribution using airborne and satellite remote sensing. Proceedings of the Georgia Water Resources Conference, held March 27-29, at the University of Georgia.
11. VAN Deventer, A. P., A. D. Ward, P. H. Gowda, and J. G. Lyon. 1997. Using Thematic Mapper data to identify contrasting soil plains and tillage practices. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 63: 87-93.

## Conservation tillage practices and tillage intensity monitoring using remote sensing technology

Mohammad Ali Rostami<sup>1\*</sup> and Mohammad Hossein Raoufat<sup>2</sup>

- 1- Faculty member, Agricultural Engineering Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resource Research Center marostamy@yahoo.com
- 2- Professor, Mechanics of Farm Machinery Department, Shiraz University.

### Abstract

Local information about tillage intensity and ground residue cover is useful for policies in agricultural extension, tillage implement design and upgrading management methods. In this study the satellite imagery technique was used as a rapid and spatially explicit method for delineating crop residue cover and as an estimator of conservation tillage adoption and intensity. With this vision, the potential of multispectral high-spatial resolution WorldView-2 local data was evaluated using a total of eleven satellite spectral indices and Linear Spectral Unmixing Analysis (LSUA). A total of ninety locations were considered and for each location residue cover was measured by the image processing method and recorded as ground control. The output of indices and LSUA method were individually correlated to the control and relevant  $R^2$  was calculated. Results indicated that crop residue cover was related to IPVI, RVI and GNDVI spectral indices and satisfactory correlations were established (.084 - 0.85). The crop residue cover estimated from the LSUA approach was found to be correlated with the ground residue data (0.76). Two effective indices named as Infrared Percentage Vegetation Index (IPVI) and Ratio Vegetation Index (RVI) with a maximum  $R^2$  were considered for classification of tillage intensity. Results indicated that classification accuracy with IPVI and RVI indices in different conditions varied from 83-100 percent and therefore in good agreement with ground measurement, observations and field records.

**Keywords:** conservation tillage, line-transect method, multispectral, Linear Spectral Unmixing Analysis, satellite imagery, spectral indices.