

بررسی امکان استفاده از نسبت‌های بانندی و تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی تصاویر ETM⁺ برای پایش پوشش گیاهی در منطقه نیشابور

سید حسین ثنائی‌نژاد^{۱*}، علیرضا آستارایی^۲ و مرجان قائمی^۳

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۱۷

تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۲۲

چکیده

استفاده از فناوری سنجش از دور اغلب موجب کاهش هزینه و افزایش دقت و سرعت شده و روز به روز بر اهمیت این فناوری در راستای توسعه پایدار افزوده می‌شود. از این رو در تحقیق حاضر امکان استفاده از نسبت‌های بانندی و تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی با انگیزه دستیابی به مدلی مناسب برای پایش و مطالعه پوشش گیاهی منطقه نیشابور و بررسی رابطه پراکنش پوشش گیاهی با خصوصیات خاک مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج حاصل نشان داد که نسبت‌های بانندی و آنالیز مؤلفه‌های اصلی نسبت به اغلب تک باندها در مطالعه و تفکیک پدیده‌های منطقه مورد مطالعه از قابلیت بالاتری برخوردار هستند. همچنین شاخص‌های مختلف در شرایط منطقه مذکور نتایج متفاوتی را ارائه می‌دهند، به طوری که شاخص‌ها با بالاترین ضریب تبیین در آشکارسازی پوشش گیاهی منطقه نقش مهمی ایفا می‌کنند. از طرفی روش‌های به کارگرفته شده بر اساس تفکیک کاربری برای مطالعه تغییرپذیری پوشش منطقه مورد مطالعه نتایج بهتری را ارائه می‌دهند.

کلمات کلیدی: سنجش از دور، شاخص پوشش گیاهی، لندست، مدل‌سازی

مقدمه

خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک و پوشش گیاهی در اختیار قرار می‌دهند (Yuan & Long, 1995). بازتاب‌های حاصل از پوشش گیاهی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک به شدت تحت تاثیر خاک زمینه می‌باشد. همچنین نوع، تراکم و تغییرپذیری پوشش گیاهی نیز تحت تاثیر خصوصیاتی از قبیل عناصر معدنی، شوری خاک، رطوبت و بافت خاک و اقلیم منطقه می‌باشد (Barnes et al., 2003). تهیه نقشه‌های پوشش زمین از اطلاعات سنجش از دور، اساس تحقیقات در چندسال اخیر بوده است (Aitkenhead & Alders, 2008).

مدل‌های تجربی ابزارهای مهمی برای مرتبط کردن تغییرات متغیرهای بیوفیزیکی اندازه‌گیری شده با داده‌های سنجش از دور هستند. تصاویر ماهواره لندست TM و ETM⁺ برای طبقه‌بندی انواع متفاوت پوشش‌های زمینی براساس تابش و بازتابش در طول موج-های بانندی متعدد می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. از طرفی روش-های مختلفی همچون شاخص^۴ (NDVI) و دیگر شکل‌های ساده ریاضی توانایی نمایش تغییرات مربوط به شدت نسبت‌های بانندی از سطوح مختلف را دارند (Brickleyer et al., 2002). در مطالعه ای

تعیین عوامل محیطی و گردآوری اطلاعات برای مناطق خشک و نیمه خشک با روش‌های متکی بر اندازه‌گیری‌های میدانی، هم‌زمان بر است و هم اطلاعات چندان دقیقی را در پهنه‌های گسترده‌ی این مناطق به دست نمی‌دهد. متأسفانه مطالعات انجام شده و یافته‌های موجود در رابطه با وضعیت این مناطق به دلیل وسعت آنها و وجود شرایط دشوار برای بررسی‌های میدانی و صحرایی بسیار اندک می‌باشد. از طرفی در عصر حاضر با پیشرفت تکنولوژی و دستیابی به فن‌آوری‌های نوین، بشر قادر است با صرف زمان و هزینه کمتر گستره مطالعات خود را به منظور دستیابی به اطلاعات محیطی دقیق‌تر وسعت بخشد (Saxsena et al., 2003; Farifteh & Farshad, 2002).

این تکنیک‌ها و مدل‌های تجربی حاصل، اطلاعات مورد نیاز را با کارایی، سرعت و دقت بالاتر برای مطالعه چگونگی روابط متقابل

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشیار گروه مهندسی آب، دانشیار گروه خاکشناسی و دانشجوی دکتری خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
* - نویسنده مسئول: (E-mail: sanaein@gmail.com)

مواد و روش‌ها

دشت نیشابور واقع در استان خراسان رضوی برای این مطالعه انتخاب شد. این منطقه در فاصله ی طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی قرار دارد (شکل ۱). این منطقه مطابق با طبقه بندی اقلیمی آمبرژه دارای اقلیم خشک و نیمه خشک می باشد. متوسط درجه حرارت متوسط سالانه حدود ۱۴/۵ درجه سلسیوس و متوسط بارندگی سالانه حدود ۲۵۰ میلیمتر می باشد. بخشی از این منطقه جزء اراضی شور شناخته شده و از طرفی دارای اراضی کشاورزی فعالی نیز می باشد. در این تحقیق تصاویر چند طیفی سنجنده ETM⁺ از ماهواره لندست، شامل ۶ باند طیفی (با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر) و باند پانکروماتیک (با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر) از مسیر ۱۶۰ و ردیف ۳۵ مربوط به ۱۰ جولای سال ۲۰۰۲ برابر با ۲۰ تیر ۱۳۸۱ مورد استفاده قرار گرفت. این تصاویر مورد تصحیحات اولیه هندسی و رادیومتری قرار گرفته بودند، اما برای حصول اطمینان از عدم وجود خطاهای هندسی و رادیومتری، قبل از انجام پردازش های مورد نظر از نظر هندسی و رادیومتری در هر یک از باندهای انعکاسی (۵- و ۱ و ۷) مورد آزمون قرار گرفتند. جهت انجام این پژوهش ابتدا منطقه مورد مطالعه بازدید شد. نقاط نمونه برداری با استفاده از شناسایی اولیه منطقه، نقشه های ارزیابی منابع و قابلیت اراضی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و تصاویر رنگی کاذب از منطقه انتخاب گردیدند. سپس تعداد ۸۰ نمونه خاک در منطقه مورد مطالعه مشخص و موقعیت جغرافیایی آن ها با دستگاه GPS ثبت گردید. به این دلیل که تصاویر ماهواره ای مورد مطالعه مربوط به ۲۰ تیرماه ۱۳۸۱ بودند، سعی گردید به منظور تطابق شرایط منطقه با تصاویر، نمونه برداری نیز در تیرماه انجام شود. بر این اساس نمونه های خاک (داخل هر شبکه ۱۰۰۰ متری سه نقطه با فاصله ۱۰۰ متر) جهت نمونه برداری از خاک سطحی انتخاب شدند. در مجموع ۸۰ نمونه خاک در پلاتی به ابعاد ۲۰ در ۲۰ سانتی متر مربع از عمق ۱۵-۰ سانتی متری از نقاطی که مختصاتشان به روش فوق معلوم گردیدند جمع آوری شدند. با استفاده از یک کوادرات با ابعاد ۵۰×۵۰ سانتی متر مربع درصد تراکم پوشش گیاهی نیز در مکان هر نقطه به صورت تصادفی و در سه تکرار صورت گرفت و نوع کاربری زمین نیز ثبت شد. داده های حاصل از این نمونه برداری تلفیق شده و میانگین حاصله به عنوان تراکم گیاهی برای هر نقطه منظور گردید.

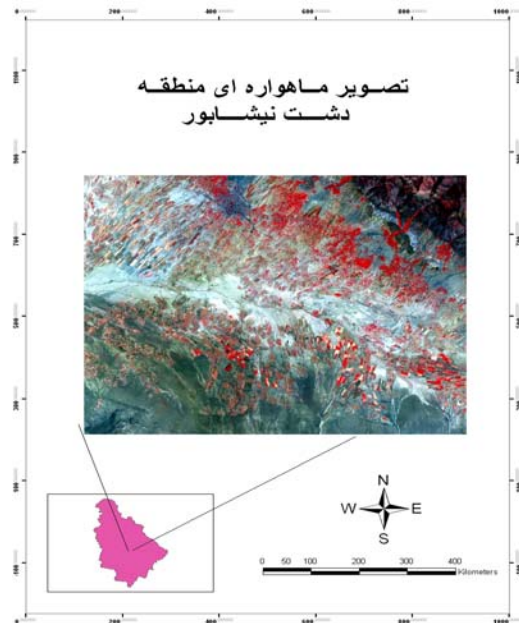
برای مطالعه پوشش گیاهی منطقه از روش های مختلف پردازش و بارزسازی تصویر شامل سه مؤلفه اول حاصل از تجزیه و تحلیل مؤلفه های اصلی و نسبت های مختلف طیفی حاصل از باندهای انعکاسی استفاده شد. عناوین برخی از باندهای اصلی و ترکیبی مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۱ آمده است.

که در ناحیه شمال غربی چین انجام شد توزیع های ناحیه ای تغییرات سطح زمین، تغییرات پوشش گیاهی و جریان های گرما روی مناطق ناهمگن در نواحی خشک و نیمه خشک مورد مطالعه قرار گرفت. تصاویر ماهواره ای با صفحه مدار رادیومتری تخمین های مفیدی از متغیرهای مورد نیاز که شامل NDVI¹، MSAVI¹، LAI، دمای سطح رادیومتری و بازتاب نیم کره ای صفحه مدار را فراهم می کنند. روش های پارامتری برای دستیابی به تغییرات سطح زمین (بازتاب سطح زمین و دمای سطح)، تغییرات پوشش (NDVI، MSAVI و LAI) و جریان های گرمایی سطح زمین (جریان تابش خالص، جریان گرمای خاک) بر روی مناطق غیر همگن با استفاده از داده های حاصل از لندست TM⁺ و ETM⁺ و مشاهدات زمینی انجام شد (Ma & Xuemei, 2005). مدل ها و تئوری های فیزیکی ارائه شده برای گیاهان می توانند شرایط پاسخ های گیاهی را به محیط پیرامون در مقیاس های وسیع به تصویر کشند اما قابلیت آن ها در ارائه این اطلاعات در مورد گیاهان واقعی باید مورد سنجش قرار گیرد. این مدل ها نیازی به کالیبره کردن با استفاده از نمونه برداری میدانی نداشته و با توجه به داده های ورودی مورد نیاز، الگوهای گیاهی منطقه مورد بررسی را تبیین می کنند (Hickler et al., 2004). در مطالعه ای که با استفاده از داده های AVHRR در مدت بیست و یک سال با دقت مکانی ۸×۸ Km برای پایش چند ساله تغییرات پوشش گیاهی در شمال غربی چین انجام شد، رگرسیون های خطی برای شبیه سازی و مشخص کردن روند این تغییرات مورد استفاده قرار گرفتند. در این تحقیق حداکثر مقدار شاخص NDVI در شمال غربی چین در طول دوره مورد مطالعه استخراج و براساس این شاخص تخریب کلی پوشش گیاهی منطقه در طی سال های ۲۰۰۱-۱۹۸۱ مشاهده شد (Ma et al., 2004). در مطالعه دیگری سه نوع مدل رگرسیونی OLS سنتی، OLS معکوس و RMA مقایسه و بررسی شد و از تحلیل مدل های مربوطه LAI را برای یک اکوسیستم زراعی و کانوبی درختان زنده در یک جنگل همیشه سبز درختان سوزنی برگ پیش بینی کردند (Cohen et al., 2003).

با توجه به این موضوع که مطالعه تغییرپذیری پوشش گیاهی برای اعمال برنامه های مدیریتی از اهمیت خاصی برخوردار است، یافتن موثرترین پردازش ها در تفکیک بهتر این پدیده امری ضروری محسوب می گردد. تعیین میزان رابطه ی هر شاخص را می توان با تجزیه و تحلیل های آماری بیان کرد. بر این اساس در این تحقیق سعی بر آن است که با استفاده از رابطه رگرسیونی چند متغیره بین درصد تراکم پوشش گیاهی و داده های تصاویر ماهواره ای ETM⁺، امکان استفاده از نسبت های باندی و تجزیه و تحلیل مؤلفه های اصلی برای پایش پوشش گیاهی منطقه مورد بررسی قرار گیرد.

1- Modified Soil Adjusted Vegetation Index

بودند به فرمت قابل استفاده در نرم افزار Idrisi تبدیل شدند. شاخص های گیاهی نیز محاسبه شده و به صورت مدل در این نرم افزار به کار گرفته شدند. عملیات پردازش تصویر با استفاده از نرم افزار ERDAS IDRSI Kilimanjaro Imagine 8.6 انجام شد. تصاویر منطقه با استفاده از شاخص های مختلف و آنالیز مؤلفه های اصلی مورد بررسی قرار گرفتند. برای تجزیه و تحلیل همبستگی در مورد تمامی باندهای تصویر از مدل رگرسیون چند متغیره خطی استفاده گردید. در این تحلیل همبستگی درصد تراکم پوشش گیاهی به عنوان متغیر وابسته و ارزش های رقومی تصویر به عنوان متغیر مستقل انتخاب شدند. تمامی تحلیل های آماری مربوطه با استفاده از نرم افزار JMP4 انجام شد. مقایسه رگرسیونی نقش مدل های رگرسیونی چند متغیره نشان داد شناسایی بهترین متغیرهای مستقل که قادر به تعیین درصد پوشش گیاهی منطقه می باشند را می توان از این تحلیل استخراج کرد. بنابراین بالاترین ضریب تبیین برای پایش تغییرپذیری پوشش گیاهی منطقه و سنجش پتانسیل تصاویر ماهواره ای ETM⁺ انتخاب شد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

Fig. 1- A map showing the study area

باندهای انعکاسی تصویر ماهواره ای ETM⁺ که با فرمت img

جدول ۱- برخی از باندهای اصلی و ترکیبی مورد استفاده

Table 1- Some of the multi spectral bands and indices

نام اندیس Name index	فرمول Formula	منبع Reference
Contrast reflectance in visible and near Infrared (VNIR2)	$(TM4-TM2)/(TM4+TM2)$	(Arzani & King, 2008)
Contrast reflectance in visible and near Infrared (VNIR1)	$(TM4-TM1)/(TM4+TM1)$	(Arzani & King, 2008)
Normalized difference vegetation index	$(TM4-TM3)/(TM4+TM3)$	(Foody, 2001)
Transformed vegetation index	$(TM5-TM3)/(TM5+TM3)$	(Ma & Xuemei, 2005)
MINI	$(TM7-TM4)/(TM7+TM4)$	(Arzani & King, 2008)
COSRI	$(TM1+TM2)/(TM3+TM4) \times NDVI$	(Fernandez Buces et al., 2006)
BI1	$SQRT((TM3^2+TM2^2+TM1^2)/3)$	(Khan et al., 2001)
BI2	$SQRT(TM3^2+TM4^2)$	(Khan et al., 2001)
SI	$SQRT(TM1 \times TM4)$	(Douaoui et al., 2006)
MSAVI	$TM4+0/5-SQRT((TM4+0/5)^2)+2 \times (TM4-TM3)$	(Yuan & Long, 1995)
Modified normalised difference	$(TM4-(1.2 \times TM3))/(TM4+TM3)$	(Pettorelli et al., 2005)
OSAVI	$(NIR - Red) / (NIR + Red + 0.16)$	(Nikolakopoulos, 2003)
SAVI	$[NIR-RED]/(NIR+RED+L) \times (1+L)$	(Pettorelli et al., 2005)
GEMI	$\eta*(1-0.25*\eta)-(Red-0.125) / (1-Red)$	(Nikolakopoulos, 2003)
EVI	$G*(NIR-RED)/(NIR+c1*RED-c2*BLUE+L)$	(Matsushita et al., 2001)
PCA1	Results of analysis bands 1, 2 & 3	Bahtti et al, 1991; Frazier & Cheng, 1989
PCA2	Results of analysis bands 4, 5 & 7	Bahtti et al, 1991; Frazier & Cheng, 1989
PCA3	Results of analysis bands 1, 2, 3, 4, 5 & 7	Bahtti et al, 1991; Frazier & Cheng, 1989

نتایج و بحث

برای حصول اطمینان بیشتر از متناظر سازی اطلاعات نقاط برداشت شده با مقادیر DN پیکسل‌های مرتبط با هر نقطه ابتدا میانگین ارزش رقومی نه پیکسل در تصویر محاسبه و به پیکسل مرکزی تخصیص یافت. آن گاه جهت بررسی روابط رگرسیونی و انتخاب بهترین شاخص‌ها، ارزش رقومی باندهای اصلی، نسبت‌های باندی و تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی مربوط به نقاط نمونه برداری استخراج و به عنوان متغیر مستقل و مقادیر درصد تراکم پوشش گیاهی به عنوان متغیر وابسته وارد نرم افزار آماری JMP4 گردید. در این راستا پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها مدل رگرسیون خطی به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. برای انتخاب مناسبترین شاخص و رابطه از دو آماره ضریب تبیین و میانگین مربعات خطا استفاده شد. به این ترتیب که در شرایط ضرایب تبیین یکسان، معادله با جذر میانگین مربعات خطا RMSE کمتر ارجحیت دارد (معادله ۱).

$$\text{معادله (۱)} \quad \text{Veg} = -64.20 + 0.96 \text{ b}_3$$

که در آن Veg پوشش گیاهی بر حسب درصد و b_3 ارزش رقومی باند ۳ می‌باشد. بر اساس نوع شاخص‌های اعمال شده نتایج در ۳ گروه باندهای اصلی، نسبت‌های باندی و آنالیز مؤلفه‌های اصلی برای درصد تراکم پوشش گیاهی کل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که باند ۳ سنجنده ETM^+ با مقدار ضریب تبیین ۰/۴۶ در بین تک باندها و شاخص‌های SI، BI1، PCA1 و PCA3 دارای ضرایب تبیین بالاتری هستند. براین اساس وجود رابطه بین متغیرها با استفاده از روش رگرسیونی گام به گام پس رونده مورد بررسی قرار گرفت. معادله حاصل برای کل نمونه‌ها با $R^2 = 0.46$ و $\text{RMSE} = 8.28$ از ضریب تبیین چندان بالایی برخوردار نیست. در معادله (۱) Veg پوشش گیاهی سطح بر حسب درصد و b_3 ارزش‌های رقومی باند ۳ می‌باشد و بیانگر این موضوع است که باند ۳ در بررسی و مطالعه پوشش منطقه از پتانسیل بالاتری برخوردار است. به منظور دستیابی به رابطه‌ای با مشخصه‌های بهتر برای توجیه تراکم پذیری پوشش منطقه، روش تفکیک ارزش‌ها در دو طیف اراضی با کاربری زراعی و پوشش طبیعی مورد آزمون قرار گرفت (جدول ۲).

این ارزش‌های رقومی در سه گروه باندهای اصلی، نسبت‌های باندی و تجزیه مؤلفه‌های اصلی نتایج با تفاوت چشمگیری را نشان دادند. به طوری که در اراضی با کاربری زراعی و پوشش طبیعی ضرایب تبیین افزایش قابل توجهی داشتند. در اراضی با کاربری زراعی باند ۳ با $R^2 = 0.6$ بالاترین ضریب و باندهای ۲ و ۴ در پایش پوشش منطقه ضریب تبیین یکسانی را با مقدار $R^2 = 0.4$ نشان دادند. اما با توجه به کمتر بودن مقدار RMSE در استفاده از باند ۴ می‌توان این

باند را برای برآورد درصد تراکم پوشش گیاهی اراضی زراعی مناسب ارزیابی نمود. PCA1 و شاخص‌های DVI، NDVI، BI1 و BI2 بالاترین ضریب تبیین را نشان دادند. اما باند ۳ با بیشترین R^2 و کمترین RMSE در اراضی با پوشش طبیعی نتیجه مطلوبتری را نشان داد. در بررسی رابطه بین شاخص‌های متداول و مؤلفه‌های اصلی با پوشش گیاهی منطقه نیز PCA1 و PCA3 با ضریب تبیین یکسان رابطه قوی‌تری را با پوشش گیاهی منطقه نشان دادند که با توجه به RMSE پایین‌تر در PCA3 این مؤلفه در برآورد شرایط پوشش در منطقه از قابلیت بالاتری برخوردار است. شاخص‌های SAVI، MSAVI، BI1، BI2، COSRI و ضرایب تبیین بالاتر و روابط مطلوبتری ارائه دادند. به منظور ارزیابی روش مورد استفاده امکان وجود روابط بین متغیرهای مستقل و در صد تراکم پوشش گیاهی با استفاده از روش رگرسیون گام به گام بررسی گردید و مشاهده شد که این روابط با مشخصه‌های آماری مطلوبتر نسبت به حالت اول در مطالعه الگوی تغییر پذیری پوشش از کارایی بالاتری برخوردار هستند (معادلات ۲ و ۳).

$$\text{معادله (۲)} \quad \text{Veg} = -18.1 + 1.26\text{BI}_2 + 22.78 \text{ b}_3$$

$$\text{معادله (۳)} \quad \text{Veg} = 25.78 + 0.76\text{SAVI} + 0.65 \text{ b}_3$$

در معادلات (۲) و (۳) Veg پوشش گیاهی سطح بر حسب درصد می‌باشد. در معادله (۲)، $R^2 = 0.65$ و $R^2 = 0.16$ و در معادله (۳)، $R^2 = 0.58$ و $R^2 = 0.27$ می‌باشند. نتایج نشان داد که به طور کلی بین داده‌های حاصل از سنجنده ETM^+ و درصد تراکم پوشش گیاهی به عنوان مشخصه گیاهی می‌توان روابط مناسبی را یافت. نتایج تحلیل باندهای ۳ و ۴ پس از تفکیک اراضی به کاربری‌های همگن از نظر نوع پوشش نشان داد که ضرایب تبیین نسبتاً بالایی برای باند‌های ۳ و ۴ به دست می‌آید. در این مورد می‌توان علت را به انعکاس زیاد پوشش گیاهی در نواحی قرمز و مادون قرمز نزدیک مربوط دانست. نتایج فوق با یافته‌های زولین‌گو و پرایس (XulinGuo & Price, 2001) مطابقت دارد.

با این وجود در تحلیل شرایط فوق، مقادیر ضرایب نسبتاً پایین را به ویژه در زمان بررسی پوشش کل می‌توان به نوع پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک و سازگاری پوشش با اقلیم این مناطق نسبت داد. به طوری که پوشش گیاهی در این مناطق به شدت تحت تاثیر خصوصیات خاک از قبیل بافت خاک، رطوبت، ماده آلی و میزان عناصر معدنی و پدیده مهم شوری خاک و نیز پارامترهای اقلیمی منطقه می‌باشند (Barnes et al., 2003). گیاهان سبز با سازه برگ‌گی کامل به علت وجود فضای بین سلولی، مقدار زیادی از پرتوهای مادون قرمز نزدیک را انعکاس می‌دهند.

جدول ۲- معادلات و ضرایب تبیین بین باندهای اصلی، شاخص‌های پوشش گیاهی و خاک و مؤلفه‌های اصلی و درصد تراکم گیاهی
 Table 2- The equations describing relations between the main bands, the vegetation indices, soil indices the principal components and the percentage of vegetation coverage. The related R-Squares are also included.

باند های اصلی Spectrum bands	گروه Group	معادله Equation	R ²	RMSE
Band 1	TVC*	Veg= -141.4243 + 2.3109152 band1	0.34	8.69
	AL**	6049756 band1.Veg= -166.5284 + 2	0.37	5.76
	NC***	Veg= -57.20716 + 1.1739527 band1	0.4	2.31
Band 2	TVC	Veg= -96.54334 + 1.6745203 band2	0.3	8.82
	AL	Veg= -124.745 + 1.9949136 band2	0.4	5.68
	NC	Veg= -37.00365 + 0.8818419 band2	0.35	2.45
Band 3	TVC	Veg= -64.20423 + 0.9582626 band3	0.46	8.28
	AL	2051773 band3.10341 + 1.Veg= -93	0.6	5.31
	NC	Veg= -13.99888 + 0.4652395 band3	0.57	2
Band 4	TVC	Veg= 0.1584243 + 0.3922194 band4	0.36	8.65
	AL	Veg= -10.06405 + 0.4826513 band4	0.4	5.6
	NC	Veg= -84.812717+ 0.4605693 band4	0.38	2.4
Band 5	TVC	Veg= -43.98116 + 0.8503045 band5	0.26	8.85
	AL	9419187 band5.80694 + 0.Veg= -54	0.26	5.85
	NC	Veg= -35.13004 + 0.7303041 band5	0.31	2.54
Band 7	TVC	Veg= -4.802023 + 0.550891 band7	0.2	8.94
	AL	57043 band7.048296 + 0.Veg= -8	0.32	5.71
	NC	Veg= -4.235686 + 0.5235181 band7	0.31	2.5
PCA1	TVC	Veg= -78.40448 + 0.5469369 pca1	0.38	8.61
	AL	1097122 pca1.91494 + 1.Veg= -35	0.58	5.4
	NC	Veg= -1.095359 + 0.5890651 pca1	0.47	2.3
PCA2	TVC	0.3390285 pca2+Veg=- 59.62746	0.35	8.68
	AL	Veg= -22,57807 + 0,7913826 pca1 2	0.36	5.79
	NC	Veg= -20.83396 + 0.7663211 pca1 2	0.38	2.46
PCA3	TVC	Veg= -54.86182 + 0.4804594 pca3	0.33	8.71
	AL	0968608 pca1 3.19648 + 1.Veg= -36	0.5	5.56
	NC	Veg= -10.02047 + 0.697818 pca1 3	0.47	2.2
VNIR1	TVC	Veg= -48.91643 + 0.95462 VNIR1	0.17	8.97
	AL	253417 VNIR1.625157 + 2.Veg= 36	0.26	5.87
	NC	Veg= -35.879671 + 1.6769379 VNIR1	0.24	2.55
VNIR2	TVC	Veg= -50.272851 + 1.77739 VNIR2	0.21	8.9
	AL	Veg= 40.862538 + 2.926789 VNIR2	0.33	5.69
	NC	1.2129205 VNIR2+Veg= -35.690311	0.3	2.45
NDVI	TVC	Veg= -30.380878+ 1.8011 NDVI	0.2	8.92
	AL	Veg= 46.298872 + 2.071867 NDVI	0.46	5.48
	NC	1.143997 NDVI+Veg= -35.656957	0.34	2.4
TVI	TVC	Veg=- 161.69558 + 1.7473 TVI	0.22	8.88
	AL	Veg= -0.389404 + 0.444476 TVI	0.41	5.6
	NC	1.4858565 TVI+Veg= -36.711674	0.33	2.41
MND	TVC	Veg= 17.473872+ 1.19999 MND	0.2	8.94
	AL	Veg= 50.855236 + 0.861087 MND	0.4	5.64
	NC	Veg=- 35.721929 + 0.5454925 MND	0.45	2.34

* Total Vegetation Cover

** Agriculture Land

*** Natural Cover

ادامه جدول ۲
Table 2- Continue

Spectrum bands	گروه Group	معادله Equation	R ²	RMSE
MINI	TVC*	Veg= -43.863183 + 0.623385 MINI	0.16	9.06
	AL**	Veg= 45.459029 + 1.732852 MINI	0.27	5.9
	NC***	0.2249092 MINI+Veg= -35.746804	0.2	2.6
BI1	TVC	Veg= -103.8133 + 1.5741796 BI1	0.35	8.64
	AL	Veg= -83.209882 + 0.1570796 BI1	0.5	5.5
	NC	Veg= -35.9214 + 0.0018299 BI1	0.51	2.31
BI2	TVC	Veg= -72.50359 + 0.7694508 BI2	0.28	8.8
	AL	Veg= 64.072401 - 0.1351708 BI2	0.56	5.46
	NC	Veg= 35.317079 + 0.0028016 BI2	0.53	2.23
SI	TVC	Veg= -102.06 + 1.5401279 SIsal	0.34	8.68
	AL	0.0599147 SIsal+Veg= -49.559293	0.4	5.67
	NC	Veg= 35.620688 + 0.00123 SIsal	0.45	2.4
GEMI	TVC	Veg= -32.63631+ 0.0196445 GEVI	0.01	9.13
	AL	Veg= 72.633072 + 0.0139594 GEVI	0.25	5.95
	NC	Veg= -35.736737+ 0.00207 GEVI	0.13	2.73
EVI	TVC	Veg=- 33.289317+ 2.90311 EVI	0.02	9.08
	AL	Veg= 47.607235 + 1.875287 EVI	0.32	5.77
	NC	Veg= -35.30928 + 0.982551 EVI	0.1	2.8
COSRI	TVC	Veg= -30.627852 +1.80273 COSRI	0.23	8.92
	AL	Veg= 46.589827 + 0.647342 COSRI	0.35	5.7
	NC	Veg= -35.260223 3.4708276 COSRI	0.5	2.34
DVI	TVC	Veg= -31.24911 + 1.645131 DVI	0.22	8.9
	AL	Veg= 47.074894 + 0.269419 DVI	0.45	5.54
	NC	Veg= 19.873902 + 0.1109908 DVI	0.41	2.46
MSAVI	TVC	Veg= 30.38762 + 2.143504 MSAVI	0.24	8.85
	AL	Veg=- 44.271554 + 3.7058097 MSAVI	0.37	5.6
	NC	Veg= 35.726576 + 0.0772035 MSAVI	0.5	2.3
SAVI	TVC	Veg= -30.455816 + 92.916365 SAVI	0.2	8.96
	AL	Veg= 46,780827 + 3.292178 SAVI	0.4	5.61
	NC	Veg= -35.6869 + 0.6747172 SAVI	0.54	2.3
OSAVI	TVC	Veg= -30.464086+ 1.49117 OSAVI	0.2	9.02
	AL	Veg= 44.338772 + 0.9360472 OSAVI	0.38	5.58
	NC	Veg= -35.78124 + 0.1293359 OSAVI	0.45	2.43

* Total Vegetation Cover

** Agriculture Land

*** Natural Cover

از طرفی این شاخص در منطقه مورد مطالعه با پوشش گیاهی به ندرت سبز و سازگار با اقلیم خشک و نیمه خشک برای پایش پوشش منطقه مناسب ارزیابی گردید که مشابه نتایج اسکادافل و همکاران (et Escadafal al., 2005) می باشد. همچنین شاخص NDVI به عنوان یکی از پرکاربردترین شاخص های پوشش گیاهی جهت شناسایی پوشش مناطق با کاربری زراعی نتایج مطلوبی نسبت به سایر شاخص ها ارائه داد. به طوری که در مقادیر نزدیک به ۱+ نشان دهنده پوشش انبوه گیاهی است (Ray et al., 2004). شاخص ترکیبی COSRI که با تعدیل شاخص NDVI حاصل می شود در منطقه مورد مطالعه برای زمین های با پوشش طبیعی و به صورت پراکنده،

در نتیجه بازتاب طیفی گیاهان در این ناحیه به شدت افزایش می یابد که این میزان شدت به نوع، تراکم و سلامت گیاه بستگی دارد (Brickleymer et al., 2002). درصد تاج پوشش کم، با تعداد برگ کم و به ندرت سبز و پوشیده از کرک و ناچیز بودن پوشش این مناطق مشکل اساسی در بررسی پوشش گیاهی است. از این رو انعکاس حاصل از این گیاهان به شدت تحت تاثیر خاک زمینه است (Taherkia, 1996). نتایج نشان می دهد که BI به عنوان شاخص موثری در پایش تغییرات مکانی پوشش منطقه ترکیبی از باندهای ۳ و ۴ است. بیشترین بازتاب پوشش گیاهی نیز در همین باندها می باشد (Matsushita et al., 2001).

محصول و خصوصیات خاک نیز بهره گرفت که نتایج بریکلیمر و همکاران (Brickleymer et al., 2002) نیز آن را تایید می نماید.

نتیجه گیری

استفاده و ارزیابی شاخص‌های حاصل از نسبت‌های طیفی باندهای مختلف سنجنده ETM^+ ماهواره لندست نشان داد که اگرچه نقش شاخص‌های مختلف حاصل از دو باند قرمز و مادون قرمز نزدیک غیر قابل انکار است، اما کاربرد سایر ترکیب‌های باندی نیز می تواند در مطالعه پوشش گیاهی منطقه مورد استفاده قرار گیرند. مؤلفه‌های حاصل از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی در شناسایی و تفکیک این پدیده از پتانسیل بالایی برخوردار هستند. از طرفی نتایج این تحقیق نشان داد که باند ۳ و نسبت های باندی ترکیبی باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک نقش تعیین کننده‌ای در تحلیل تغییرپذیری طیفی پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه دارند. مدل‌های حاصل از این نتایج را برای ارزیابی کاربری‌ها و تراکم پوشش در اراضی منطقه می توان استفاده نمود و نتایج حاصل از آن را به مناطق با خصوصیات مشابه تعمیم داد. همچنین پیشنهاد می شود این شاخص‌ها و پردازش‌ها در مناطق دیگری نیز مورد مطالعه و ارزیابی قرار گیرند. از این رو با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده ETM^+ می توان به مطالعه برخی از پدیده‌ها و عوارض سطح زمین از قبیل پوشش گیاهی که به علل مختلف در اثر عوامل طبیعی و انسانی دچار تغییر شده در سطح وسیع پرداخت که این امر در آشکارسازی، پایش و پیش بینی چنین تغییراتی در یک اکوسیستم از اهمیت بسزایی برخوردار است.

مناسب ارزیابی گردید و بر اساس نتایج فرناندز بوسس و همکاران (Fernandez Buces et al., 2006)، برای مطالعه تغییرات خاک های بایر با پوشش پراکنده و پاسخ های طیفی پوشش گیاهی می تواند استفاده شود. همچنین نتایج حاصل بیانگر حساسیت بیشتر شاخص SAVI نسبت به OSAVI در برآورد پوشش گیاهی است. به طوری که شاخص SAVI با کاهش اثرات کانی های مختلف در پایش پوشش مناطق خشک از کارایی بالایی برخوردار بوده و مشابه نتایج هوت (Huete, 1989) و بویانتوی (Buyantuyev, 2007) می باشد. ضرایب تبیین بالا در شاخص های OSAVI, MSAVI, SI, TVI, MND، به ترتیب با مقادیر ۰/۴۵، ۰/۴۵، ۰/۴۵، ۰/۳۳ و ۰/۴۵ حاکی از آن است که این شاخص ها با حذف یا کاهش اثر خاک زمینه می توانند روابط بهتری را برای برآورد پوشش گیاهی منطقه به خصوص در اراضی با پوشش طبیعی ایجاد نمایند که با نتایج نیکولا کوپولوس (Nikolakopoulos, 2003) مطابقت دارد. بررسی و مقایسه ضرایب تبیین بین مؤلفه های مختلف حاصل از تجزیه و تحلیل مؤلفه های اصلی نیز نشان داد که مؤلفه اصلی ۱ حاصل سه باند ۱، ۲ و ۳ و مؤلفه اصلی ۳ حاصل کلیه باندها که با پوشش گیاهی رابطه مناسبی برقرار کرده و می توانند اطلاعات کلی از وضعیت پوشش گیاهی منطقه به خصوص در رابطه با نوع و ترکیب پوشش در منطقه خشک و نیمه خشک ارائه دهند که مشابه یافته های موللی و همکاران (Moleele et al., 2001) است. نتایج حاصل از برآورد تراکم پوشش گیاهی به ویژه در کاربری ها با پوشش مشابه با استفاده از تصاویر ماهواره ای ETM^+ نشان داد که این تصاویر از کارایی بالایی برخوردار بوده و آنالیزهای حاصل از آن ها را می توان برای تعیین عملیات کشاورزی، نوع محصول، بیوماس محصول، عملکرد

منابع

- 1- Aitkenhead, M.J., and Aalders, I.H. 2008. Classification of Landsat thematic mapper imagery for land cover using neural networks. *International Journal of Remote Sensing* 1:1-10.
- 2- Arzani, H., and King, G.W. 2008. Application of remote sensing (landsat TM data) for vegetation parameters measurement in western division of NSW. In: *Proceedings of the International Grassland Congress*. Hohhot, China. ID NO. 1083.
- 3- Bahtti, A.U., Mulla, D.J., and Frazier, B.E. 1991. Estimation of soil properties and wheat yields on complex eroded hills using geostatistics and thematic mapper images. *Remote Sens. Environment* 31: 181- 191.
- 4- Barnes, E.M., Sudduth, K.A., Hummel, J.W., Lesch, S.M., Corwin, D.L., Yang, C., Daughtry, C.S.T., and Bausch, W.C. 2003. Remote and ground-Based sensors techniques to map soil properties. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 69: 619-630.
- 5- Brickleymer, R.S., Lawrence, R.L., and Miller, R.R. 2002. Documenting no-till and conventional till practices using Landsat ETM^+ imagery and logistic regression. *Soil and Water Conservation* 57: 267-271.
- 6- Buyantuyev, A. 2007. SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) of the 2005 Landsat Thematic Mapper Image. Retrieved May 10, 2008 from http://seinet.asu.edu/DataCatalog/wholeRecord.jsp?id=370&source=ces_dataset
- 7- Cohen, W.B., Maersperger, T.K., Gower, S.T., and Turner, D.P. 2003. An improved strategy for regression of biophysical variables and Landsat ETM^+ data. *Remote Sensing of Environment* 84: 561-571.
- 8- Douaoui, A.E.K., Nicolas, H., and Walteer, C. 2006. Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote sensing data. *Geoderma* 134: 217- 230.
- 9- Escadafal, R., Albinet, F., and Simonneaux, V. 2005. Arid Land cover change trend analysis with series of satellite

- images for desertification monitoring in Northern Africa.
<http://www.isprs.org/publications/related/ISRSE/html/papers/953.pdf>
- 10- Farifteh, J., and Farshad, A. 2002. Remote sensing and modeling of topsoil properties, a clue for assessing land degrading. In: Proceedings of the 17th-World Congress of soil Science. Bangkok Thailand 14-20 August, 865.
 - 11- Fernandez Buces, N., Siebe, C., Cram, S., and Palacio, J.L. 2006. Mapping soil salinity using a combined spectral response index for bare soil and vegetation: A case study in the former lake Texcoco, Mexico. *Arid Environments* 65: 644-667.
 - 12- Foody, G.M., Cutler, M., Mcmorrow, J., Pelz, D., Tangki, H., Boyd, D.S., and Douglas, I. 2001. Mapping the biomass of Bornean tropical rain forest from remotely sensed data. *Global Ecology and Biogeography* 10: 379-387.
 - 13- Frazier, B.E., and Cheng, Y. 1989. Remote sensing of soils in eastern Palouse region with Landsat thematic mapper. *Remote sense. Environment* 28: 317- 325.
 - 14- Hickler, T., Smith, B., Sykes, M.T., Davis, M.B., Sugita, S., and Walker, K. 2004. Using a generalized vegetation model to simulate vegetation dynamics in northeastern USA. *The Ecological Society of America* 85: 519-530.
 - 15- Huete, A.R. 1989. Soil influences in remotely-sensed vegetation canopy spectra, Chapter 4. In: G. Asrar (ed.), *Theory and Applications of Optical Remote Sensing*. John Wiley and Sons, N.Y., pp. 107-141.
 - 16- Khan, N.M., Rastoskuev, V.V., Shalina, E.V. and Sato, Y. 2001. Mapping Salt Affected Soils using remote sensing Indicators a simple approach with the use of GIS IDRISI. In: Proceedings of the 22nd Asian Conference on Remote Sensing, 5-9 November, Singapore. Center for Remote Imaging, Sensing and Processing (CRISP), National University of Singapore; Singapore Institute of Surveyors and Valuers; Asian association on remote sensing
 - 17- Ma, M and Xuemei, W. 2005. Vegetation cover change during 1981 to 2001 in Northwest China. The Eighth International Conference on Dryland Development 25-28 February 2006, Beijing, China.
 - 18- Ma, Y.M., Menenti, M., Tsukamoto, O., Ishikawa, H., Wang, J.M., and Gao, Q.Z. 2004. Remote sensing parameterization of regional land surface heat fluxes over arid area in northwestern China. *Arid Environments* 57: 117-133.
 - 19- Matsushita, B., Yang, W., Chen, J., Onda, Y., and Qiu, G. 2001. Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and normalized difference vegetation index (NDVI) to topographic effects: a case study in high-density cypress forest. *Sensors* 7: 2636-2651.
 - 20- Moleele, N., Ring rose, S., Arenberg, W., Lunden B., and Vanderpost, C. 2001. Assessment of vegetation Indexes useful for browse production in semi-arid rangelands. *International Remote Sensing* 22: 741-756.
 - 21- Nikolakopoulos, K.G. 2003. Use of Vegetation Indexes with ASTER VNIR Data for Burnt Areas Detection in Western Peloponnese, Greece. In: Proceedings of Geoscience and Remote Sensing Symposium, Athens, IGARSS 03, IEEE International 5: 3287-3289.
 - 22- Pettorelli, N., Vik, J.O., Mysterud, A., Gaillard, J.M., Tucker, C.J., and Stenseth, N.C. 2005. Using the satellite – derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in ecology and evolution* 9: 503-510.
 - 23- Ray, S.S., Singh, J.P., Dasa, G., and Panigrahy, S. 2004. Use of high resolution remote sensing data for generating sitespecific soil mangement plan. In: Proceeding of the 4th International Society for Photogrammetry and Remote sensing congress. July 12-23, Istanbul, Turkey. p. 127 ff.
 - 24- Saxsena, R.K., Verma, K.S., Srivastava, R., Yadav, J., Patel, N.K., Nasre, R.A., Barthwal, A.K., Shiwalkar, A.A., and Londhe, S.L. 2003. Spectral reflectance properties of some dominant soils occurring on different altitudinal zones in Uttarancha Himalayas. *Agropedology* 13: 35- 43.
 - 25- Taher kia, H., 1996. Remote Sensing. Tehran University. Iran. (In Persian)
 - 26- Xulin G, and Price, P. 2001. Modeling biophysical factors for grasslands in eastern Kansas using Landsat TM data. *The Transaction of Kansas Academy of Science* 103(3-4):122-138
 - 27- Yuan, J., and Long, L. 1995. Study on forest vegetation classification with remote sensing. In: Proceeding of The Second IFIP International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture (CCTA2008), October 18-20, 2008, Beijing, China.