

بررسی قابلیت داده‌های طیفی سنجنده ETM^+ در برآورد مقدار ماده آلی سطحی خاک

(مطالعه موردی: بخشی از مراتع حوزه آبخیز مهر سبزوار)

شعبان شتایی^۱، محسن حسینعلی‌زاده^۲ و شمس‌ا... ایوبی^۳

چکیده:

اندازه‌گیری میزان ماده آلی سطحی خاک و تهیه نقشه آن به روش عملیات زمینی عموماً پرهزینه و وقت‌گیر می‌باشد. بررسی قابلیت داده‌های طیفی ماهواره ای در این زمینه و در صورت اثبات کارایی این داده‌ها می‌تواند مشکلات فوق را تا حدودی مرتفع سازد. در این خصوص و در مطالعه ای به بررسی ارتباط بین انعکاسهای طیفی خاک با استفاده از داده‌های سنجنده ETM^+ ماهواره لندست ۷ با ۹۴ نمونه ماده آلی سطحی خاک در بخشی از مراتع فقیر حوزه آبخیز مهر سبزوار پرداخته شد. تصحیح هندسی تصاویر ضمن رفع اثر خطای جابجایی ناشی از پستی و بلندی با استفاده از نقاط کنترل زمینی و مدل رقومی زمین (DTM) با دقت ۱۰ متر صورت گرفت. در این تحقیق علاوه بر باندهای اصلی، شاخص‌های گیاهی و خاک حاصل از نسبت‌گیری باندها، مولفه‌های حاصل از تبدیل تسلدکپ و آنالیز مؤلفه‌های اصلی نیز برای این بررسی مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌های مواد آلی به روش تصادفی سیستماتیک-آشپانه‌ای و با استفاده از دستگاه GPS بر روی زمین پیاده و برداشت گردید. میزان مواد آلی سطحی خاک در محل نمونه‌ها در محیط آزمایشگاه تعیین گردید. میزان انعکاس طیفی نمونه‌ها بر روی ۱۷ باند اصلی و پردازش شده استخراج گردید. آنالیز بررسی همبستگی بین داده‌های فوق انجام گردید. نتایج نشان داد که بین انعکاس طیفی مولفه‌های نمناکی و سبزی‌نگی و شاخص‌های پوشش‌های گیاهی DVI، NDVI و SAVI با مقدار ماده آلی سطحی خاک همبستگی خطی معنی‌داری در سطح ۰.۵٪ وجود دارد. با برازش انواع رگرسیونهای چندمتغیره و گام به گام با حفظ و حذف داده‌های پرت در سطح (۳ Sd) در سطوح احتمال ۱ و ۰.۵٪، بهترین مدل‌های برازش انتخاب گردید. در مدل رگرسیونی چندمتغیره در دو حالت حفظ و حذف داده‌های پرت، مدل‌های برازش داده شده در سطوح احتمالی ۱ و ۰.۵٪ معنی‌دار نبوده است. کمترین تعداد متغیر از بین مدل‌های مذکور به مدل رگرسیونی گام به گام با دو متغیر اختصاص داشته که در سطوح احتمال ۱ و ۰.۵٪ معنی‌دار بوده است. این تحقیق نشان داد که داده‌های طیفی ماهواره ای قابلیت تفکیک ماده آلی سطحی خاک را در شرایط منطقه و در مراتع خشک تا نیمه خشک را تا حدودی دارا نمی‌باشند.

واژه‌های کلیدی: ماده آلی سطحی خاک، انعکاس طیفی، ETM^+ ، سنجش از دور، حوزه آبخیز مهر سبزوار

۱- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، E-mail: Shataee@gau.ac.ir

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه بیرجند

۳- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

بودن، دید وسیع و تنوع فرم اطلاعاتی می باشد که میتواند بعنوان یک منبع جایگزین در تهیه اطلاعات در زمینه های مختلف مطرح گردد. تصاویر ماهواره‌ای توسط محققین فراوانی در زمینه علوم خاک به روشهای مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است (۲۲) و (۱۵). استخراج داده‌های طیفی در ارتباط با نوع هدف از طریق تکنیکهای پردازش تصویر نظیر نسبت‌گیری و آنالیز مؤلفه‌های اصلی نیز قابل دستیابی است (۲۰). اطلاعات طیفی در زمینه‌های مختلفی نظیر ترکیب سنگها و کانیه‌ها توسط هاسکنت و همکاران^۱ (۱۹۹۹)، پوشش‌های گیاهی توسط گائو و همکاران^۲ (۱۹۹۵)، شرایط آبی توسط پیرسون^۳ (۱۹۹۸) و توزیع گازهای اتمسفریک توسط ریچتر و لودکر^۴ (۱۹۹۸) به کار رفته است. از سویی انعکاس طیفی خاک تابع شرایط مختلف خاک می‌باشد. انعکاس طیفی خاکهای شخم خورده در ارتباط با خصوصیات خاک نظیر رطوبت، ماده آلی سطحی، اکسید آهن و بافت خاک بوده، به نحوی که مقدار ماده آلی سطحی خاک موجود در آن منجر به کاهش انعکاس طیفی خاک می‌شوند (۱۳). نوماتا و همکاران^۵ (۲۰۰۳) ذکر کرده‌اند که بعلت تبعیت حاصلخیزی مرتع از حاصلخیزی خاک، آنالیز ارتباط بین اندازه‌گیریهای سنجش از دور بر خصوصیات بیولوژیکی مرتع و چراگاه و خصوصیات فیزیکیوشیمیایی خاک تمرکز داشته که می‌تواند اطلاعات مناسبی را برای

تعیین میزان مواد آلی سطحی خاک مراتع و تهیه نقشه آن برای بررسی وضعیت مراتع و کمک به توسعه و اصلاح مراتع بسیار ضروری میباشد. مواد آلی سطحی خاک در تعیین حاصلخیزی مراتع نقش بسزایی خواهد داشت. با وجود اینکه ماده آلی خاک معمولا حدود ۵-۱٪ از حجم افق سطحی خاک را تشکیل می‌دهند ولی تقریبا تمامی خصوصیات فیزیکیوشیمیایی و بیولوژیکی خاک تحت تاثیر آن قرار می‌گیرد. علاوه بر این ماده آلی خاک بر روی انحلال و مهاجرت عناصر خاک تاثیرگذار بوده و یک مؤلفه اصلی در ذخیره عناصر ضروری پرمصرف (ماکرو) و کم مصرف (میکرو) محسوب، و سمیت آفت کشها و عناصر سنگین را خنثی می‌کند (۱۶). وظایف عمده دیگر ماده آلی شامل تشکیل ساختمان خاک و پایدار شدن آن، تنظیم و آزاد سازی موادغذایی، تسریع فعالیت های بیولوژیکی و افزایش ظرفیت تبادل یونی خاک می‌باشد (۷).

اندازه‌گیری میزان ماده آلی سطحی خاک و تهیه نقشه آن به روش عملیات زمینی عموما پر هزینه و وقت گیر می‌باشد. بررسی قابلیت داده های طیفی ماهواره ای در این زمینه و در صورت اثبات کارایی این داده ها می‌تواند مشکلات فوق را تا حدودی مرتفع سازد. از سویی دیگر، مقدار ماده آلی سطحی خاک در طبیعت دارای تغییرات زمانی و مکانی بوده که برآورد میزان و مقدار آن توسط تکنیکهای نوین از جمله فن سنجش از دور قابل بررسی می‌باشد. تصاویر ماهواره‌ای دارای قابلیت های متمایزی نظیر پوشش تکراری، چند طیفی

¹ - Hausknecht *et al*

² - Gao *et al*

³ - Pierson *et al*

⁴ - Richter & Ludeker

⁵ - Numataa *et al*

در ایالت متحده امریکا پرداخته و برای آن مناطق رگرسیونهای مختلفی را با ضرایب تبیین بالا ($R^2 > 0/89$) بدست آوردند. از طرف دیگر اینگلبی و همکاران^۵ (۱۹۹۹) به بررسی ارتباط بین انعکاس طیفی و ماده آلی خاک در ۵ منطقه از اراضی ساسکاتچوان^۶ کانادا پرداخته و به هیچ گونه مدل مناسبی که ارتباط بین این دو گزینه را نشان دهد دست نیافتند. دمت و همکاران^۷ (۲۰۰۳) تاثیر ماده آلی را بر انعکاس طیفی در خاکهای مختلف حاره‌ای مورد مطالعه قرار داده، و در تحقیق خود به این نتیجه رسید که بین ماده آلی سطحی خاک و انعکاس طیفی آن رابطه معکوسی وجود دارد.

باتی و همکاران^۸ (۱۹۹۱) و فرازیر و چن^۹ (۱۹۸۹) نیز نسبت (MIR/NIR) را به عنوان ترکیبی مناسب در تعیین مقدار مواد آلی با روش داده‌های طیفی معرفی کرده‌اند. دلیل این نتایج ضد و نقیض را میتوان به عوامل زیادی از جمله شرایط منطقه مورد مطالعه از نظر میزان مواد آلی و توزیع مکانی آن، وضعیت پوشش گیاهی، مواد معدنی و خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک و همچنین به مواد و روش‌های بکار گرفته شده نسبت داد. این مطلب موبد این مطلب میباشد که با انجام تحقیقات متعدد و در مناطق مختلف نظیر آنچه که در این تحقیق به آن پرداخته شده است بایستی به بررسی قابلیت داده‌های طیفی ماهواره‌ای در برآورد مشخصه‌های

پیمایش تغییرات اکولوژیکی در کلاسهای پوشش زمین فراهم کند. توما و همکاران^۱ (۲۰۰۴) در ایالت متحده امریکا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM⁺، مدل‌های رگرسیونی چند متغیره‌ای را برای بیان ارتباط بین باندهای اصلی ماهواره‌ای و درصد بقایای گیاهی ارزن ($R^2 = 0/44$) و سویا ($R^2 = 0/66$) بدست آوردند.

در مورد اطلاعات طیفی خاک نظریات متفاوتی وجود دارد. به عنوان مثال تحت شرایط آزمایشگاهی، اطلاعات طیفی محدوده-های مرئی، قرمز و مادون قرمز توانایی تشخیص خصوصیات خاک، پوشش گیاهی، سنگ و سنگریزه و مواد معدنی را دارا هستند (۶). از طرف دیگر بندور و بنین^۲ (۱۹۹۴) اذعان داشته‌اند بعلاوه اینکه خاک سیستم پیچیده‌ای است، خصوصیات خاک از طریق انعکاس طیفی حتی تحت شرایط آزمایشگاهی به آسانی و بطور مستقیم قابل برآورد و اندازه‌گیری نیستند. دمت و همکاران^۳ (۲۰۰۴) به مقایسه تهیه نقشه‌های خاک با استفاده از ۳۰ نمونه خاک در عمق‌های ۲۰-۶۰، ۴۰-۱۰۰ سانتی متر به روشهای مرسوم و نوین سنجش از دور پرداخته و روش تهیه نقشه‌های متغیرهای خاک با استفاده از تصویر ماهواره‌ای را به عنوان روشی مناسب ارائه داده‌اند. چن و همکاران^۴ (۲۰۰۵) به تهیه نقشه ماده آلی سطحی خاک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در سه منطقه فاقد پوشش گیاهی

⁵ - Ingleby & Crowe

⁶ - Saskatchewan

⁷ - Dematte

⁸ - Bahtti

⁹ - Frazier & Chen

¹ - Thoma *et al*

² - Ben-Dor & Banin

³ - Dematte *et al*

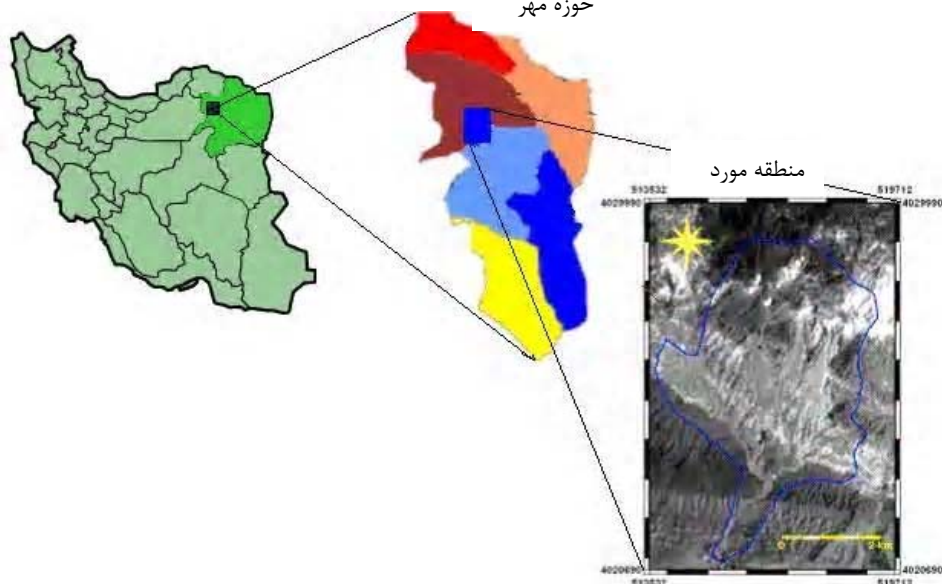
⁴ - Chen *et al*

جغرافیایی "۱۰/۱۰" ۵۷° تا "۱۱/۴۸" ۵۷° شرقی و عرضهای جغرافیایی "۳۶° ۲۲' ۳۶" تا "۳۶° ۲۳' ۱۸" شمالی قرار دارد. از نظر زمین-شناسی دارای ۸ واحد سنگی بوده و از نظر قابلیت‌اراضی دو واحد تپه و کوه را شامل می‌شود. پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه عمدتاً از مراتع فقیر و دارای تاج پوشش بسیار تنک می‌باشد. متوسط بارندگی و دمای سالانه آن به ترتیب تقریباً برابر ۲۶۵ میلیمتر و ۱۵ درجه سانتیگراد در سال می‌باشد. اقلیم منطقه با استفاده از روش دومارتن، خشک برآورد.

خاک پرداخت. هدف از انجام این تحقیق، پی بردن به وجود ارتباط داده‌های طیفی سنجنده ETM⁺ با مقدار ماده آلی سطحی خاک و با توجه به قدرت تفکیک طیفی و مکانی مناسب آن در بخشی از مراتع فقیرحوزه آبخیز مهر سبزوار بوده است.

مواد و روشها:

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه با مساحت ۲۹۲۵ هکتار در حوزه آبخیز مهر سبزوار در ۵۱ کیلومتری شهرستانهای سبزوار-شاهرود واقع شده و بین طولهای حوزه مهر



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه در ایران و استان خراسان رضوی

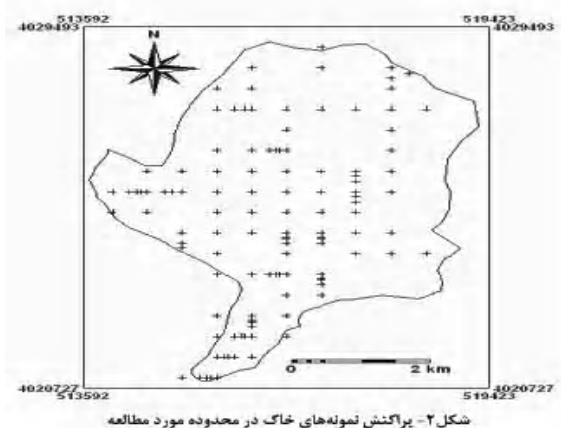
داده‌ها:

در این تحقیق با توجه به قدرت تفکیک طیفی و مکانی مناسب سنجنده ETM⁺ لندست ۷ در مطالعات علوم خاک، پنجره‌ای کوچک از فریم ۳۴-۱۶۰ مربوط به تاریخ خرداد ۱۳۸۱ انتخاب گردید. در این تحقیق تمامی باندها بجز باند حرارتی (باند ۶) مورد استفاده قرار گرفت.

روش تحقیق:

طراحی شبکه نمونه‌برداری: در این تحقیق شبکه نمونه‌برداری خاک بصورت سیستماتیک- آشیانه‌ای با ۹۴ نقطه (محل نمونه‌برداری) جهت نمونه‌گیری ماده آلی سطحی خاک به فواصل ۲۵۰، ۱۰۰، ۵۰ و ۵۰۰ متری با استفاده از محیط GIS به نحوی صورت گرفت که تمامی منطقه مورد مطالعه

که برای نمونه برداری مناسب بودند را پوشش دهد. پس از آن، مختصات نقاط در سیستم UTM به یک دستگاه GPS^۱ وارد گردید. شکل ۲- پراکنش نمونه‌های خاک در محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



نمونه برداری و آزمایش خاک:

با استفاده از GPS موقعیت نمونه‌ها در منطقه مورد مطالعه مشخص گردید. نمونه برداری خاک از عمق (۵cm-۰) در اواسط بهار ۱۳۸۳ مطابق با زمان و فصل تصاویر ماهواره ای صورت گرفت. بعد از انجام نمونه برداری و آماده سازی نمونه‌ها، تعیین مقدار ماده آلی سطحی خاک به روش اکسیداسیون تر صورت گرفت (۱۹). مقادیر محاسبه شده هر یک از قطعات نمونه در جدول اطلاعات وارد گردید و لایه ماده آلی سطحی خاک در محل قطعات نمونه در محیط GIS ایجاد گردید. تعیین محل قطعه نمونه با توجه به ابعاد پیکسل در درون آن بوده و تعیین محل دقیق آن عملاً امکان پذیر نبوده، لذا کل سطح پیکسل بعنوان نعمیم برای نمونه در نظر گرفته شده است.

پردازش تصویر:

تصحیح هندسی تصاویر ضمن رفع اثر خطای جابجایی ناشی از پستی و بلندی^۲ با استفاده از نقاط کنترل زمینی و مدل رقومی زمین (DTM) با دقت ۱۰ متر توسط سازمان نقشه برداری کشور صورت گرفت. سیستم مختصات تصویر از نوع UTM با مبنای مسطحاتی WGS84 و مبنای ارتفاعی WDNG1000 بود. علاوه بر باندهای اصلی به منظور وارد سازی باندهای مصنوعی حاصل از پردازشهای مناسب بر روی باندهای اصلی و استخراج ارزشهای طیفی محل در قطعات نمونه ماده آلی سطحی خاک، آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA^۳)، عملیات نسبت گیری طیفی باندها با استفاده از مناسب ترین و رایج ترین شاخص های نسبت گیری و همچنین تبدیل تسلدکپ^۴ برای استخراج مؤلفه‌های نمناکی، سبزینگی و روشنایی انجام گرفت. ذکر این نکته ضروری است که عملیات نسبت گیری باعث کاهش اثر توپوگرافی و تفکیک بهتر پوشش گیاهی از سایر پدیده‌ها شده و با انجام این عملیات، باندهای مصنوعی ایجاد می‌شود که به بعضی از آنها شاخصهای گیاهی نیز گفته می‌شود. تجزیه مؤلفه‌های اصلی و تبدیل تسلدکپ برای کاهش هم خطی بین باندها مورد استفاده قرار می‌گیرند (۳). باندهای مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۱ آورده شده است.

2- Orthorectification

3- Principal Component Analysis

4- Tasseled Cap

1- Global Position System

جدول ۱- مجموعه باندهای در نظر گرفته شده جهت تجزیه و تحلیل های رقومی (۱) و (۲)

نام باند	توضیحات
باندهای اصلی (ETM ⁺)	ETM1 , ETM2, ETM3, ETM4, ETM5, ETM7
Brightness	مؤلفه روشنایی خاک حاصل از تبدیل تسلدکپ
Greenness	مؤلفه سبزیگی حاصل از تبدیل تسلدکپ
Moisture ness	مؤلفه نمناکی حاصل از تبدیل تسلدکپ
PCA1 (1,2,3)	مؤلفه اول تجزیه مؤلفه های اصلی باندهای مرئی
PCA1 (4,5,7)	مؤلفه اول تجزیه مؤلفه های اصلی باندهای مادون قرمز
PCA1 (1,2,3,4,5,7)	مؤلفه اول تجزیه مؤلفه های اصلی شش باند طیفی
DVI (Difference Vegetation Index)	ETM4-ETM3
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	(ETM4-ETM3)/(ETM4+ETM3)
MSI (Moisture Stress Index) ¹	ETM5/ETM4
RAI (Reflectance Absorption Index)	ETM4/(ETM3+ETM5)
SAVI(Soil Adjusted Vegetation Index)	((ETM4-ETM3)/(ETM4+ETM3+L))(1+L) L=۱ پوشش گیاهی کم

استخراج ارزشهای طیفی:

عمل استخراج ارزشهای طیفی در محل تمامی ۹۴ قطعه نمونه در محدوده مورد مطالعه از تمامی باندهای اصلی و مصنوعی در محیط نرم افزار IDRISI صورت گرفت. این ارزشهای طیفی به منظور بررسی همبستگی با ماده آلی سطحی خاک اندازه گیری شده در محل نمونه، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج و بحث:

خلاصه نتایج آماری مربوط به مواد آلی نمونه های خاک در جدول ۲ آورده شده است. همانطور که این نتایج نشان می دهد، میانگین میزان مواد آلی خاک در منطقه حدود ۰/۶ می باشد. مقدار ضریب چولگی (کمتر از ۰/۲۵) نشان دهنده این است که این پارامتر از توزیع نرمال برخوردار است ولی مقدار ضریب تغییرات نشان از تغییرپذیری بالای این متغیر در محدوده مورد مطالعه می باشد. به منظور بررسی همبستگی بین مقادیر ماده آلی

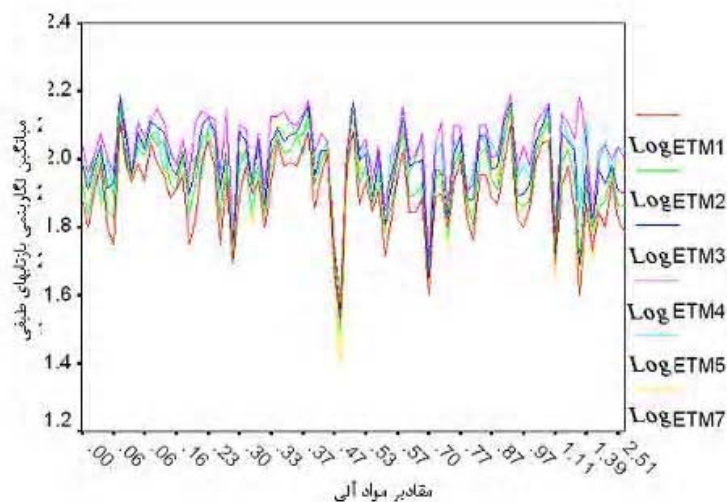
سطحی خاک و ارزشهای طیفی خاک در محل قطعات نمونه، تجزیه و تحلیل همبستگی صورت گرفت. نتایج اولیه این تحقیق نشان داد که بین داده های طیفی مورد استفاده و ماده آلی سطحی خاک با استفاده از روش همبستگی پیرسون و برازش دادن مدل های رگرسیونی مختلف، ارتباط معنی داری وجود نداشت. جهت برطرف کردن این مشکل از روشهای مختلف تبدیل داده های طیفی جهت ایجاد ارتباط و همبستگی، لگاریتم طبیعی تمام متغیرهای مستقیم به عنوان مناسب ترین روش تبدیل مورد استفاده قرار گرفته و کلیه اقدامات آماری بر روی لگاریتم آنها صورت گرفت. آنگاه همبستگی پیرسون بین تمامی باندهای تغییر یافته لگاریتمی و مقدار ماده آلی در سطح احتمال ۰/۵ و ۰/۱ مورد بررسی قرار گرفت. برازش مدل دو متغیره نشان داد که بین تک تک باندهای مورد مطالعه و مقدار ماده آلی سطحی خاک همبستگی معنی داری وجود نداشت.

جدول ۲- پارامترهای توصیفی آماری ماده آلی سطحی خاک در منطقه مورد مطالعه

خصوصیات آماری متغیر	تعداد	میانگین	حداقل	حداکثر	میان	انحراف معیار	دامنه تغییرات	چولگی	کشیدگی	ضریب تغییرات
ماده آلی سطحی خاک	۹۴	۰/۶۰	۰	۲/۷۳	۰/۴۴	۰/۵۹	۲/۷۳	۰/۲۵	۱/۸۱	۹۸/۳۳

نتایج بررسی همبستگی در خصوص ارزشهای طیفی خاک در باندهای مختلف نشان داد که با استفاده از تست همبستگی پیرسون از بین کلیه متغیرهای مستقل، فقط باندهای مصنوعی سبزینگی، نمناکی، DVI، NDVI و SAVI با مقدار ماده آلی سطحی خاک همبستگی خطی معنی داری در سطح احتمال ۵٪ را از خود نشان داده‌اند. این همبستگی در مورد مولفه نمناکی تبدیل تسلدکپ از نوع خطی معکوس و در بقیه موارد خطی مستقیم بوده است. بیشترین و کمترین همبستگی به ترتیب به باندهای SAVI ($R=0/255$) و سبزینگی ($R=0/203$)

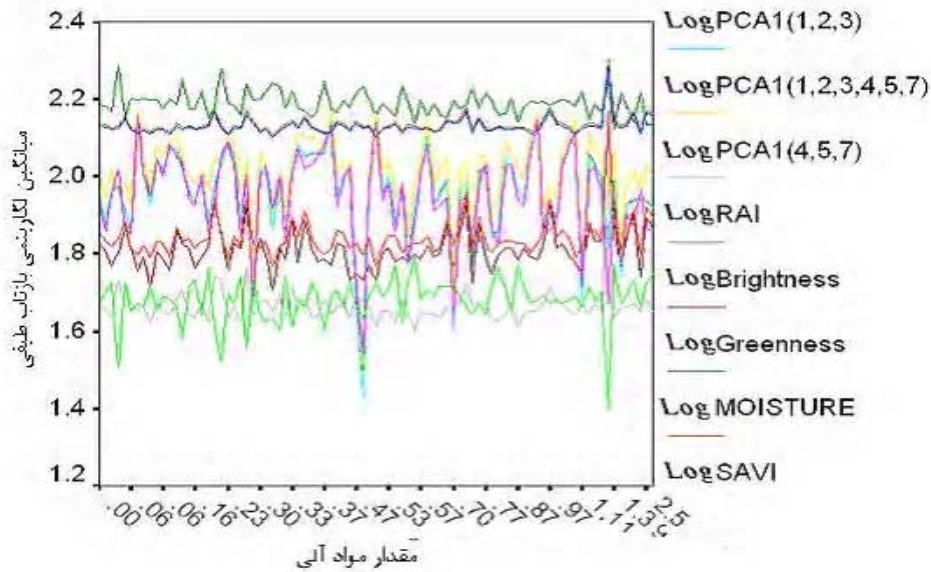
اختصاص داشت. در سطح احتمال ۱٪ هیچ گونه همبستگی خطی معنی داری بین کلیه متغیرهای مستقل با مقدار ماده آلی سطحی خاک مشاهده نشد. این نتیجه نشان دهنده این است که تصاویر ماهواره‌ای و باندهای مورد مطالعه نتوانسته‌اند با اطمینان و صحت بالا مقدار ماده آلی سطحی خاک را برآورد کنند و متغیرهای دیگری علاوه بر ماده آلی در انعکاسهای طیفی در محدوده مورد مطالعه دخیل بوده‌اند. شکل های ۳ و ۴ به ترتیب ارتباط بین ماده آلی با باندهای طیفی اصلی و مصنوعی را نشان می دهد.



شکل ۳- نمودار بازتاب طیفی (لگاریتمی) ماده آلی سطحی خاک در باندهای اصلی سنجنده ETM+

همانطور که شکل شماره ۳ نشان می دهد تغییرات از نظم خاصی تبعیت نکرده و هیچ گونه سیر صعودی و یا نزولی مشخصی را از خود نشان نمی دهند. بیشترین دامنه تغییرات به باند ETM6 (۰/۷۶) و کمترین آن به باند ETM1 (۰/۵۹) اختصاص دارد.

خود نشان نمی دهند. بیشترین دامنه تغییرات به باند ETM6 (۰/۷۶) و کمترین آن به باند ETM1 (۰/۵۹) اختصاص دارد.



شکل ۴- نمودار بازتاب طیفی (لگاریتمی) ماده آلی سطحی خاک در باندهای مصنوعی سنجنده ETM⁺

رگرسیون چند متغیره وگام به گام با حذف داده‌های پرت در سطح سه برابر انحراف معیار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ در جدول شماره ۳ نشان داده شده است.

در مورد شکل ۴ نیز نظیر شکل ۳، تغییرات از نظم خاصی تبعیت نکرده‌اند. بیشترین و کمترین دامنه تغییرات به ترتیب به باندهای ETM6 (۰/۷۶) و ETM1 (۰/۵۹) اختصاص دارد. نتایج برآزش مدل‌های

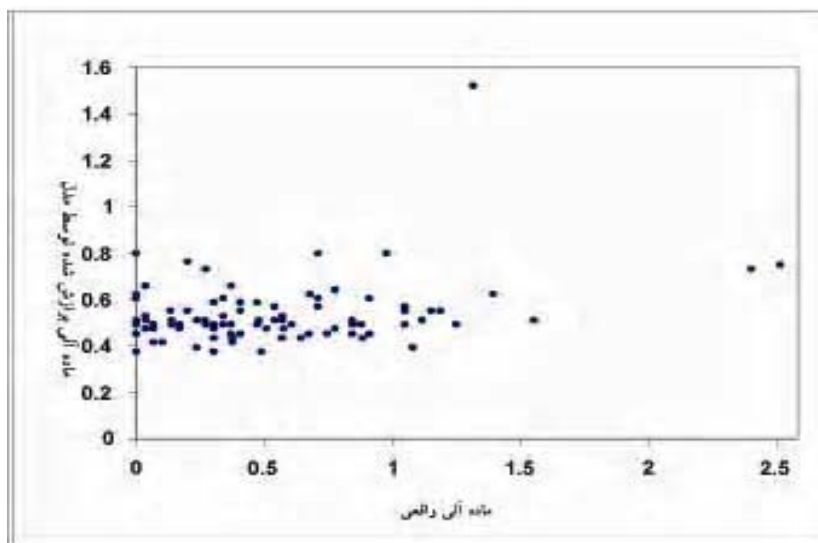
جدول ۳: مدل‌های رگرسیونی چند متغیره بهینه برآزش داده شده به همراه خصوصیات مربوطه

سطح احتمال معنی‌داری	R ² adj(***)	(R2**)	(R*)	بهترین رابطه رگرسیون	تعداد داده‌های پرت حذف شده در سطح (۳Sd)	نوع رگرسیون	
							۰/۰۵
-	-	۰/۰۶۳	۰/۲۳۴	۰/۴۸۴	Om=15/95-1/06 (Log ETM1)-1/19(LogETM2)-12/13(LogETM3)+55/77(LogETM4) -6/54(LogETM5)+ 4/91(LogETM7) -10/76(LogDVI)+15/48(LogMSI) -56/00(LogNDVI) -2/08(LogPCA (1,2,3)+27/79(LogPCA1(1,2,3,4,5,7) -53/36(LogPCA1(4,5,7) -16/14(LogRAI) -12/32(LogBrightness)+0 /70(LogGreenness) -9/48(LogMoistureness)+67/07(LogSAVI)	-	Enter
-	-	۰/۱۱۲	۰/۲۷۶	۰/۵۲۶	Om=-82/86-0/388(LogETM1) -1/84(LogETM2) -2/94 (LogETM3)+ 42/05 (LogETM4) -21/83 (LogETM5)+0/96 (LogETM7) -21/53 (LogDVI)+ 26/70 (LogMSI) -3/84 (LogNDVI)+ 6/25 (LogPCA1(1,2,3)+ 9/497 (LogPCA1(1,2,3,4,5,7) -33/18 (LogPCA1(4,5,7) -9/25 (LogRAI)+ 1/53 (LogBrightness)+ 7/24 (LogGreenness) -11/79 (LogMoistureness)+53/14(LogSAVI)	۱	Enter
+	-	۰/۰۵۵	۰/۰۶۵	۰/۲۵۵	Om=-12/93+6/33(LogSAVI)	-	Stepwise
+	+	۰/۱۰۸	۰/۱۲۸	۰/۳۵۷	Om=-22/08+8/56(LogSAVI)+ 2/61(LogMSI)	-	
+	+	۰/۰۷۶	۰/۰۸۷	۰/۳۹۴	5.91(LogSAVI)+12.08 Om=-	-	
+	+	۰/۱۳۵	۰/۱۵۴	۰/۳۹۲	Om=-20/05+7/91(LogSAVI)+ 2/20(LogMSI)	۳	

***:ضرب تبیین اصلاح شده

** :ضرب تبیین

* :ضرب همبستگی



شکل ۵- نمودار پراکنش داده های واقعی ماده آلی سطحی خاک و مقادیر برازش شده توسط مدل گام به گام

همبستگی در مدل‌های بهینه در دو حالت حفظ و حذف داده‌های پرت در هنگامی که LogMSI در مدل وارد می‌شود تغییرات قابل ملاحظه‌ای را در (R^2, R^2_{adj}) منجر شده است که نشان دهنده این است که با وجود عدم همبستگی بین مقدار ماده آلی سطحی خاک و LogMSI بصورت مجزا، اما این باند تاثیر بالایی را در استخراج ماده آلی سطحی خاک در رگرسیون از خود نشان می‌دهد. این بخش از نتایج با نتایج باتی و همکاران (۱۹۹۱) و فرازیر و چن (۱۹۸۹) که به ارتباط بین MSI و مقدار ماده آلی سطحی خاک اشاره کرده‌اند، تطابق دارد. از بین کلیه مدل‌های برازش داده شده کمترین متغیر (۲ عدد) به مدل گام به گام اختصاص داشته است. در این مدل با حذف داده‌های پرت (۳ مورد در سطح 3Sd)، مقدار متوسط ماده آلی سطحی خاک برابر 0.53 بوده است که مدل مربوطه $(\text{OM} = -12.08 + 5.91(\text{LogSAVI}))$ این مقدار را برابر 0.51 برازش داده است.

به عنوان نمونه نمودار پراکنش داده های واقعی ماده آلی سطحی خاک در منطقه و مقادیر برازش شده توسط مدل گام به گام با ضریب همبستگی 0.29 $\text{OM} = -12.08 + 5.91(\text{Log SAVI})$ در شکل ۵ نمایش داده شده است. همانطور که شکل مزبور نشان می‌دهد همبستگی قوی بین داده های واقعی و داده های برازش شده وجود ندارد.

در مورد رگرسیون چند متغیره هیچ گونه مدل مناسبی در دو حالت حفظ و حذف داده‌های پرت در سطح (3Sd) که در سطوح احتمالی 0.1 و 0.5 معنی‌دار باشد مشاهده نشده است (جدول ۳). در مورد رگرسیون گام به گام، هنگامی که هیچ گونه داده‌ای حذف نشود دو مدل بهینه از بین مدل‌های برازش داده شده انتخاب شد. که مدل اول فقط در سطح اطمینان 0.5 و مدل دوم در هر دو سطح اطمینان مورد مطالعه، معنی‌دار بوده‌اند. در حالت حذف داده‌های پرت، دو مدل بهینه در سطوح احتمالی مورد مطالعه (0.1 و 0.5) معنی‌دار بوده‌اند (جدول ۳). تغییر در ضریب

میباشد. با توجه به افزایش روز افزون قابلیت های مختلف رادیومتری، طیفی، مکانی و زمانی تصاویر ماهواره ای از یک سو و تکمیل و توسعه تکنیک و روش های پردازش تصاویر از سویی دیگر میتوان انتظار داشت که روزی بتوان از این ابزار برای برآورد میزان مواد آلی خاک در مراتع استفاده نمود که نیاز به تحقیقات بیشتر در این زمینه و در شرایط مختلف میباشد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از زحمات مسئولین سازمان نقشه برداری کشور جهت در اختیار قرار دادن تصاویر ماهواره‌ای، مرکز تحقیقات سبزواری آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان قدردانی می‌گردد.

مدل های رگرسیون بین مولفه های مختلف حاصل از ترکیب باندهای ETM⁺ و مقدار ماده آلی سطحی خاک توانسته است حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد از کل تغییرات ماده آلی سطحی خاک را توجیه نماید و بقیه تغییرات ممکن است به علت پیچیدگی عوامل جانبی نظیر پوشش گیاهی، تاثیر رطوبت خاک، وجود اکسیدهای آهن و منگنز در منطقه باشد که نیازمند مطالعات آتی می باشد.

بعنوان یک نتیجه گیری کلی میتوان اینچنین بیان نمود که تصاویر طیفی ماهواره ای قابلیت برآورد میزان مواد آلی سطحی خاک را در شرایط مشابه منطقه مورد مطالعه را با دقت بالا دارا نمی باشند و نقشه حاصل از این برآورد از اطمینان بالایی برخوردار نیست اگرچند نتایج این تحقیق خود یک نتیجه

منابع

- ۱- سپهری، عادل، محمد، متقی، ۱۳۸۰. کاربرد داده‌های ماهواره‌ای لندست تی. ام در برآورد محصول خشک سرپا در مراتع حفاظت شده جهان‌نما. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره اول. ص ۷۷-۹۱.
- ۲- ناصری، فرزین، ۱۳۸۲. طبقه بندی تیپهای جنگلی و برآورد مشخصه های کمی آنها با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در جنگلهای خشک و نیمه خشک. پایان نامه دکتری جنگلداری دانشگاه تهران، ۱۵۵ ص.
- 3- Bahtti, A. U, D. J. Mulla & B. E. Frazier, 1991. Estimation of soil properties and wheat yields on complex eroded hills using geostatistics and Thematic Mapper images. Remote Sensing of Environment, 37: 181-191.
- 4- Ben-Dor, E & A. Banin, 1994. Visible and near infrared (0.4-1.1 mm) analysis of arid and semiarid soils. Remote Sensing of Environment, 48: 261-274.
- 5- Chen, F, D. E. Kissel, L. T. West, D. Rickman, J. C. Luvall & W Adkins, 2005. Mapping surface soil organic carbon for crop fields with remote sensing. Journal-of-Soil-and-Water-Conservation-Ankeny, 60(1): 51-57.
- 6- Clark, R. N, T. V. V. King, M. Klejwa, G. Swayze & N. Vergo, 1990. High spectral resolution reflectance spectroscopy of minerals. Journal of Geophysics, 95: 12653-12680.

- 7- Craswell, E-T. & R. D. B. Lefroy, 2001. The role and function of organic matter in tropical soils. *Nutrient-Cycling-in-Agro ecosystems*, 61(1/2): 7-18.
- 8- Dematte, M.J.A, N.J.C. Epiphanyo & A.R. Formaggio, 2003. Influence of organic matter and iron oxides on the spectral reflectance of tropical soils. *Bragantia*, 62(3): 451-464.
- 9- Dematte, J. A. M., A. M. Genu, P.R. Fiorio, J. L. Ortiz, J. A. Mazza & H. C. L. Leonardo, 2004. Comparison between soil maps obtained by spectral remote sensing and conventional method. *Pesquisa-Agropecuaria-Brasileira*, 39(12): 1219-1229.
- 10- Frazier, B. E & Y. Chen, 1989. Remote sensing of soils in eastern palouse region with land sat thematic mapper, *Remote Sensing of Environment*, 28: 317–325.
- 11- Gao, B. C. & A. F. H. Goetz, 1995. Retrieval of equivalent water thickness and information related to biochemical components of vegetation canopies from AVIRIS data. *Remote Sensing of Environment*, 52: 155–162.
- 12- Hausknecht, P., J.C. Flack, J.F. Huntington, P. Mason & J.W. Boardman, 1999. Hyperspectral pro. ling versus imaging: A mineral mapping case study to evaluate the oars concept. In *Proceedings of the Thirteenth International Conference on Applied Geologic Remote Sensing, Vancouver and Canada 1–3 March*, 529–536 pp.
- 13- Henderson, T. L, M. F. Baumgardner, D. P. Franzmeier, D. E. Stott, & D. C. Coster, 1992, High dimensional reflectance analysis of soil organic matter. *Soil Science Society of America Journal*, 56: 865–872.
- 14- Ingleby, H.R. & T.G. Crowe, 1999. Reflectance models for predicting organic matter in Saskatchewan soils. *ASAE / CSAE-SCGR Annual International Meeting, Toronto, -Ontario, -Canada, 18-21 July*, p.15.
- 15- Krishnan, P, D. J. Alexander, B. Butler & J.W. Hummel, 1980. Reflectance technique for predicting soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. J*, 44: 1282–1285.
- 16- Mocek, A & W. Owczarzak, 2003. Ecological role of soil organic matter, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 48(3): 5-9.
- 17- Numataa, J.V, D. A. Soaresb, F. C. Robertsa, O. A. Leonidasc, G. T. Chadwicka & Batista, 2003. Relationships among soil fertility dynamics and remotely sensed measures across pasture chronosequences in Rondoˆnia, Brazil. *Remote Sensing of Environment*, 87: 446–455 pp.
- 18- Pierson, D. C, 1998. Measurement and modeling of radiance reflectance in Swedish water, In *Proceedings of 1st EARSeL Workshop on Imaging Spectroscopy, Zurich, Switzerland, 6–8 October*, pp. 207–214.
- 19- Richter, R & W. Ludeker, 1998. Retrieval of atmopsheric water vapour from MOS-B imagery. In *Proceedings of 1st EARSEL Workshop on Imaging Spectroscopy, Zurich, Switzerland, 6–8 October*, pp. 201–206.
- 20- Sabine, C, 1999. Remote sensing strategies for mineral exploration, *Remote Sensing for the Earth Sciences, Manuel of Remote Sensing, 3rd edition*, edited by A. Rencz, American Society of Photogrametry and Remote Sensing, John Wiley and Sons, New York, pp.375-447.
- 21- Thoma, D.P, S. C. Gupta & M. E. Bauer, 2004. Evaluation of optical remote sensing models for crop residue cover. *Journal of Soil and Water Conservation Ankeny*, 59(5): 224-233.
- 22- Wilcox, C H, B.E. Frazie & S.T Ball, 1994. Relationship between soil organic carbon and Landsat TM data in Eastern Washington. *Photogrammetric engineering and Remote Sensing*, 6: 777–781.

Study on the potential of ETM⁺ spectral data in assessing soil surface organic matter
Case study a part of rangelands of Mehr watershed, Sabzevar, Iran

Shaban Shataee¹, M. Hossein Ali zadeh² & Shamsoullah. Ayoubi³

Abstract

Measurement of surface organic matter (SOM) and its mapping by traditional methods is so expensive and time consuming. Assessing the potential and efficiency of remote sensing techniques for SOM can solve these problems. In this study the relationship between soil spectral reflectance (17 spectral bands such as original bands of Landsat Enhanced Thematic Mapper plus ETM⁺, ratio bands and principal component analysis) and soil organic matter contents for 94 samples was investigated in rangelands of Mehr, Sabzevar, Iran. The samples were gathered using GPS from a random nested-systematic network. The rate of organic matter for each sample was estimated at the soil laboratory using wet oxidation method. The ETM⁺ data were orthorectified to omit the relief displacement errors using ground control points and digital elevation model with RMSE less than 10 meters. In addition to main bands, some suitable image processing such as vegetation and soil indices, rationing transformations, tasseled cap and PCA analysis were applied to produce arithmetic bands. The spectral number of each sample on the different bands was extracted and correlation between OM and spectral numbers was investigated. The results showed that there was significant relationship between greenness, moistness DVI, NDVI and SAVI against SOM ($\alpha=0.05$). Multiple and stepwise regression models with excluding and including outliers (3Sd, 0.05, 0.01) were used to select the best fitted models. The results showed that there was no significant model in multiple regression model ($\alpha=0.01$ and 0.05). But, the best fitted stepwise models in two cases of outliers were significant ($\alpha=0.01$ and 0.05). The shortest variables between studied models were belonging to Stepwise models. This study showed that remote sensing data have relatively capability to estimate the soil organic matters in the study area.

Keywords: Soil surface organic matter (SSOM), Spectral reflectance, ETM⁺, Mehr watershed.

¹ - Assistant Professor, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University, E-mail: Shataee@gau.ac.ir

² - Scientific Member of Birjand University

³ - Assistant professor, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University