

بررسی قابلیت تصاویر ماهواره لندست ETM^+ در مطالعات شوری خاک (مطالعه موردی: منطقه نیشابور)

سید حسین ثنائی نژاد^{۱*} - علیرضا آستارایی^۲ - مرجان قائمی^۳ - پریسا میرحسینی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۳/۳

چکیده

شوری خاک یکی از مسائل اصلی زیست محیطی است که خاک‌های نواحی گسترده‌ای از کشورهای مختلف را تحت تاثیر دارد. روش‌های سنتی جمع آوری داده در مطالعات خاک دارای مشکلات زیادی است که به وسیله فن آوری سنجش از دور قابل رفع است. با این حال استفاده از این داده‌ها نیازمند تحقیقاتی است که بهترین روش‌های به کار گیری این فناوری‌ها را در اختیار محققان و کاربران قرار می‌دهد. بنابراین تحقیق حاضر با این هدف در منطقه دشت نیشابور و با استفاده از تصاویر لندست^۵ انجام شد. ۲۷۹ نمونه سطحی خاک را به صورت طبقه بندی تصادفی تهیه و پس از آماده سازی نمونه‌ها در آزمایشگاه، هدایت الکتریکی عصاره اشباع نمونه‌های خاک اندازه‌گیری شد. در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده ETM^+ ماهواره لندست سال ۲۰۰۲ در ۶ باند انعکاسی استفاده شد. طبقه بندی کلاس‌های مختلف شوری خاک با استفاده از الگوریتم‌های متداول طبقه بندی و بر اساس بهترین ترکیبات باندی و هم چنین استفاده از آنالیزهای آماری جهت ارائه مدلی مناسب بین متغیر شوری خاک و ارزش رقومی تصاویر ماهواره‌ای انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد که باندهای انعکاسی ۳، ۴، ۷ و ۳۰ سنجنده ETM^+ مناسب ترین ترکیب باندی برای تهیه تصاویر کاذب رنگی و طبقه بندی کلاس‌های شوری در این منطقه است. بر اساس آنالیزهای آماری بالاترین ضرایب تبیین با مقادیر $R^2 = 0.311$ و $R^2 = 0.44$ به ترتیب برای خاک‌های شور و غیرشور در باند ۳ و ۲ سنجنده ETM^+ به دست آمده که در سطح احتمال ۵٪ معنی دار بودند. بر اساس نتایج فوق در مجموع قابلیت توانایی داده‌های رقومی سنجنده ETM^+ برای تفکیک و شناسایی کلاس‌های مختلف شوری خاک در این منطقه محدود ارزیابی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سنجش از دور، پردازش تصویر، طبقه بندی تصویر، شوری خاک، لندست ETM^+

مقدمه

خاک مانند انتشار ذرات خاک، تخریب ساختمان و سله بستن خاک را که منجر به ایجاد خاک‌های ناپایدار و فشرده می‌شود را شدت می‌بخشد (۱۱، ۱۰). علاوه بر این شوری خاک توالی و توسعه اقتصادی را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد (۲۱).
به طور کلی دو تیپ شوری خاک وجود دارد، یکی شوری طبیعی خاک است که در نواحی خشک اتفاق می‌افتد و دیگری شوری ثانویه که در اثر فعالیت‌های بشری بوجود می‌آید (۲۰).

در پروژه جهانی ارزیابی تخریب خاک (GLASOD^۶) به ۱۲ زیر گروه از فعالیت‌های بشر که باعث تخریب خاک می‌شود اشاره شده که براساس این گزارش، توزیع مکانی تخریب اراضی یا خاک، حدود ۱۹۶۴ میلیون هکتار از اراضی سطح زمین (۱۵٪) در معرض فعالیت‌های انسانی است که حدود ۷۶ میلیون هکتار آن در نتیجه شور شدن خاک می‌باشد (۱۲). هم چنین به گزارش مرکز اطلاعات بین

شوری خاک یکی از مشکلات مهم زیست محیطی بوده که نواحی گسترده‌ای را در بسیاری از کشورها تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱۰). این مسأله به دلیل اثرات متقابل بسیاری از عوامل، قابلیت تولید و باروری خاک را برای تولید مقرون بصرقه کاهش می‌دهد (۲۰، ۱۰). افزایش نمک‌های محلول در سطح خاک نیز پدیده‌های اصلی تخریب

۱- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
* نویسنده مسئول: (Email: Sanaein@gmail.com)

۲- دانشیار گروه مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشجوی دکتری خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- کارشناس ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

5 - Landsat

6- False Color Composite

المللی خاک^۱ هر ساله بیش از ۱/۷ میلیون هکتار از زمین‌ها در سراسر جهان در معرض شوری قرار می‌گیرند (۱۴).

در ایران نیز حدود ۱۵ درصد از اراضی کشور را خاک‌های شور با درجات مختلف شوری تشکیل می‌دهد (۱). بنابراین شناسایی و پایش مناطق شور برای کنترل رفتار تخریب زمین و مدیریت پایدار آن به ویژه در نواحی نیمه خشک که شرایط آب و هوایی نامناسب و افزایش جمعیت تقاضا را برای استفاده از زمین‌های کشاورزی باعث می‌شود، ضروری می‌سازد (۱۰).

به طور کلی اغلب مطالعات شوری خاک در دهه گذشته بر روی تهیه نقشه نواحی با شوری زیاد متمرکز شده و توجه کمتری به کمی سازی سطوح مختلف شوری شده است (۱۰). از طرفی روش‌های سنتی برای جمع آوری داده و مطالعه خاک‌ها دارای مشکلات بسیاری است و استفاده از روش‌های سنجش از دور امری ضروری است. در سال‌های اخیر فناوری سنجش از دور به عنوان ابزاری مفید در مطالعه شوری خاک گسترش داشته و مطالعات سنجش از دور متعددی در زمینه تهیه نقشه و پایش خاک‌های تحت تاثیر نمک با استفاده از تصاویر سنجنده‌های مختلفی نظیر^۲ MSS،^۳ TM و^۴ SPOT انجام شده است (۱۵).

اولین مطالعه خاک با استفاده از روش تجزیه و تحلیل رقومی در اواخر دهه هفتاد قرن بیستم انجام و اولین نقشه خاک با استفاده از داده‌های لندست MSS در سال ۱۹۷۷ ارائه شد (۳). در ابتدا اعتقاد بر این بود که برخی خاک‌ها توسط اطلاعات ماهواره ای قابل تفکیک نیستند، اما با افزایش قابلیت‌های اطلاعات ماهواره ای، پیشرفت‌های بیشتری در زمینه تهیه نقشه خاک بدست آمد و اصول تفسیر تصاویر بر اساس بازتاب طیفی خاک و تشعشع حرارتی تعریف گردید (۳).

درویش صفت و همکاران (۱) به منظور بررسی امکان طبقه بندی اراضی شور از طریق داده‌های ماهواره ای، داده‌های رقومی سنجنده⁺ ETM از ماهواره لندست و منطقه حوض السلطان قم را با استفاده از فنون مختلف بازسازی تصویر نظیر نسبت گیری و تحلیل مولفه‌های اصلی مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. در این مطالعه بالاترین ضریب همبستگی ($R^2=0/54$) اگر چه در سطح ۱٪ معنی دار بوده ولی برای طبقه بندی تصویر ماهواره‌ای مناسب ارزیابی نشد. تقی زاده و همکاران (۱۹) در مطالعه‌ای در منطقه اردکان یزد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست⁺ ETM سال ۲۰۰۲ نقشه شوری خاک بر را بر اساس یک مدل تابع نمایی تهیه کردند. در این رابطه از باند ۳ تصویر ماهواره‌ای و پارامتر شوری خاک با ضریب همبستگی ($R^2=0/58$) استفاده شد که دقت کلی نقشه شوری خاک ۰/۸۷٪ و ضریب کاپای

۰/۴۷٪ گزارش گردید.

مسعود و همکاران (۱۶) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM و⁺ ETM در طی دوره زمانی ۱۶ ساله و هم چنین با استفاده از مدل رقومی ارتفاع زمین و به کار گیری روش‌های مختلف پردازش تصویر و طبقه بندی به شناسایی و بررسی تغییرات شوری خاک با استفاده از تغییرات پوشش گیاهی در منطقه‌ای در مصر پرداختند.

فرناندز - بوسس و همکاران (۱۳) به منظور تهیه نقشه شوری خاک در منطقه تکسکوکو مکزیک از داده‌های رقومی⁺ ETM استفاده کردند. در این مطالعه از شاخص پاسخ طیفی ترکیبی به نام⁺ COSRI استفاده و با استفاده از یک مدل تابع نمایی همبستگی بالایی بین خصوصیات خاک (SAR.EC) با ارزشهای طیفی این باند ترکیبی (به ترتیب ۰/۸۸۵- و ۰/۸۵۷-) گزارش شد. واریانس محاسبه شده برای این معادله به ترتیب ۸۲/۶٪ و ۷۵/۱٪ برای SAR.EC بود. دیویدی و سریویواس (۸) داده‌های ماهواره MSS و TM را جهت شناسایی خاک‌های تحت تاثیر شوری در جلگه‌های آبرفتی گنگ هندوستان استفاده نمودند.

دیویدی و سریویواس (۹) هم چنین تصاویر ماهواره‌ای IRS-IC LISSIII را به منظور پهنه بندی خاک‌های شور و غرقابی در هندوستان مورد مطالعه قرار دادند. آنها سطوح مختلف شوری را با پردازش رقومی تصاویر و به کار گیری داده‌های میدانی تفکیک نمودند. ساه، کودرات و بان (۱۹) تصاویر TM را برای تهیه نقشه اراضی تحت تاثیر نمک و غرقابی در هند طبقه بندی کرده و دریافتند که مناطق تحت تاثیر نمک در شرایط غرقابی را می‌توان با استفاده از باندهای ۳، ۴، ۵ و ۷ این تصاویر ترسیم، پهنه بندی و با دقت حدود ۹۵ درصد به صورت رقومی طبقه بندی کرد. ملدر و اپیما (۱۷) نقشه‌های موضوعی نشان دهنده سطوح ژئوسوفروس، آهنکی و رسی را با استفاده از باندهای ۳، ۴ و ۵ TM تهیه کرده و نتیجه گیری کردند که داده‌های TM برای تهیه نقشه‌های خاک در مناطق خشک هنگامی که با عکس‌های هوایی تلفیق شوند ارزشمند می‌باشند.

عبداللهی و رحیمیان (۲) نیز به منظور ترسیم نقشه هدایت الکتریکی خاک با به کارگیری رگرسیون چند گانه و استفاده تلفیقی از تصاویر ماهواره ای و صحرایی در حوضه آبخیز ندوشن استان یزد از طریق تفسیر بصری بر روی تصاویر ماهواره ای لندست نقشه شاخص‌های مختلف و شوری خاک را تهیه کردند. آنها در تحقیق خود با محاسبه شاخص حد مطلوب ترکیب باندی ۳، ۵ و ۷ مناسب ترین ترکیب باندی را جهت انجام تفسیر بصری و رقومی منطقه مطالعاتی ذکر کردند. علوی پناه (۳) شوری خاک‌های منطقه یزد را بایره گیری از تکنیک‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تصاویر لندست

- 1- International Soil Reference and Information Center
- 2- Multispectral Scanner
- 3- Thematic Mapper
- 4- System pour l'Observation de la Terre

- 5- Combined Spectral Response Index
- 6- Geographic Information System

مطالعه نموده و دریافت که باندهای حرارتی و انعکاسی برای تفسیر پدیده‌های خاک‌های شور و گچی مفید هستند.

چنانچه ذکر شد مطالعات مختلف نتایج متفاوتی را برای استفاده از تصویر ماهواره‌ای برای مطالعات شوری خاک در مناطق مختلف فراهم ساخته است. بنا بر این لازم دیده شد که میزان توانائی تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM در شناسایی و تفکیک خاک‌های شور منطقه ی نیشابور از استان خراسان رضوی و نیز امکان طبقه بندی اراضی شور با استفاده از فناوری سنسجس از دور مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

انتخاب محدوده مورد مطالعه، با توجه به خصوصیات فیزیوگرافی و ویژگی‌های طبیعی در ارتباط با شرایط تشکیل خاک‌های شور و هم چنین با توجه به موقعیت و پراکندگی خاک‌های شور به طوری که بتوان هدف تحقیق را در آن عملی نمود صورت گرفت. به منظور شناسایی و مطالعه اولیه در زمینه موقعیت و پراکنش خاک‌های شور از تنها نقشه موجود در این زمینه یعنی نقشه ارزیابی منابع و قابلیت اراضی استان خراسان رضوی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ که توسط موسسه تحقیقات آب و خاک تهران تهیه گردیده استفاده شد و نهایتاً بخشی از دشت نیشابور با وسعت ۷۶۵km^2 برای این مطالعه انتخاب گردید. محدوده مورد مطالعه در جنوب غربی شهرستان نیشابور و در بین طول‌های جغرافیایی ۵۸ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۸ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی واقع شده است. میانگین بارش سالانه در این منطقه حدود ۲۵۰ میلی متر است و پوشش گیاهی شامل پوشش کم تا متوسط گیاهان مقاوم به شوری و یا فاقد پوشش و در برخی از قسمت‌ها زراعت آبی و باغات است (۴). پس از تعیین محدوده مورد مطالعه، منطقه به طور قراردادی به سه ناحیه (غیر شور، شوری متوسط و شوری زیاد) تقسیم گردید. در این محدوده‌ها یک شبکه منظم سلولی با ابعاد ۱۰۰۰×۱۰۰۰ متر تعریف و سپس جهت نمونه‌برداری از خاک سطحی تعداد ۲۷۹ نقطه به صورت تصادفی با استفاده از نرم‌افزار JMP انتخاب شد. این نقاط به عنوان نقاط اصلی نمونه‌برداری در محل شناسایی شده و در چندین مرحله بازدیدهای صحرائی از محدوده مورد مطالعه انجام شد. مختصات ۲۷۹ نقطه مذکور در GPS^1 ثبت گردید و در هر محل از نقاط حدود یک کیلوگرم نمونه خاک سطحی (۱۰-۰ سانتی متر) نمونه برداری شده و پس از انتقال به آزمایشگاه خاکشناسی و آماده سازی نمونه ها، هدایت الکترونیکی عصاره اشباع خاک (EC) طبق روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده ETM^+ ماهواره لندست سال ۲۰۰۲ و مربوط به مسیر ۱۶۰ و ردیف ۳۵ در ۶ باند انعکاسی (۷ و ۵-۱) استفاده شد. بعلاوه

از نقشه‌های توپوگرافی، راه‌های دسترسی و مناطق روستایی نیز به منظور شناسایی منطقه استفاده گردید. این تصاویر به لحاظ هندسی و رادیومتری مورد بررسی کیفی قرار گرفته و سپس به منظور افزایش قابلیت داده‌های ماهواره‌ای در شناسایی و طبقه‌بندی اراضی شور فنون مختلف بارزسازی تصویر نظیر افزایش کنتراست، انواع فیلترینگ، باندهای ترکیبی و تحلیل مولفه‌های اصلی که براساس تحقیقات موجود در این زمینه برای چنین مطالعاتی مناسب می‌باشند (۱) بر روی تصاویر انجام شدند. با انتقال مختصات کلیه نقاط برداشت شده در صحرا توسط GPS بر روی تصویر ماهواره‌ای، ارزش رقومی تمامی نقاط در باندهای انعکاسی با استفاده از نرم افزار ER-DAS Imagine8.4 استخراج گردید. سپس آنالیزهای آماری میان ارزش رقومی نقاط استخراج شده به عنوان متغیر مستقل و EC خاک به عنوان متغیر وابسته در نرم افزار JMP و SlideWrite انجام شد و برای هر باند یک مدل رگرسیونی استخراج گردید.

هم چنین طبقه بندی تصویر ماهواره‌ای نیز با تصاویر کاذب رنگی بر اساس بهترین ترکیبات باندی و با استفاده از الگوریتم طبقه بندی نظارت شده (طبقه بندی حداکثر احتمال^۲) و الگوریتم طبقه بندی نظارت نشده (طبقه بندی هم ارز^۳) و طبقه بندی هیبرید انجام شد. طبقه بندی تصویر ماهواره‌ای با استفاده از نمونه‌های آموزشی در سه کلاس مختلف ۱- خاک‌های فاقد شوری ($\text{EC} < 4\text{dS/m}$)، ۲- خاک‌هایی با شوری متوسط ($\text{EC} = 4-16\text{dS/m}$) و ۳- خاک‌های با شوری زیاد ($\text{EC} > 16\text{dS/m}$) انجام شد. انتخاب بهترین ترکیبات باندی طبق دو روش شامل بررسی نمودار مقایسه میانگین ارزش طیفی کلاس‌های مختلف شوری و هم چنین با استفاده از تفکیک پذیری نمونه‌های آموزشی (TD^4) انجام شد.

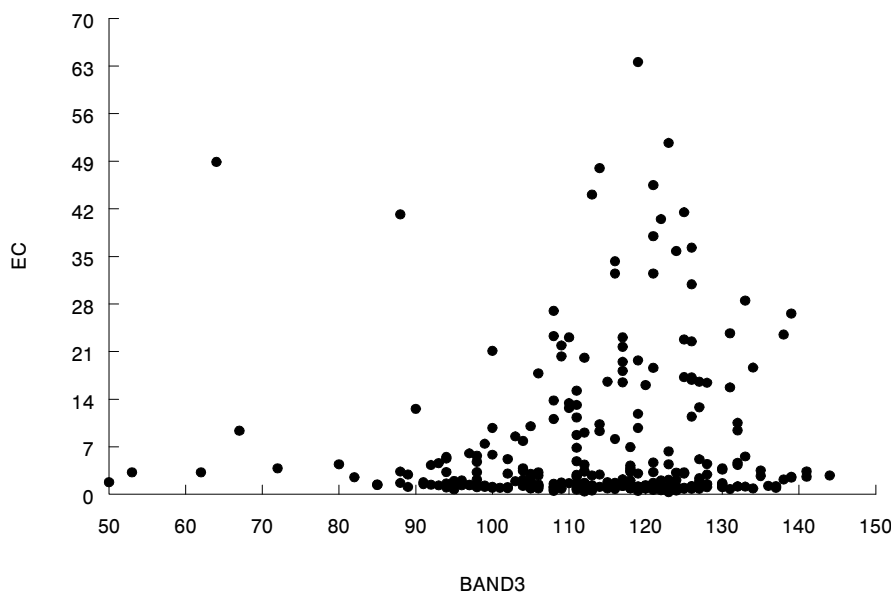
نتایج و بحث

بررسی اولیه نمودارهای پراکنش مقادیر ارزش رقومی تصاویر ماهواره‌ای در مقابل شوری خاک نشان دهنده احتمال وجود نمونه‌هایی با ارزشی متفاوت نسبت به مجموعه نقاط بود که این نقاط در محاسبات آماری از تجزیه و تحلیل‌ها حذف شدند. و نهایتاً آنالیزهای آماری با ۲۷۳ نقطه انجام شد. (شکل ۱)

تجزیه و تحلیل برازش نمونه‌های خاک در مقابل ارزش طیفی آن‌ها در هر یک از باندهای انعکاسی با استفاده از توابع خطی و توابع نمایی به منظور ارایه مدل مناسب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج (جدول ۱) ضریب تبیین R^2 در حالت نمایی را برای باندهای تصویر ماهواره لندست ETM^+ نشان می‌دهد.

2 - Maximum Likelihood
3 - Iso Data
4 - Transform Divergence

1 - Global Positioning System



شکل ۱- نمودار پراکندگی EC نمونه‌های خاک در مقابل ارزش رقومی پیکسل‌ها در باند ۳

و ضریب $R^2 < 0/5$ اغلب متداول است، بنابراین مقدار EC خاک بر اساس ضرایب تبیین ومدل‌های تابع مکانی بدست آمده در هر پیکسل تصویر ماهواره‌ای برای باندهای ۳ (b^۳) و باند ۲ (b^۲) از معادلات ۱ و ۲ قابل محاسبه است.

شکل ۲ و ۳ نحوه پراکنش نقاط و نمودارهای مربوط به خاک‌های شور و غیر شور را با استفاده از مدل‌های تابع نمای نشان می‌دهد.

$$EC = 0/0083 \exp(0/061 \text{ Band}^3) \quad (1)$$

$$EC = 3/292e^{-0/217 \text{ Band}^2} \quad (2)$$

هر چند مقایسه میانگین ارزش طیفی کلاس‌های مختلف شوری نشان داد که سه گروه مختلف شوری خاک در مجموعه‌های باندی ۱، ۲، ۳ و ۴ دارای اختلاف در میانگین ارزش طیفی هستند (جدول ۳) اما نتایج حاصل از ماتریس خطا و بررسی صحت نمونه‌های آموزشی در تصویر ماهواره‌ای با استفاده از تصاویر کاذب رنگی با مجموعه باندهای فوق، صحت قابل قبولی را نسبت به سایر ترکیبات باندی به کار گرفته شده نشان نمی‌دهد (جدول ۲).

نتایج فوق حاکی از آن است که در محدوده مورد مطالعه به دلیل شباهت گروه‌های مختلف شوری خاک در میانگین ارزش طیفی امکان تفکیک پذیری این خاک‌ها با مشکلاتی همراه است. همان‌طور که نتایج جدول (۲) نیز نشان می‌دهد صحت کلی^۱ در تمام ترکیبات باندی با حضور نمونه‌های آموزشی خاک‌های غیر شور کاهش می‌یابد

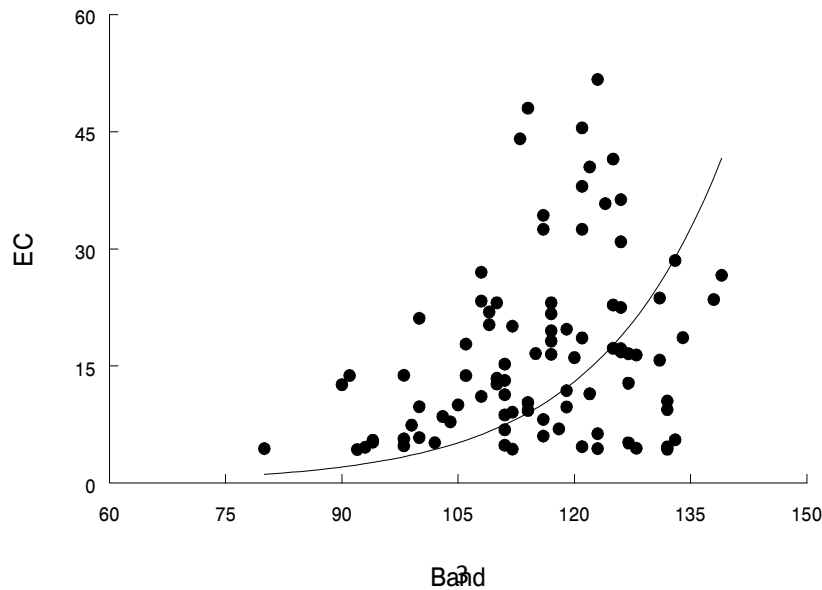
جدول ۱- ضرایب تبیین ارزش رقومی محل‌های نمونه برداری با شوری خاک

شماره باند	ضریب تبیین (R ^۲)	
	کل داده‌ها	در داده‌های شور
باند ۱	۰/۱۶۳	۰/۲۵۴
باند ۲	۰/۱۹۲	۰/۲۷۳
باند ۳	۰/۲۰۹	۰/۳۱۱
باند ۴	۰/۲۴۳	۰/۲۶۰
باند ۵	۰/۱۵۳	۰/۳۰۹
باند ۷	۰/۲۲۳	۰/۲۷۰

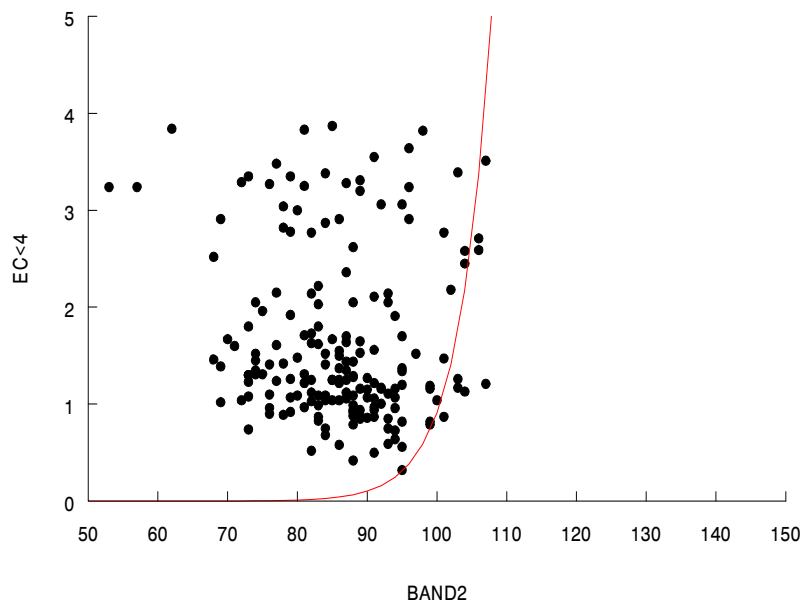
نتایج تجزیه‌های آماری میان متغیر شوری خاک و ارزش رقومی هر پیکسل در تصاویر ماهواره‌ای نمایانگر آن است که ضرایب تبیین معادلات تنها با تفکیک نمونه‌ها به دو گروه خاک‌های شور ($EC > 4 \text{ ds/m}$) و غیر شور ($EC < 4 \text{ ds/m}$) افزایش می‌یابد و در این میان بالاترین ضریب تبیین ($R^2 = 0/311$) مربوط به باند ۳ در خاک‌های شور و به ترتیب برای باندهای ۲ و ۵ ($R^2 = 0/443$) و ($R^2 = 0/441$) در خاک‌های غیر شور و بالاترین ضریب تبیین بدست آمده برای کل داده‌های شوری خاک $R^2 = 0/243$ است. تمامی ضرایب تبیین فوق در سطح ۵٪ معنی دار بودند.

فیلیپ (۱۸) در تحقیقات خود ضرایب تبیین $R^2 = 0/2 - 0/5$ را حاوی اطلاعات جامعی برای مطالعات خاک ذکر کرد. همچنین در تحقیقات بکت و وبستر (۷) بیان شده که ضریب تبیین $R^2 > 0/5$ به ندرت در اغلب مدل‌های مکانی در مطالعات خاکشناسی اتفاق می‌افتد

1 - Overall accuracy



شکل ۲- نمودار پراکندگی EC خاک‌های شور در مقابل ارزش طیفی پیکسل‌ها در باند ۳



شکل ۳- نمودار پراکندگی EC خاک‌های غیر شور در مقابل ارزش طیفی پیکسل‌ها در باند ۲

با استفاده از روش هیبرید انجام گیرد. این روش باعث افزایش صحت طبقه بندی در کلاس هایی با شوری متوسط و زیاد تا حدود ۱۰٪ نسبت به حالتی است که تنها از روش طبقه بندی نظارت شده استفاده شود.

بنابراین با استفاده از نتایج فوق و هم چنین با استفاده از شاخص

و این مسأله نشان می‌دهد که هم‌پوشانی زیادی میان مجموعه داده‌ها وجود دارد. صحت کلی طبقه‌بندی تصویر با نمونه‌های آموزشی نیز فقط با در نظر گرفتن نمونه‌های آموزشی خاک‌های شور و متوسط به طور کلی افزایش می‌یابد و بالاترین دقت حدود ۸۰/۵٪ و مربوط به ترکیب باندی ۳، ۷، ۴ و ۱ بوده و در حالتی است که طبقه بندی تصویر

انعکاس بالاتری نسبت به گروه‌های دیگر خاک هستند. با توجه به نتایج هر یک از روش‌های فوق (با استفاده از ترکیب کاذب رنگی ۱،۳،۴،۷) امکان تفکیک خاک‌هایی با شوری متوسط از خاک‌هایی با شوری زیاد تا حدود ۸۱٪ فراهم گردید. بنابراین طبق نتایج فوق، مطالعه شوری خاک هر چند با استفاده از فناوری سنجنش از دور و تصاویر لندست ETM⁺ امکان پذیر است، اما به دلیل شباهت در انعکاس طیفی خاک‌ها دارای پیچیدگی‌هایی نیز می‌باشد به طوری که نتایج طبقه بندی تصویر و تجزیه‌های آماری این مساله را تایید می‌کند. حضور خاک‌های شور در منطقه مورد مطالعه هر چند بر میزان انعکاس از سطح خاک موثر است (جدول ۳) اما آثار نمک در سطح خاک و یا حضور پوسته‌ها نمکی فقط در برخی قسمت‌های محدوده مورد مطالعه مشهود بود و حتی حضور گیاهان شور پسند در خاک‌هایی با شوری زیاد که قادر به جذب نمک از سطح خاک و ذخیره آن در ریشه‌ها می‌شوند نیز از حضور آثار شوری در سطح خاک ممانعت به عمل می‌آورد. تغییرات در شوری خاک منجر به تغییرات رنگ سطح خاک و تغییر در بازتاب طیفی که توسط سنجنده هائیت می‌شود خواهد شد (۱۴).

تفکیک پذیری نمونه‌های آموزشی (TD) نقش و اهمیت باندهای انعکاسی در طبقه بندی اراضی شور مشخص می‌گردد. چنانچه تمامی باندهای انعکاسی مورد پردازش در عمیات طبقه بندی مورد استفاده قرار گیرند تفکیک پذیری نمونه‌ها (TD=۱۷۸۳/۸۶) خواهد بود. با حذف باند ۲ (TD=۱۹۰۰)، با حذف باند ۵ نیز (TD=۱۹۱۱) افزایش می‌یابد. بنابراین فقط با حضور باندهای ۱،۳،۴،۷ (TD=۱۹۱۱) (حتی حذف باند ۱ (TD=۱۸۳۹) میزان تفکیک پذیری نمونه‌ها را کاهش می‌دهد) میزان تفکیک پذیری نمونه‌ها افزایش می‌یابد. در نتیجه مناسب ترین ترکیب باندی در این مطالعه برای تفکیک کلاس‌های مختلف شوری خاک باندهای ۱ و ۳،۴،۷ و روش طبقه بندی هیبرید ارزیابی می‌گردد. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که طبقه بندی شوری خاک صرفاً براساس بهترین ترکیبات کاذب رنگی و با استفاده طبقه بندی‌های فوق بر اساس مجموعه نمونه‌های آموزشی در هر سه کلاس دارای دقت بالایی نمی‌باشد. نتایج مقایسه میانگین ارزش طیفی کلاس‌های مختلف شوری نیز نشان می‌دهد (جدول ۳) که در منطقه مورد مطالعه امکان تفکیک خاک‌های غیر شور از خاک‌هایی با شوری متوسط ضعیف تر (صحت طبقه بندی=۵۵٪) از امکان تفکیک این گروه از خاک‌های شور است (صحت طبقه بندی =۶۲٪). بنابراین هم پوشانی بیشتری بین ارزش رقومی نمونه‌ها در خاک‌هایی با شوری متوسط و خاک‌های فاقد شوری وجود دارد. به طور کلی خاک‌های شور در تمامی باندهای انعکاسی دارای میانگین

جدول ۲- صحت کلی نتایج طبقه بندی بر اساس ترکیبات مختلف باندی

نام ترکیب باندی	روش طبقه بندی	صحت کلی (کلاس شوری متوسط و زیاد)	صحت کلی
۷،۵،۴،۳،۲،۱	نظارت شده (طبقه بندی حداکثر احتمال)	۶۶/۲۰	۵۷٪
۷،۳،۱	نظارت شده (طبقه بندی حداکثر احتمال)	۵۶/۵۰٪	۵۱٪
۷،۴،۳،۱	نظارت شده (طبقه بندی حداکثر احتمال)	۷۱/۳۰٪	۵۴٪
۷،۴،۳،۱	هیبرید	۸۰/۵۰٪	۵۰٪
۳،۲،۱	نظارت شده (طبقه بندی حداکثر احتمال)	***	۴۰٪
۷،۴،۳،۱	هیبرید (کلاس شوری زیاد و غیر شور)	***	۶۲٪
۷،۴،۳،۱	هیبرید (کلاس شوری متوسط و غیر شور)	***	۵۵٪

جدول ۳- میانگین ارزش طیفی در کلاس‌های مختلف شوری خاک

شماره باند	میانگین ارزش طیفی در خاک‌های شور	میانگین ارزش طیفی در خاک‌های با شوری متوسط	میانگین ارزش طیفی در خاک‌های غیر شور
باند ۱	۸۵/۹۰	۸۰/۴۶	۸۲/۲۲
باند ۲	۸۸/۸۵	۸۲/۸۰	۸۵/۶۹
باند ۳	۱۱۷/۷۷	۱۰۸/۶۴	۱۱۲/۸
باند ۴	۹۸/۲۱	۹۴/۷۴	۹۹/۰۱
باند ۵	۱۰۱/۸۱	۹۵/۴۴	۱۰۲/۵۳
باند ۷	۸۸/۲۰	۷۹/۲۴	۸۵/۹۱

پیکسل‌های تصویر ماهواره در مناطق مورد بررسی به وجود آید (۶). بنابراین انعکاس از سطح خاک نماینده خصوصیت واقعی سطح خاک نبوده و در واقع انعکاس از سطح خاک را نمی‌توان تنها به یکی از خصوصیات خاک نسبت داد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد، واحد سنجش از دور دانشگاه فردوسی مشهد و همکاری صمیمانه آقایان دکتر مهدی نصیری محلاتی، دکتر محمد فارسی در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، آقای مهندس احمد طالب زاده در سازمان فضایی ایران، آقای مروج الشریعه در استانداری استان خراسان رضوی و هم‌چنین آزمایشگاه خاک شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تشکر و قدردانی می‌گردد.

زینک (۲۱) اظهار داشت که مقدار نمک موجود در سطح خاک نقش مهمی در شناسایی و تفکیک نمک با استفاده از سنجش از دور ایفا می‌کند، چنانچه مقدار نمک کمتر از ۱۵-۱۰ درصد باشد شناسایی آن با مشکل مواجه می‌گردد. هر چند که حتی حضور کم نمک در خاک میزان انعکاس طیفی خاک را تحت تأثیر قرار داده است (۶).

نتیجه گیری

طبق نتایج بدست آمده استفاده از فناوری سنجش از دور در مطالعه مناطق شور نواحی خشک و نیمه خشک با مشکلاتی همراه است. عوامل بسیار زیادی نظیر وجود اشکال سطحی در سطح خاک‌های مناطق خشک مانند وجود گالی‌ها و پوسته‌های غیر نمکی، گیاهان مقاوم به شوری، وجود سنگریزه و ... از عواملی است که باعث می‌گردد هم پوشانی و تداخل طیفی زیادی بین ارزش طیفی

منابع

- ۱- درویش صفت، ع.ا، م. ح. دماوندی، م. جعفری و غ. ر. زهتابیان ۱۳۷۹. بررسی امکان طبقه بندی اراضی شور با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره لندست - تی ام . مجله بیابان ، جلد ۵ ، شماره ۲ .
- ۲- عبداللهی ، ج ، م.ح . رحیمیان ، ا . ع ، کریمی و م . عبداللهی . ۱۳۸۶. ترسیم نقشه هدایت الکتریکی خاک با به کارگیری رگرسیون چند گانه و استفاده تلفیقی از اطلاعات ماهواره ای و صحرایی . دهمین کنگره علوم خاک ایران . کرج . شهریور.
- ۳- علوی پناه . س.ک. ۱۳۸۲. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین. انتشارات دانشگاه تهران
- ۴- نقشه ارزیابی منابع و قابلیت اراضی استان خراسان رضوی ۱۳۸۳. موسسه تحقیقات خاک و آب تهران. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی.
- 5- Alavipanah, S.K. 1997. Study of soil salinity in the Ardakan area (Iran) based upon field observation remote sensing and GIS. P.292. Gent: University of Gent (Ph.D. thesis).
- 6- Alavipanah, S.K and R. Goossens. 2000. Contribution of soil salinity to the surface reflectance recorded by Land sat MSS and TM sensors. 1st Workshop EARSel Spatial Interest Group on Remote sensing for Developing Countries. Ghent, Belgium.
- 7- Bekkett, P.H.T. and R. Webster. 1971. Soil variability: A Review. Soil fertility, 34, 1-15
- 8- Dwivedi. R.S. 1992. Monitoring and the study of the effects of image scale on delineation of salt-affected soils in the Indo-Gangetic plains. International Journal of Remote Sensing, 13:8, 1527 – 1536
- 9- Dwivedi, R.S. and K. Sreenivas. 1998. Delineation of salt-acted soils and waterlogged areas in the Indo-Gangetic plains using IRS-1C LISS-III data. International Journal of Remote Sensing, 19:14, 2739 – 2751
- 10- Farifteh, J., A. Farshad., and R.J George. 2006. Assessing salt-affected soils using remote sensing, solute modeling, and geophysics. Geoderma, Volume 30, 3-4, 191-206.
- 11- Farifteh, J., F. Van der Meer, C. Atzberger, E.J.M. Carranza. 2007. Quantitative analysis of salt-affected soil reflectance spectra: A comparison of two adaptive methods (PLSR and ANN). J. Remote Sensing of Environment 110: 59-78
- 12- Farifteh, J and Farshad, A. 2002. Remote sensing and modeling of top soil properties, a clue for assessing land degradation. 17th WCSS, 14-21 August Thailand
- 13- Fernandez-Bucesa, N., C. Siebea, S. Cramb, J.L. Palacio. 2006. Mapping soil salinity using a combined spectral response index for bare soil and vegetation: A case study in the former lake Texaco, Mexico. Journal of Arid Environments 65 644-667
- 14- Howari, F. M., P. C. Goodell, and S. Miyamoto (2002). Spectral Properties of Salt Crusts Formed on

- Saline Soils J. Environ. Qual. 31:1453–1461
- 15- Huete.A.,(2004).Remote Sensing for Natural Resources Management and Environmental Monitoring: Manual of remote sensing 3 ed., Vol. 4. University of Arizona
 - 16- Masoud,A.A,Koike.K.Arid(2006).land salinization detected by remotely-sensed landcover changes:A case study in the Siwa region,NW Egypt.Jornal of Arid Enviroments66.151-167
 - 17- Mulders,M.A and G.F.Epema,(1986). The Thematic mapper :A new tool for soil mapping in arid areas. ITC Journal No.1:24-29
 - 18- Phillips,J.D.(1994).Deterministic uncertainty in landscapes Earth Surface proc.Landforms,19,389-401.
 - 19- Saha, S.K., M.Kudrat, and S.K. Bhan,(1990). Digital processing of land sat TM data for watershed mapping in parts of Aligarh District, Uttar Pradesh, India. International Journal of remote sensing , vol.11:485-492.
 - 20- Taghizadeh Mehrjardi.R,Sh. Mahmoodi,M. Taze and E. Sahebjalal.(2008).Accuracy Assessment of Soil Salinity Map in Yazd-Ardakan Plain, Central Iran, Based on Land sat ETM+ Imagery, American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 3 (5): 708-712, 2008
 - 21- Zinck.J.A.(2000).Monitoring soil salinity from remote sensing data.1st Workshop EARSeL Spatial Interest Group on Remote sensing for Developing Countries. Gent-.Belgium