

تهیه نقشه خاک های تحت تاثیر شوری و قلیائیت با استفاده از داده های سنجنده ETM⁺ در بخشی از دشت قزوین

• مارال خدادادی و • محمد صادق عسکری

دانشجویان کارشناسی ارشد دانشگاه تهران

• فریدون سرمدیان و • احمد حیدری

استادیاران دانشگاه تهران

• حسینعلی رفاهی

استادیار دانشگاه تهران

• علی اکبر نوروزی

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات آبخیزداری کشور

• حمید رضا متین فر

استادیار دانشگاه لرستان

تاریخ دریافت: اردیبهشت ماه ۱۳۸۶ تاریخ پذیرش: آذر ماه ۱۳۸۶

Email: khodadadi_maral@yahoo.com

چکیده

یکی از فرایندهای غالب تخریب خاک در مناطق خشک و نیمه خشک شور و سدیمی شدن خاک ها می باشد. تحقیق حاضر به منظور ارزیابی قابلیت داده های ماهواره Landsat7 در شناسایی و تفکیک خاک های شور و سدیمی با استفاده از مطالعات صحرایی و نتایج آزمایشگاهی خاک ها، در دشت قزوین صورت گرفت. در این تحقیق ابتدا کلاس های طیفی منطقه مورد مطالعه در تصویر استخراج و سپس با کمک اطلاعات جانبی و مطالعات صحرایی به کلاس های شوری و قلیائیت تبدیل و در نهایت نقشه های EC و SAR بدست آمدند. نمونه برداری صحرایی با روش نمونه برداری طبقه بندی شده تصادفی انجام گرفت. با استفاده از نقشه خاک موجود، در هر واحد نقشه خاک حداقل یک پروفیل به منظور بررسی تغییرات عمقی شوری و قلیائیت مورد مطالعه قرار گرفت. پارامترهای EC، pH، کاتیون های Ca^{+2} ، Mg^{+2} و Na^{+} و بافت در نمونه های خاک اندازه گیری شد. از اطلاعات کمی مانند نقشه مدل رقمی ارتفاع و شیب برای افزایش دقت طبقه بندی استفاده گردید. شاخص های NDVI، SRVI، PVI، SAVI، SI، BI و NDSI و هم چنین مولفه های اصلی و تبدیل تسلدکپ تجزیه و تحلیل شد. نقشه شوری مربوط به هر مجموعه باندی تهیه و سپس با نقشه واقعیت زمینی تلاقی داده شد. نتایج نشان داد تلفیق مدل رقمی ارتفاع و تمامی باندهای سنجنده دارای بالاترین صحت بود. از طرفی مشاهده شد باند حرارتی دقت طبقه بندی را افزایش داد که تأیید کننده نقش موثر این باند در طبقه بندی خاک های شور و سدیمی است. در بین تکنیک های پردازش تصویر، تبدیل تسلدکپ و شاخص ها دارای صحت بالایی بودند. شاخص مطلوب دارای صحت کلی نسبتاً پایینی بود. نتایج نشان داد که پوسته های صاف با رنگ روشن، خصوصاً پوسته های بدون درز و شکاف موجب افزایش بازتاب ها در تمامی باندهای سنجنده گردیدند. دقت طبقه بندی نقشه قلیائیت کمتر از نقشه شوری بود و در نقشه قلیائیت دقت طبقه بندی کلاس ها با قلیائیت متوسط کمتر از کلاس های با قلیائیت کم و زیاد بود.

کلمات کلیدی: خاک های شور و سدیمی، ETM⁺، شاخص های شوری، تبدیل تسلدکپ، مدل رقمی ارتفاع، سنجش از دور، GIS

Pajouhesh & Sazandegi No 80 pp: 77-90

Saline and alkaline soil mapping using ETM⁺ data in the Qazvin plain

By: M. Khodadadi, M. S. Askari, Graduate Students, University of the Tehran, F. Sarmadian, A. Heidari, Assistant Professors, University of the Tehran, H. Refahi, Professor University of the Tehran, A. A. Norozi, Member of Scientific Board of SCWMRI and H. R. Matinfar, Assistant Professor, University of the Lorestan.

Salinity and alkalinity are the major factors of soil degradation semiarid and arid area. The main aim of this study was to evaluate the capability of landsat ETM⁺ data for soil Salinity and alkalinity mapping in the selected part of the Qazvin plain, an area of arid environment. In this study spectral classes carried out of remotely sensed data and with the help of field observation and soil analysis regrouped to soil salinity and sodicity classes. Finally soil salinity and sodicity map carried out. Soil sampling was implemented using stratified random sampling method, depending on landscape complexity and homogeneity as well as on the representativity to landsat ETM data. Also in each soil map unit at least one profile was studied for subsoil salinity variation. Field samples from augur and profiles were analyzed in laboratory for Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ cations, as well as soil texture, E_{Ce} and pH. We have analyzed the effectiveness of additional data such as digital elevation model and slope may improve the accuracy of classification. Also NDVI, SRVI, PVI, SAVI, SI, BI and NDSI indices, PCA and Tasseled cap as well as analyzed. Soil salinity map of each selected bands produced and with ground truth map crossed. The results indicated that combination of DEM with them ETM bands has highest accuracy. This study addressed that thermal band of ETM increased the classification accuracy which illustrated its effective role to classify the soil salinity and sodicity. Tasseled cap and indices had almost high accuracy, among studied image processing techniques. The optimum index factor had low overall accuracy. Also results showed that smooth crusts with out cracks caused increases the reflection. The accuracy of sodicity map was less than salinity map. The accuracy of moderate sodicity levels was less than with low and high sodicity levels.

Keywords: Saline soils, ETM⁺, Tasseled cap, Indices, DEM, Remote sensing, GIS.

مقدمه

از آنجایی که حدود دو سوم از کشورمان در مناطق بیابانی واقع شده و نیز شوری خاک از جمله مهم ترین معضلات چنین مناطقی می باشد تحقیق در رابطه با خاک های شور از اهمیت فراوانی برخوردار است. اصلاح و مدیریت مناطق شور نیاز به اطلاعات کمی، به هنگام و دقیق دارد. یکی از راه های دسترسی به این اطلاعات استفاده از داده های ماهواره ای می باشد که در مقایسه با تهیه این قبیل نقشه ها با استفاده از روش های سنتی و معمول، توانایی تولید نقشه هایی با هزینه کمتر، مدت زمان کوتاه تر، به هنگام و با دقت بالاتر را دارد. تفکیک پذیری خاک های شور توسط سنجش از دور به نحو عمده به ویژگی های بازتاب طیفی این خاک ها برمی گردد. مطالعات صحرایی و اندازه گیری های رادیومتری نشان می دهد که در بیشتر موارد خاک های شور و قلیایی بازتاب طیفی بیشتری در ناحیه مرئی و مادون قرمز طیف نسبت به خاک های غیر شور دارند (۱۷). ناحیه مادون قرمز حرارتی اغلب برای تعیین رطوبت و شوری به کار می رود. علوی پناه و همکاران (۲) در تحقیقات خود به نقش کلیدی باند حرارتی لندست در تشخیص خاک های شور از گچی اشاره نمودند. عوارض سطحی موجود در مناطق تحت تاثیر نمک که موجب تغییر در بازتاب خاک می شوند، به دو گروه اصلی تقسیم می شوند: پدیده های

وابسته به خاک: وجود پوسته های سفید رنگ، خاک های Puffy، سطح تیره چرب خاک های قلیایی، شکاف های با عرض ۱-۲ سانتی متر و بافت سطحی درشت. و پدیده های موقعیتی: رشد لکه ای محصولات، درختان خشک شده، ته رنگ آبی-سبز و شرایط استرس رطوبتی. فاکتورهای اصلی که بازتاب را تحت تاثیر قرار می دهند مقدار و مینرالوژی نمک، مقدار رطوبت، رنگ و زبری سطح می باشد (۱۶). سطوح شور با دیگر پدیده های سطحی ممکن است دارای اختلاط طیفی باشد، پدیده های کاملا متفاوت از نظر خصوصیات می توانند بازتاب طیفی بالایی را بوجود آورند. پوسته های سخت^۱ سطحی لایه های نازکی هستند که در سطوح خاک بعد از بارندگی یا آبیاری بوجود می آیند و بطور معنی داری روی رنگ خاک تاثیر می گذارند (۶). Metternicht (۱۲) دریافت تداخل طیفی بین سطوح شور و سیلت روشن در نواحی آبی و سبز طیف الکترو مغناطیسی (۴۵۰-۵۵۰ nm) اتفاق می افتد. روشنی سطوح ناشی از فراوانی سیلت است که باعث بازتاب بیشتر نسبت به سطوح پف کرده یا پوسته های نمکی صاف می شود. بطور کلی بازتاب طیفی در پوسته های غیر شور کمتر است و اندکی شکل منحنی طیفی آنها از پوسته های شور متفاوت است. پوشش گیاهی در بازتاب طیفی خاک های شور تاثیر زیادی می گذارد. در محدوده طیفی ۰/۶۸ تا ۱/۳ میکرو متر خاک ها تحت تاثیر پوشش گیاهی سبز قرار

تغییرات پوشش گیاهی را در اثر شوری نشان دهند. بویژه تبدیل تسلدکپ برای جدا کردن اراضی شور و مرطوب مناسب بود.

Dwivedi و همکاران (۴) اظهار می دارند استفاده از روش های مختلف پردازش تصاویر مانند PCA به طور هم زمان تشخیص نمک و تعیین تغییرات را ممکن می سازد. PC_۱ و PC_۲ خاک های شور را از غیر شور تفکیک می کنند، در حالی که روشنایی متمایز در PC_۳ و سبزی متمایز در PC_۴ تغییرات ایجاد شده در شوری سطح را نشان می دهند. نتایج تحقیق ایشان در هند نشان داد که PC_۱ در تشخیص مناطق شور بسیار موثر می باشد، لیکن تغییرات در دو تاریخ ۱۹۹۷ و ۱۹۷۵ توسط PC_۳ و PC_۴ مشخص نگردید. این نشان می دهد که PCA الگوی طیفی مشابهی را برای سراسر تصویر استفاده می نماید. برای رفع این مشکل آنها پیشنهاد نمودند بهتر است از تبدیل Kauth-Thomas، که منجر به جدا شدن بازتاب خاک و پوشش گیاهی و ایجاد تصاویر سبزی و روشنایی خالص می شود استفاده نمود.

Farshad و Farifteh (۵)، ماهواره های لندست و ASTER مناسب ترین ماهواره های منابع زمین برای مطالعه ویژگی های خاک، پدیده های تخریب خاک (مثل شور شدن) و تعیین رطوبت خاک دانستند. داشتن تعداد باندهای زیاد، محدوده طیفی وسیع از محدوده مرئی تا مادون قرمز حرارتی (۱۴ تا ۰/۴ میکرومتر) و قدرت تفکیک مکانی بالا سنجنده ASTER در محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک، را دلایل این امر ذکر نمودند.

امواج دریافت شده توسط سنجنده های ماهواره ای بازتاب سطح رویی پدیده های مختلف می باشد. به عبارت دیگر امواج منعکس شده، بیانگر خصوصیات سطحی پدیده هاست تا خصوصیات عمقی و درونی آنها. لذا مناسب تر است نمونه های خاک مورد نظر به صورت سطحی برداشت شوند. Metternicht و Zinck (۱۳) نمونه های تعلیمی خود را برای طبقه بندی از عمق ۵-۰ سانتی متر برداشت کردند و پس از طبقه بندی در نهایت ۹ طبقه اطلاعاتی برای شوری و قلیائیت ایجاد نمودند. مقادیر EC که در تحقیق ایشان گزارش شده شامل ۰، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴ و $ds/m > 64$ و SAR شامل ۰، ۱۳، ۲۶، ۵۲، ۵۲ می باشد. پس از طبقه بندی صحت کلی ۶۴٪ بدست آمد و صحت کاربر بویژه در کلاس های

غیر شور و غیر قلیایی و کلاس های با قلیائیت متوسط بسیار پایین بود. شوری و قلیائیت خاک ها تحت تاثیر پدیده های توپوگرافیکی و ژئومورفولوژیکی می باشند. به عنوان مثال خاک های شور سدیمی در مناطق مرتفع و بافت خیلی درشت کمتر و برعکس در پلا یا بیشتر مشاهده می شوند. بنابراین با داشتن لایه های اطلاعاتی در محیط GIS از قبیل مدل رقومی ارتفاع (DEM) و شیب، می توان خطای پیکسل های غلط را تا حدی تصحیح نمود. Liu و همکاران (۸) از DEM برای بهبود پیشگویی شوری خاک استفاده نمودند. و نتایج نشان داد که دقت پیشگویی بویژه در مناطق با شوری بالا افزایش یافت.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه در دشت قزوین در عرض های جغرافیایی ۳۵°۵۳' و ۳۶°۲۲' شمالی و طول های ۴۹°۵۵'۳'' و ۵۰°۵' شرقی واقع شده است (شکل ۱). ارتفاع متوسط منطقه از سطح دریا ۱۱۹۲ متر می باشد. مقدار بارندگی متوسط سالیانه بر اساس آمار ۳۰ ساله ۲۳۸ میلی متر،

می گیرند، بقایای گیاهی (خشک) بر این محدوده تاثیری ندارند در حالی که در محدوده طیفی مادون قرمز موج کوتاه، بقایای پوشش گیاهی اثرات معنی داری بر بازتاب دارد که به علت وجود سلولز، لیگنین و آب است. Zinck و Metternicht (۱۴) دریافتند که گیاهان هالوفیت شاخص خوبی برای جدا کردن نواحی شور و قلیا از مناطقی که تحت تاثیر شوری نیستند می باشد. اما موجب اختلاط بازتاب طیفی کلاس های شور و قلیا می شود. با وجود تاثیر گیاهان در بازتاب شوری، آنها می توانند به عنوان شاخص غیر مستقیم در سنجش از دور خاک مورد استفاده قرار گیرد، برای مثال بیشترین همبستگی بین داده های NDVI و هدایت الکتریکی خاک وجود دارد که تفکیک خاک های شور و قلیا را از مناطق غیر شور ممکن می سازد اما مشکل تفکیکی خاک های شور و قلیا از یکدیگر همچنان باقیست.

یکی از راه های ممکن برای اندازه گیری شوری استفاده از گیاهان به عنوان شاخص شوری می باشد. به علت تغییرات در ساختار درونی و خارجی برگ در این شرایط بازتاب این گیاهان متفاوت از گیاهان سالم خواهد بود (۱۹). از طرفی پاسخ گیاه ارزیابی بهتری از شوری را تامین می کند زیرا ریشه گیاه به عمق پروفیل خاک نفوذ می کند و اندازه گیری ویژگی های رشدی (تاج گیاه) در زمان مشخص تاثیر تجمعی شوری را مشخص می کند (۳). Wang و همکاران (۱۹) تاثیر شوری را بر بازتاب تاج سویا با استفاده از رادیومتر در بخش مرئی و مادون قرمز نزدیک طیف بررسی و ارتباط ویژگی های بازتابی گیاهان تحت تاثیر سطوح مختلف شوری با کلروفیل برگ، توده ویژه برگ و بیومس بالای زمین مورد بررسی قرار دادند. بازتاب در NIR در تیمارهای شوری (به علت افزایش توده ویژه برگ) به طور معنی داری کاهش می یابد. و می تواند توسط شاخص SRVI تشخیص داده شود. بازتاب در بخش VIS تاثیر شوری را نشان نداد و ارتباطی با تغییرات کلروفیل برگ ناشی از استرس شوری نداشت.

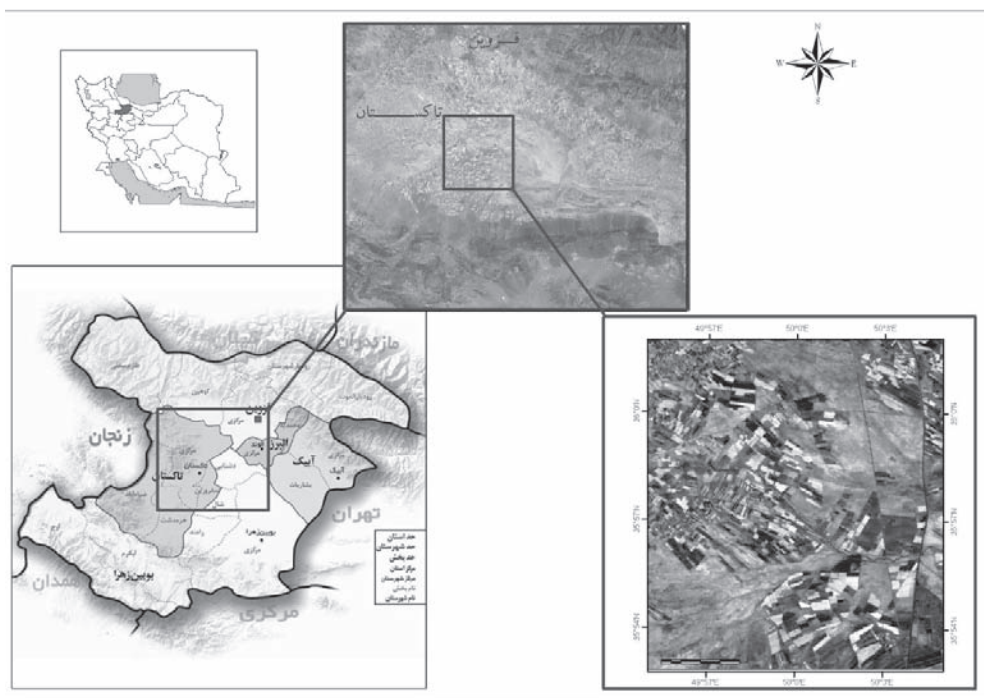
Khan و همکاران (۷) از داده های ماهواره IRS سنجنده LISS-II و از شاخص های مختلف سنجش از دور برای طبقه بندی خاک های شور استفاده نمودند. آنها شاخص شوری^۲، NDSI^۱، شاخص درخشندگی^۴ و نسبت باند ۳ به سایر باندها، و هم چنین شاخص های گیاهی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد نسبت باند ۳ به سایر باندها و هم چنین نسبت های NDSI و NDVI بهترین شاخص ها برای شناسایی خاک های شور می باشند. آنها دریافتند که بهترین زمان تشخیص خاک های شور با کمک تصاویر ماهواره در پایان فصل گرم و خشک می باشد زیرا بازتاب طیفی این خاک ها به نحو قابل ملاحظه ای به رطوبت خاک وابسته است بنابراین هرچه خاک خشک تر می شود تبلور نمک ها و رسوب آنها در سطوح ذرات خاک افزایش یافته که این امر موجب افزایش بازتاب سطحی می شود.

Masoud و همکاران (۱۱) با استفاده از تغییرات پوشش گیاهی از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۳ شور شدن اراضی منطقه خشک را مورد مطالعه قرار دادند. برای این منظور از تصویر TM سال ۱۹۸۷ و تصاویر ETM سال های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۳ استفاده نمودند. آنها با استفاده از شاخص مطلوب OIF، PCA_۱، باند پانکروماتیک، مدل رقومی ارتفاع، شیب، شاخص های گیاهی و تبدیل تسلدکپ تغییرات را مورد بررسی قرار دادند. از بین این تبدیل ها PCA_۱، تسلدکپ، باند پانکروماتیک و مدل رقومی ارتفاع بهتر توانستند

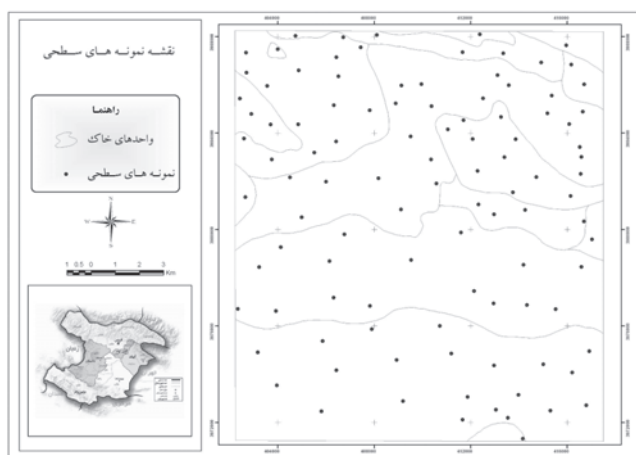
نقطه کنترل زمینی و خطای کمتر از ۰/۵ پیکسل است تصحیح هندسی گردید.

نمونه برداری صحرایی به منظور تهیه نقشه واقعیت زمینی با روش نمونه برداری طبقه بندی^۵ شده تصادفی انجام گرفت. به طوری که مناطق همگن، با توجه به واحد های نقشه شوری موجود منطقه تعیین و با کمک تصویر ماهواره تدقیق گردید و در داخل طبقات مختلف به صورت تصادفی نمونه برداری انجام گرفت. و به منظور افزایش دقت علاوه بر نمونه برداری از نقطه اصلی، نمونه های کمکی در سه جهت متفاوت با زاویه ۱۲۰ درجه

متوسط دمای سالیانه ۱۴، متوسط مینیمم دمای سالیانه ۶/۹ و متوسط ماکزیمم دمای سالیانه ۲۱/۱۹ درجه سانتی گراد می باشد. با توجه به نقشه رژیم های حرارتی و رطوبتی ایران رژیم حرارتی خاک، منطقه مورد مطالعه ترمیک (Thermic) و رژیم رطوبتی آن Weak Aridic می باشد. تصویر سنجنده های ETM⁺، ماه جولای ۲۰۰۲ از بین تصاویر موجود به علت مساعد بودن شرایط جوی و عدم وجود پوشش ابر انتخاب گردید. جهت تهیه مدل رقومی ارتفاع از خطوط توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ استفاده شد. تصویر به روش تصویر به نقشه (نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰) با انتخاب ۳۸



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه.



شکل ۲- پراکنش نمونه های سطحی در منطقه مورد مطالعه با توجه به واحدهای نقشه خاک.

و با فاصله ۳۰ متر از نقطه اصلی برداشته شد و با نمونه اصلی مخلوط گردید تا نتایج قابل تعمیم به ۹ پیکسل بر روی تصویر باشند. نمونه های خاک سطحی به عمق تقریبی ۰-۱۰ سانتی متر برداشت شد. در شکل ۲ پراکنش نمونه های سطحی برداشته شده از منطقه مورد مطالعه با توجه به واحدهای نقشه خاک نشان داده شده است. EC, pH, SAR و بافت نمونه های خاک با استفاده از روش های استاندارد اندازه گیری شد. نتایج آزمایشگاهی نقاط مطالعاتی تجزیه و تحلیل و کلاس های شوری ۰، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۶۴، ۶۴، ۱۳، ۲۶، ۵۲، ۵۲ > SAR تعریف و هریک از نقاط در یک کلاس شوری و قلیائیت قرار گرفت و سپس نقشه واقعیت زمینی شامل ۱۱۲ نقطه، ایجاد گردید. با استفاده از نقشه خاک موجود، در هر واحد نقشه خاک یک پروفیل به منظور بررسی تغییرات عمقی شوری و قلیائیت مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور شناخت کافی از نحوه توزیع کلاس های طیفی یک طبقه بندی

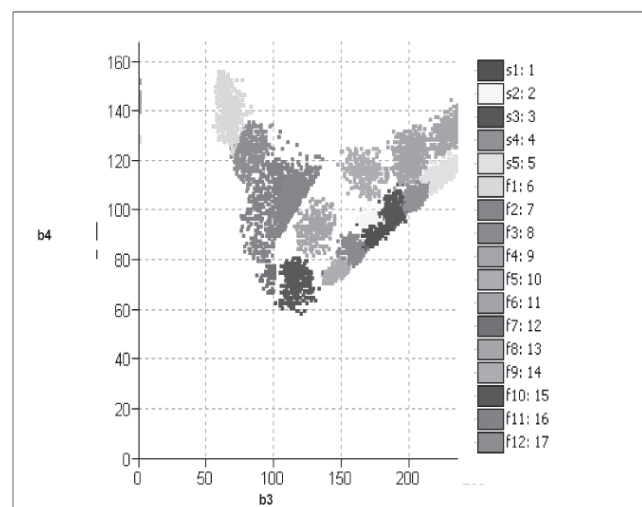
بررسی نمودار طیفی کلاس های تعلیمی (شکل ۴-الف) نشان می دهد، پوشش های سبز و شاداب در محدوده طول موج قرمز (باند ۳) دارای جذب بیشتری می باشند زیرا کلروفیل انرژي دریافتی را جذب نموده و از میزان بازتاب می کاهد و در محدوده مادون قرمز نزدیک (باند ۴) جذب و عبور شدیدا کاهش نتیجتا میزان انعکاس به میزان بسیار زیادی افزایش می یابد. در ناحیه مادون قرمز میانی میزان انعکاس متأثر از آب درون سلولی است و با افزایش مقدار آب درون سلولی مقدار جذب افزایش می یابد. و در محدوده باند سبز دارای انعکاس می باشند که به رنگ سبز دیده می شوند. اما نمودار طیفی کلاس های مخلوط خاک و گیاه دارای بازتاب بالا در محدوده طول موج قرمز (باند ۳) می باشند که موجب تفکیک کلاس های پوشش سبز و مخلوط خاک و گیاه می باشد (شکل ۴ب). نمودار طیفی کلاس های آیش در شکل ۴-ج نمایش داده شده است. انعکاس بالا در محدوده طول موج قرمز و انعکاس پایین در محدوده مادون قرمز نزدیک نشان دهنده وجود پوشش بسیار کم در این کلاس ها می باشد. کلاس F۷ خاک مرطوب می باشد که دارای کمترین بازتاب بویژه در محدوده مادون قرمز میانی می باشد.

شکل ۴-د نمودار طیفی پوشش شاداب (F۱)، مخلوط خاک و گیاه (F۵) و اراضی آیش (F۳) را با یکدیگر مقایسه می نماید. بازتاب مخلوط خاک و گیاه تا حدودی با اراضی آیش هماهنگ می باشد که این به علت تاثیر خاک بر بازتاب بقایای گیاهی و پوشش های پراکنده می باشد که موجب کاهش بازتاب آن در محدوده مادون قرمز نزدیک گردیده است. در هر صورت مخلوط خاک و گیاه دارای بازتاب بیشتری در محدوده مادون قرمز نزدیک (باند ۴) نسبت به اراضی آیش می باشد که نشان دهنده وجود پوشش گیاهی با تراکم بسیار کم در کلاس F۵ است. کلاس های آیش و مخلوط خاک و گیاه در محدوده مادون قرمز میانی و حرارتی به خوبی از یکدیگر قابل تفکیک می باشند.

بررسی نمودار طیفی خاک های شور نشان می دهد حضور بلورهای نمک بدون رطوبت باعث افزایش بازتاب می شود و رطوبت و پوسته های پلی گونی موجب کاهش بازتاب ها می گردد. شکل ۵-الف بازتاب خاک های شور و شور مرطوب را نشان می دهد. همان طور که ملاحظه می شود خاک های شور خشک (S۳، S۴، S۵) دارای بازتاب بیشتری نسبت به خاک های شور مرطوب (S۱ و S۲) می باشد که این رفتار به علت اثر کاهندگی بازتابها توسط رطوبت می باشد. خاک ۵ که دارای پوسته نمک در سطح می باشد بیشترین بازتاب را در تمامی باندها داراست. کلاس های خاک ۱ و ۲ دارای اختلاط طیفی در اغلب باندها می باشند اما باند حرارتی به خوبی این دو را از یکدیگر تفکیک می نماید منجر به تفکیک بهتر این دو از یکدیگر می شود. از طرفی شکل ۵-ب نمودار طیفی خاک های شور خشک (S۵)، خاک های شور با پوسته های پلی گونی (S۳)، خاک های شور مرطوب (S۲) و اراضی آیش (F۳) را با یکدیگر مقایسه می نماید. S۵ که دارای پوسته نمک در سطح می باشد بیشترین بازتاب را در تمامی باندها داراست. خاک غیر شور تحت آیش (F۳) دارای کمترین بازتاب در تمامی باندها می باشد. خاک شور با پوسته های پلی گونی (S۳) دارای بازتاب بیشتر از خاک شور مرطوب (S۲) در باندهای مرئی و مادون قرمز میانی است. خاک های شور مرطوب و خاک های غیر شور روند بازتاب طیفی مشابهی در باندهای مختلف دارند اما به دلیل بازتاب کمتر خاک های غیر شور تحت

نظارت نشده بر روی تصویر انجام گرفت. هم چنین نسبت های باندی مختلف ایجاد و به عنوان باندهای مستقل به صورت نظارت نشده طبقه بندی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج تجزیه و تحلیل ها نشان داد که مناطق مسکونی دارای اختلاط طیفی با خاک های شور هستند که این اراضی قبل از طبقه بندی ماسک شدند و سپس عمل طبقه بندی نظارت شده بر روی تصویر انجام گرفت. با کمک ماتریس همبستگی باندها، ایجاد کنتراست، شاخص مطلوب و ایجاد تصاویر رنگی متعدد بهترین ترکیب رنگی که دارای حداکثر آشکارسازی بر روی پدیده های مختلف می باشد ترکیب باندی (NIR,R,G) انتخاب گردید. کلاس های تعلیمی انتخابی بر اساس تفسیر تصویر ماهواره برای طبقه بندی تصاویر شامل ۵ کلاس خاک و ۱۲ کلاس زراعت می باشد. بر روی تصویر نمونه های همگن و در عین حال دارای پراکنش مناسب در سراسر تصویر انتخاب، و سپس برای کنترل میزان تفکیک پذیری کلاس ها، نمودار طیفی آنها ترسیم و مورد ارزیابی قرار گرفت و با بررسی میانگین، انحراف معیار، نمودار دو بعدی اقدام به اصلاح نمونه برداری گردید.

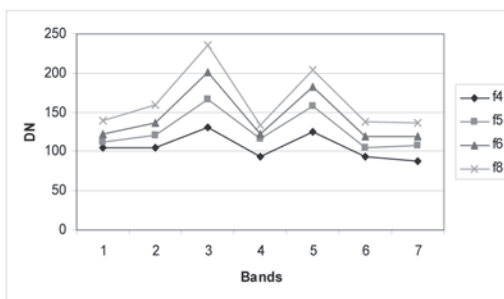
در شکل ۳ نمودار دو بعدی باندهای B۳ و B۴ و نمونه های تعلیمی نمایش داده شده است. همان طور که مشاهده می شود نمونه های تعلیمی سه گروه می باشند به نحوی که تشکیل یک مثلث را می دهند. نمونه های مربوط به خاک لخت در فضای دو بعدی بر روی خط خاک واقع شده اند. در فضای نزدیک به مبدا مختصات خاک های غیر شور تیره (راضی آیش) S۱، S۲ و F۱۰، F۹ و F۳ قرار دارند و کمی بالاتر خاک های شور مرطوب، خاک S۱ و S۲ قرار دارند و در انتهای خط خاک های شور (S۳ و S۴، S۵) واقع شده اند. در بین خط خاک و راس نمودار دو بعدی نمونه های مربوط به مخلوط خاک و گیاه، یعنی کلاس های F۴، F۵، F۶، F۸ می باشند. در راس مثلث نمونه های مربوط به پوشش های سبز و شاداب، یعنی کلاس های F۱، F۲، F۱۱، F۱۲ و F۱۳ می باشند. بررسی نمودار دو بعدی باند ۳ در برابر باند ۴ نشان می دهد کلاس های زراعت های شاداب و مخلوط خاک و گیاه و اراضی آیش به صورت مجموعه های منفرد به خوبی از یکدیگر تفکیک شده اند.



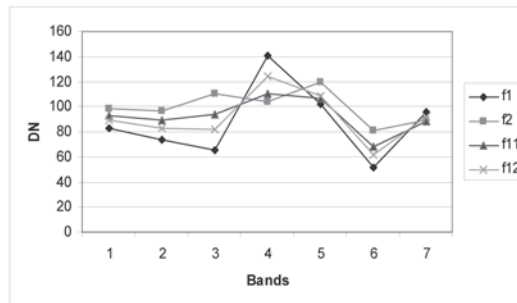
شکل ۳ - نمودار دو بعدی B۳ و B۴ و نمونه های تعلیمی سنجنده ETM.

می باشند، پس از بررسی صحت از الگوریتمی که دارای بالاترین صحت بود، جهت طبقه بندی سایر رویکردها استفاده گردید. انتخاب باندهای مناسب جهت طبقه بندی یکی از مراحل اساسی پیش از طبقه بندی می باشد. در تحقیق حاضر شاخص مطلوب برای سنجنده ETM محاسبه گردید. و باندهای شاخص مطلوب اول و دوم به عنوان یک رویکرد طبقه بندی گردید (باندهای ۳، ۴، ۵ و ۶).

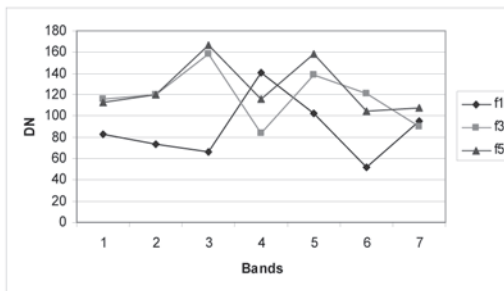
آبش در تمامی باندها از یکدیگر قابل تفکیک می باشند. باند حرارتی قابلیت تفکیک خاک های شور خشک، خاک های شور با پوسته های پلی گونی، خاک های شور مرطوب و اراضی آبش را از یکدیگر دارا می باشد. مجموعه باندهای (رویکردها) مختلفی جهت طبقه بندی نظارت شده استفاده گردید (جدول ۱). سه رویکرد اول الگوریتم های طبقه بندی حداقل فاصله از میانگین^۶، روش متوازی السطوح^۷ و روش حداکثر احتمال^۸



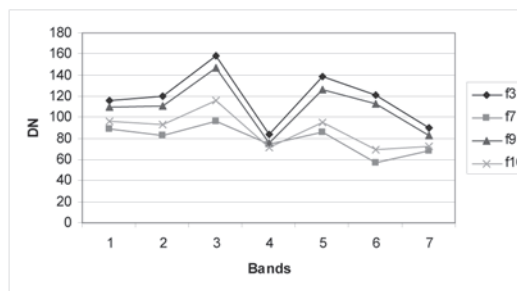
(ب)



(الف)

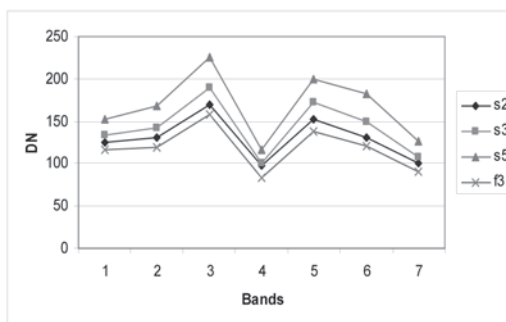


(د)

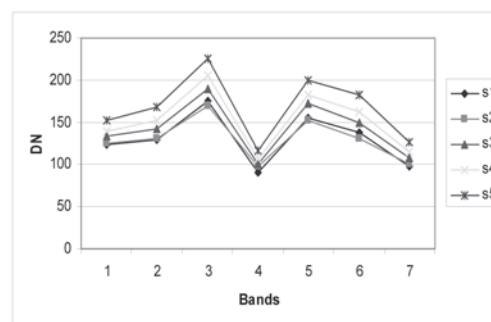


(ج)

شکل ۴- نمودار طیفی الف) پوشش های سبز و شاداب. ب) کلاس های مخلوط خاک و گیاه، ج) کلاس های آبش، د) مقایسه نمودار طیفی پوشش شاداب (F1)، مخلوط خاک و گیاه (F5) و اراضی آبش (F3).



ب



الف

شکل ۵- نمودار طیفی خاک های شور و شور مرطوب. ب) مقایسه نمودار طیفی خاک های شور خشک (S5)، خاک های شور با پوسته های پلی گونی (S3)، خاک های شور مرطوب (S2) و اراضی آبش (F3).

جدول ۱- مجموعه باندهای مورد استفاده در طبقه بندی نظارت شده

مجموعه باندها	رویکرد
۷ باند سنجنده الگوریتم طبقه بندی حداقل فاصله از میانگین	۱
۷ باند سنجنده الگوریتم طبقه بندی Box Classifier	۲
۷ باند سنجنده الگوریتم طبقه بندی حداکثر احتمال	۳
باندهای ۲، ۴، ۵ و ۶	۴
۷ باند و DEM	۵
همه باندها به استثنای باند حرارتی (۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۷).	۶
مولفه های اصلی	۷
شاخص ها	۸
تبدیل تسلدکپ	۹

تا حدی تصحیح نمود. در رویکرد هفتم و نهم به ترتیب مولفه های اصلی و تبدیل تسلدکپ تجزیه و تحلیل گردیدند. در رویکرد هشتم شاخص های ^{15}BI و $^{14}SAVI$ ، ^{13}SI ، $^{12}NDSI$ ، $^{11}NDVI$ ، $^{10}SRVI$ ، 9PVI طبقه بندی و مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۲).

در رویکرد پنجم از اطلاعات کمکی مانند نقشه DEM و شیب برای افزایش دقت طبقه بندی استفاده گردید بنابراین در هنگام و یا پس از طبقه بندی با داشتن لایه های اطلاعاتی در محیط GIS از قبیل مدل رقومی ارتفاع خطاهای پیکسل های غلط را می توان

جدول ۲- شاخص های به کار رفته در تحقیق و میزان همبستگی آنها با ECE

شاخص	رابطه	میزان همبستگی
SI ₁	$\sqrt{G \times R}$	۰/۵۷۴ ^{۰۰}
SI _۲	$\sqrt{G^2 + R^2 + NIR^2}$	۰/۵۷۶ ^{۰۰}
SI _۳	$\sqrt{G^2 + R^2}$	۰/۵۷۰ ^{۰۰}
BI	$\sqrt{R^2 + NIR^2}$	۰/۴۱۲ ^{۰۰}
NDVI	$\frac{NIR - R}{NIR + R}$	-۰/۳۶۳ ^{۰۰}
SAVI	$\frac{NIR - R}{NIR + R + L} (L + 1)$	-۰/۲۵۷ ^{۰۰}
PVI	$\frac{NIR - R - b}{\sqrt{1 + a^2}}$	-۰/۲۸۷ ^{۰۰}
NDSI	$\frac{R - NIR}{R + NIR}$	۰/۳۶۳ ^{۰۰}
SRVI	$\frac{NIR}{R}$	-۰/۳۳۳ ^{۰۰}

شد. پس از تعیین کلاس شوری هر یک از طبقات نقشه شوری مربوط به هر رویکرد تهیه و سپس با نقشه واقعیت زمینی تلاقی و ماتریس خطا تهیه گردید. سپس از رویکردی که بالاترین صحت را دارا بود، برای تهیه نقشه قلیائیت استفاده گردید. پس از تعیین کلاس قلیائیت هر یک از طبقات به روش اشاره شده برای نقشه شوری، که نتایج آن در جدول ۶ آمده است، نقشه قلیائیت تهیه و سپس با نقشه واقعیت زمینی تلاقی و ماتریس خطای طبقه بندی تهیه گردید.

کلاس های پوشش/ کاربری اراضی استخراج شده، با کمک مطالعات صحرایی به کلاس های شوری و قلیائیت تبدیل و در نهایت نقشه های EC و SAR بدست آمدند. برای این منظور نقشه واقعیت زمینی با نقشه طبقه بندی شده^{۱۶} تلاقی و نتایج آن در ماتریسی (جدول ۳) آورده شد. سپس بر مبنای این که کدام کلاس شوری بیشترین درصد را در یک کلاس طیفی- اطلاعاتی داراست در آن کلاس شوری قرار گرفت در صورتی که این درصد کمتر از ۷۰٪ بود آن کلاس به عنوان کلاس مخلوط در نظر گرفته

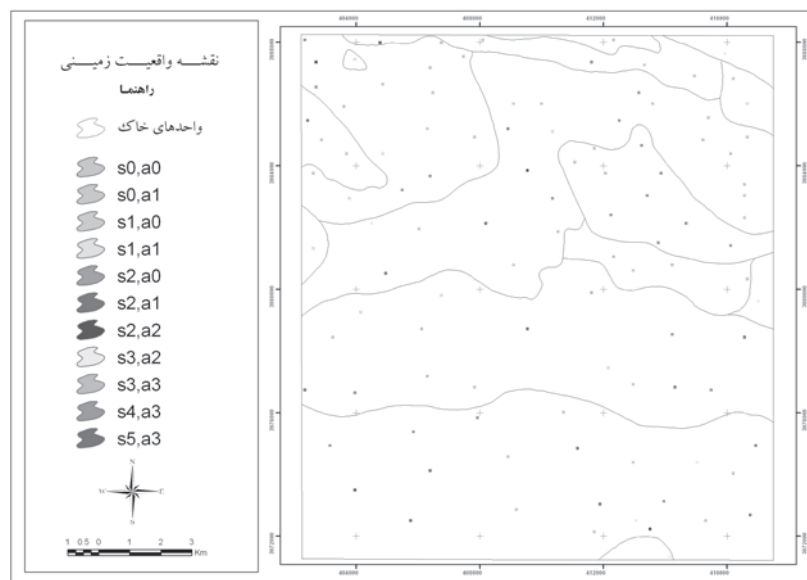
دوم (Box Classifier) تنها ۵۹٪ از منطقه را طبقه بندی و بقیه را جزو کلاس Undefined قرار داد. همانطور که مشاهده می شود الگوریتم حداکثر احتمال (رویکرد سوم) دارای صحت بالاتری از الگوریتم حداقل فاصله از میانگین (رویکرد اول) می باشد. بنابراین برای طبقه بندی تمامی رویکردها از الگوریتم حداکثر احتمال استفاده گردید که با نتایج متین فر و همکاران (۱) مطابقت دارد. بر اساس نتایج طبقه بندی، رویکرد پنجم یعنی ۷ باند و DEM دارای بالاترین و رویکرد ششم یعنی همه باندها به استثنای باند حرارتی دارای کمترین صحت کلی، صحت کاربر، صحت تولید کننده و ضریب کاپا می باشند. صحت کلی ۸۱/۲۵٪، صحت کاربر ۸۲/۳۶٪، صحت تولید کننده ۷۹/۲۷٪ و ضریب کاپا ۰/۷۶ بالای رویکرد پنجم نسبت به رویکرد سوم (۷ باند) نشان دهنده اهمیت DEM در تفکیک کلاس های مختلف بویژه اراضی شور می باشد. و هم چنین مقایسه صحت کلی رویکرد ۳ و ۶ (همه باندها به استثنای باند حرارتی) نشان دهنده اهمیت باند حرارتی در شناسایی و تفکیک کلاس های شور می باشد. رویکرد ۴ دارای بالاترین شاخص مطلوب می باشد اما دارای صحت کلی کمی می باشد که به نظر می رسد در منطقه مطالعاتی استفاده از تمامی اطلاعات طیفی و مکانی عامل مهم تری در صحت طبقه بندی می باشد تا استفاده از شاخص مطلوب برای انتخاب بهترین ترکیب باندی. همانطور که مشاهده می شود رویکرد هفتم (PCA) دارای صحت قابل قبولی می باشد و می توان از این تبدیل برای طبقه بندی تصاویر در این گونه مطالعات استفاده نمود لیکن استفاده از DEM بویژه در طبقه بندی خاک های شور کمک زیادی در افزایش طبقه بندی دارد. رویکرد هشتم (شاخص ها) نیز دارای دقت خوبی در طبقه بندی می باشد که نشان دهنده اهمیت شاخص ها در شناسایی و طبقه بندی شور می باشد. رویکرد نهم (تسلدکپ) دارای بالاترین صحت پس از رویکرد پنجم می باشد که بیانگر مناسب بودن این تبدیل برای تفکیک خاک های شور می باشد.

اغلب پس از طبقه بندی تصاویر نتیجه طبقه بندی دارای واحدهای بسیار ریز است که به هنگام طبقه بندی به روش پیکسل پایه این واحدهای خروجی تنها بر مبنای کلاسه غالب انجام گیرد. لذا بایستی با انجام فیلترهای مناسب پیکسل های پراکنده در میان پیکسل ها را در کلاس غالب ادغام نمود. از فیلتر ۱۷ اکثریت و از دستور Eliminate استفاده گردید. از سایر عملیات پس از طبقه بندی که در این تحقیق استفاده شد می توان به ادغام کلاس ها و دخالت اطلاعات جانبی از قبیل مدل رقومی ارتفاع و شیب اشاره نمود.

نتایج

همانطور در قسمت مواد و روش ها توضیح داده شد، پس از طبقه بندی، نقشه حاصل با لایه واقعیت زمینی (شکل ۶) تلاقی و نتایج آن در ماتریسی آورده شد (جدول ۳) و با کمک جدول کلاس های طیفی - اطلاعاتی به کلاس شور و قلیائیت نسبت داده شدند. برای مثال در کلاس soil^۳ در مجموع در کل منطقه ۷ نمونه برداشت شده است (۶۳ پیکسل) که ۱ نمونه در کلاس شور S^۳ (۱۴٪) و ۶ نمونه دیگر در کلاس شور S^۴ (۸۶٪) می باشند و چون این مقدار بیش از ۷۰٪ است این کلاس، در کلاس شور S^۴ قرار گرفت. اما به عنوان مثال در کلاس f^۳ که کلاس های شور S^۰، S^۱ و S^۲ به ترتیب ۷، ۳۶ و ۵۷ درصد از نمونه ها را تشکیل دادند (چون درصد این کلاس ها کمتر از ۷۰٪ است)، کلاس f^۳ به عنوان کلاس مخلوط در نظر گرفته شد. پس از تعیین کلاس شور مربوط به هر یک از کلاس های طیفی - اطلاعاتی به روش اشاره شده، نقشه شور مربوط به هر رویکرد تهیه و سپس با نقشه واقعیت زمینی تلاقی و ماتریس خطا تهیه گردید.

نتایج طبقه بندی تصویر ETM در جدول ۴ آورده شده است. رویکرد



شکل ۶- نقشه واقعیت زمینی.

جدول ۳- ماتریس حاصل از تلاقی رویکرد پنجم سنجنده ETM با نقشه واقعیت زمینی EC.

اسامی کلاس ها	EC کلاس	تعداد پیکسل ها	مجموع پیکسل ها	s۰٪	s۱٪	s۲٪	s۳٪	s۴٪	s۵٪	کلاس EC نهایی
s۱	s۳	۴۵	۴۵				۱۰۰			s۳
s۲	s۳	۴۵	۵۴				۸۳/۳۳	۱۶/۷۷		s۳
	s۴	۹								
s۳	s۳	۹	۶۲				۱۴/۲۹	۸۵/۷۱		s۴
	s۴	۵۴								
s۴	s۴	۱۲۶	۱۲۶					۱۰۰		s۴
s۵	s۴	۹	۶۲					۱۴/۲۸	۸۵/۷۲	s۵
	s۵	۵۴								
f۱	s۰	۱۸	۱۸	۱۰۰						s۰
f۲	s۰	۲۷	۳۶	۷۵	۲۵					s۰
	s۱	۹								
f۳	s۰	۹	۱۲۶	۷/۱۴	۳۵/۷۱	۵۷/۱۴				s۱,s۲
	s۱	۴۵								
	s۲	۷۲								
f۴	s۰	۹	۶۲	۱۴/۲۹	۱۴/۲۸	۷۱/۴۳				s۲
	s۱	۹								
	s۲	۴۵								
f۵	s۰	۲۷	۳۶	۷۵	۲۵					s۰
	s۱	۹								
	s۰	۷۲	۱۱۷	۶۱/۵۴	۲۳/۸۰	۱۵/۳۸				s۱,s۰
f۶	s۱	۲۷								
	s۲	۱۸								
f۷	s۰	۹	۲۷	۳۳/۳۳	۶۶/۶۶					s۰,s۱
	s۱	۱۸								
f۸	s۰	۶۳	۹۰	۷۰	۲۰	۱۰				s۰
	s۱	۱۸								
	s۲	۹								
f۹	s۰	۴۵	۵۴	۸۳/۳۳	۱۶/۶۷					s۰
	s۱	۹								
f۱۰	s۰	۹	۳۶	۲۵	۷۵					s۱
	s۱	۲۷								
f۱۱	s۰	۲۷	۲۷	۱۰۰						s۰
f۱۲	s۰	۲۷	۲۷	۱۰۰						s۰

جدول ۴- صحت کلی، صحت کاربر، صحت تولید کننده و ضریب کاپا رویکردهای مختلف نقشه EC.

ضریب کاپا	صحت تولید کننده	صحت کاربر	صحت کلی	رویکرد
۰/۶۲	۷۰/۵۱	۷۲/۴۰	۶۸/۳۲	۱
۰/۶۷	۷۱/۷	۷۲/۱۴	۷۲/۴۹	۳
۰/۶۷	۷۳/۸۴	۷۱/۰۲	۷۲/۸۹	۴
۰/۷۶	۷۹/۲۷	۸۲/۳۶	۸۱/۲۵	۵
۰/۵۷	۶۵/۲	۶۰/۲۱	۶۲/۶۷	۶
۰/۶۹	۷۳/۸۱	۷۵/۹۸	۷۳/۵۷	۷
۰/۶۹	۷۴/۹۶	۷۴/۴۱	۷۳/۸۷	۸
۰/۷۰	۷۶/۵۰	۷۷/۶۹	۷۴/۶۸	۹

پوسته نمک در سطح بوده و در تصاویر دارای بیشترین بازتاب می باشد، از طرفی از لحاظ موقعیت مکانی در مناطق پست قرار گرفته است که این عوامل موجب تفکیک خوب این اراضی از سایر کلاس های شوری شده است. همچنین کلاس های شوری S۴ و S۳ دارای صحت کاربر و تولید کننده بالایی می باشند که به دلیل بازتاب متفاوت و موقعیت مکانی این کلاس ها می باشد.

در شکل ۷ نتیجه طبقه بندی رویکرد پنجم و در جدول ۵ ماتریس خطای طبقه بندی رویکرد پنجم آورده شده است. بررسی ماتریس خطا نشان می دهد کلاس شوری S۱ دارای کمترین صحت کاربر می باشد و بیشترین تداخل را با کلاس های S۰ و S۲ بویژه با کلاس S۰ دارا است. کلاس S۱ دارای کمترین صحت تولید کننده نیز می باشد. بررسی ماتریس خطا نشان می دهد که کلاس S۵ دارای بالاترین صحت تولید کننده و کاربر می باشد. این کلاس وضعیت متفاوتی از سایر کلاس ها دارد، دارای

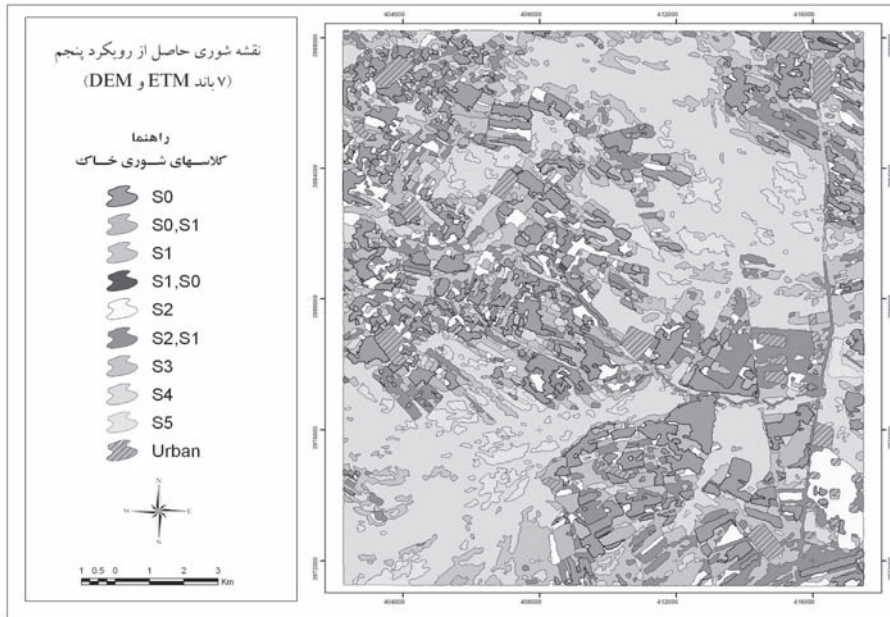
جدول ۵- ماتریس خطای رویکرد پنجم سنجنده ETM.

خطای اضافه	صحت کاربر	مجموع	S۵	S۴	S۳	S۲	S۱	S۰	
۵/۵۶	۹۴/۴۴	۳۲۴	۰	۰	۰	۰	۱۸	۳۰۶	S۰
۷۲/۲۲	۲۷/۷۸	۱۶۲	۰	۰	۰	۴۵	۴۵	۷۲	S۱
۱۵/۷۹	۸۴/۲۱	۱۷۱	۰	۰	۰	۱۴۴	۰	۲۷	S۲
۹/۰۹	۹۰/۹۱	۹۹	۰	۹	۹۰	۰	۰	۰	S۳
۹/۰۹	۹۰/۹۱	۱۹۸	۹	۱۸۰	۹	۰	۰	۰	S۴
۰	۱۰۰	۵۴	۵۴	۰	۰	۰	۰	۰	S۵
		۱۰۰۸	۶۳	۱۸۹	۹۹	۱۸۹	۶۳	۴۰۵	مجموع
			۸۵/۷۱	۹۵/۲۴	۹۰/۹۱	۷۶/۱۹	۷۱/۴۳	۷۵/۵۶	صحت تولید کننده
			۱۴/۲۹	۴/۷۶	۹/۰۹	۲۳/۸۱	۲۸/۵۷	۲۴/۴۴	خطای حذف

۰/۶۲ می باشد. کلاس قلیائیت a۱ دارای کمترین صحت کاربر و کلاس a۲ دارای کمترین صحت تولید کننده می باشند. به طور کلی این سنجنده توانایی تفکیک خاک های با قلیائیت متوسط را نداشت و منجر به ایجاد کلاسهای مخلوط شد، در حالی که در خاک های با قلیائیت کم و بالا کلاس ها با دقت خوبی از یکدیگر تفکیک گردیدند. بررسی ماتریس خطا نشان می دهد که کلاس a۳ دارای بالاترین صحت تولید کننده و کاربر می باشد. این کلاس وضعیت متفاوتی از سایر کلاس ها قلیائیت دارا می باشد، و خاک های شور قلیایی دارای پوسته نمک در سطح بوده و در تصاویر دارای بیشترین بازتاب می باشد، از طرفی از لحاظ موقعیت مکانی در مناطق

از رویکرد پنجم که دارای بالاترین صحت بود، برای تهیه نقشه قلیائیت استفاده گردید. نقشه واقعیت زمینی با نقشه طبقه بندی رویکرد پنجم، تلاقی و نتایج آن در ماتریسی (جدول ۶) آورده شد. پس از تعیین کلاس قلیائیت هر یک از طبقات به روش اشاره شده، نقشه قلیائیت تهیه و سپس با نقشه واقعیت زمینی تلاقی و ماتریس خطا طبقه بندی تهیه گردید. شکل ۸ نتیجه طبقه بندی رویکرد پنجم این طبقه بندی می باشد. در جدول ۷ ماتریس خطای طبقه بندی رویکرد هفتم آورده شده است. بررسی ماتریس خطا نشان می دهد صحت کلی نقشه قلیائیت برابر با ۷۴/۱۱، صحت کاربر ۶۲/۳۹، صحت تولید کننده ۶۲/۲۸ و ضریب کاپا

شکل ۷- نقشه شوری حاصل از طبقه بندی رویکرد پنجم سنجنده ETM.



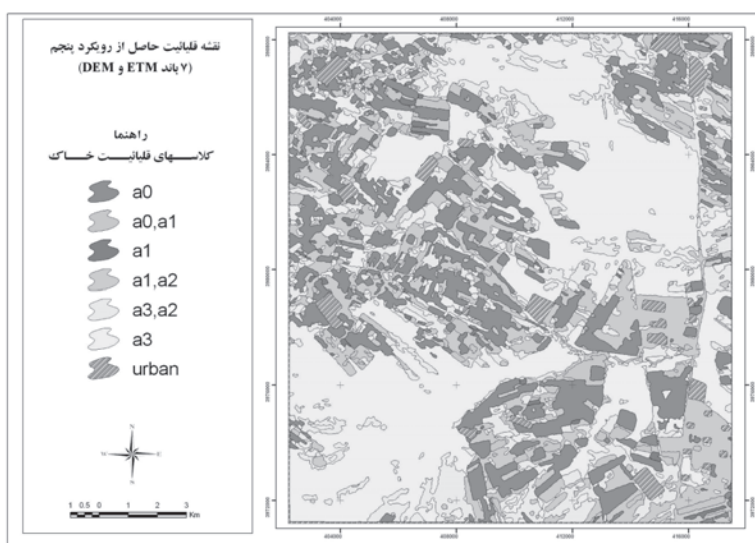
پست قرار گرفته است که این عوامل موجب تفکیک خوب این اراضی از سایر کلاسهای شوری شده است. و معادل کلاس های شوری S۳ و S۴، S۵، هم چنین کلاس a۰ دارای صحت بالای کاربر و تولید کننده می باشد و دارای کمی تداخل a۱ با کلاس می باشد. بررسی خطاهای حذف و اضافه نیز نشان می دهد که کلاس a۱ دارای بیشترین خطای حذف و کلاس a۲ دارای بالاترین خطای اضافه می باشد. که نشان دهنده اختلاط کلاس های با قلیائیت متوسط با یکدیگر می باشد. شکل ۹ نقشه شوری و قلیائیت حاصل از Overlay دو نقشه EC و SAR نشان داده شده است.

جدول ۶- ماتریس حاصل از تلاقی رویکرد پنجم سنجنده ETM با نقشه واقعیت زمینی SAR.

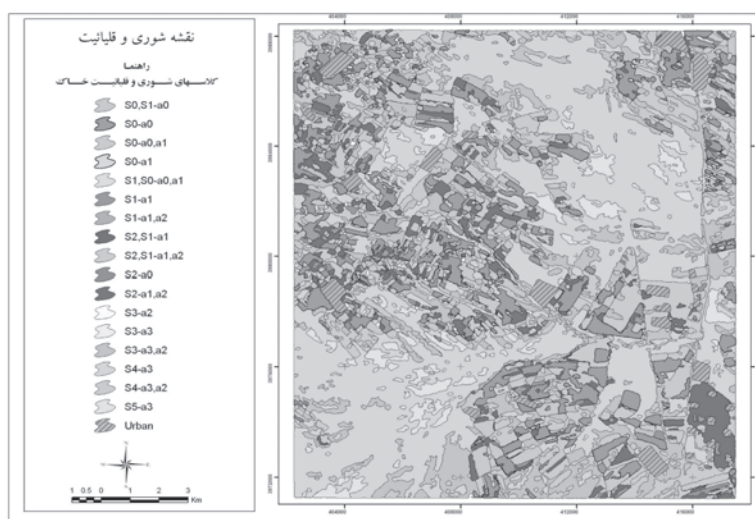
کلاس اسمی	کلاس SAR	تعداد پیکسل ها	مجموع پیکسل ها	% a۰	% a۱	% a۲	% a۳	کلاس قلیائیت نهایی
s۱	a۳	۲۷	۴۵			۴۰	۹۶۰	a۲,a۳
	a۲	۱۸						
s۲	a۲	۲۷	۵۴			۳۳/۳۲	۶۶/۶۶	a۲,a۳
	a۳	۲۷						
s۳	a۳	۵۴	۶۳			۱۴/۲۹	۸۵/۷۱	a۳
	a۲	۹						
s۴	a۳	۱۲۶	۱۲۶				۱۰۰	a۳
s۵	a۳	۶۳	۶۳				۱۰۰	a۳
f۱	a۰	۱۸	۱۸	۱۰۰				a۰
f۲	a۰	۲۶	۲۶	۱۰۰				a۰
f۳	a۱	۴۵	۱۲۶	۲۸/۵۷	۳۵/۷۱	۳۵/۷۱		a۱,a۲
	a۰	۲۶						
	a۲	۴۵						
f۴	a۱	۲۶	۶۳	۱۴/۲۹	۵۷/۱۴	۲۸/۵۷		a۲,a۱
	a۰	۹						
	a۲	۱۸						
f۵	a۱	۹	۳۶	۷۵	۲۵			a۰
	a۰	۲۷						
f۶	a۰	۹۹	۱۱۷	۸۲/۶۲	۱۵/۳۸			a۰
	a۱	۱۸						
f۷	a۱	۹	۲۷	۶۶/۶۷	۳۳/۳۳			a۱,a۰
	a۰	۱۸						
f۸	a۰	۷۲	۹۰	۸۰	۲۰			a۰
	a۱	۱۸						
f۹	a۱	۱۸	۵۴	۶۶/۶۶	۳۳/۳۳			a۱,a۰
	a۰	۲۶						
f۱۰	a۱	۹	۳۶	۲۵	۷۵			a۱
	a۰	۲۷						
f۱۱	a۰	۲۷	۲۷	۱۰۰				a۰
f۱۲	a۰	۲۷	۲۷	۱۰۰				a۰

جدول ۷- ماتریس خطای نقشه قلیائیت.

	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	مجموع	صحت کاربر	خطای اضافه
a ₀	۳۶۰	۳۶	۳۶	۰	۴۳۲	۸۳/۳۳	۱۶/۶۷
a ₁	۷۲	۴۵	۴۵	۰	۱۶۲	۲۷/۷۸	۷۲/۲۲
a ₂	۰	۱۸	۴۵	۵۴	۱۱۷	۳۸/۴۶	۶۱/۵۴
a ₃	۰	۰	۰	۲۹۷	۲۹۷	۱۰۰	۰
مجموع	۴۳۲	۹۹	۱۲۶	۳۵۱	۱۰۰۸		
صحت تولید کننده	۸۳/۳۳	۴۵/۴۵	۳۵/۷۱	۸۴/۶۲			
خطای حذف	۱۶/۶۷	۵۴/۵۵	۶۴/۲۹	۱۵/۳۸			



شکل ۸- نقشه قلیائیت حاصل از طبقه بندی رویکرد پنجم سنجنده ETM.



شکل ۹- نقشه شوری و قلیائیت.

- 15- Brightness Index
- 16- Cross
- 17- Majority Filter

منابع مورد استفاده

- ۱- متین فر حمیدرضا و همکاران، (۱۳۸۵)، بررسی داده های سنجنده های ASTER، LISS_III، ETM، TM و MSS به منظور شناسایی خاکها بر اساس مطالعات میدانی به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در منطقه کاشان، پایان نامه دکتری دانشگاه تهران.
- 2- Alavipanah, S.K., & A. Pouafar, 1998. Potentials and constraints of soil salinity studies in two different conditions of Iran using Jandsat TM data.
- 3- AL-khaier, F., 2003. Soil Salinity Detection Using Satellite Remote Sensing, Thesis submitted to the International Institute for Geo-information Science and Earth Observation in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in ITC.
- 4- Dwivedi, R. S., & Sreenivas, K. 1998. Image transforms as a tool for the study of soil salinity and alkalinity dynamics. International Journal of Remote Sensing, 19, 605-619.
- 5- Farifteh, J., & A. Farshad, 2002. Remote sensing and modeling of topsoil properties, a clue for assessing land degradation, International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation (ITC), Symposium no. 52, Paper no.865.
- 6- Ghassemi, F., Jakeman, A. J., & Nix, H. A. 1995. Salinisation of land and water resources: human causes, extent, management and case studies. Canberra, Australia: The Australian National University, Wallingford, Oxon, UK: CAB International.
- 7- Khan, M. N., V.V. Rastokuev, E.V. Shalina, & Y. Sato. 2001. Mapping salt affected soils using remote sensing Indicators-a simple approach with the use of GIS IDRISI- 22nd Asian Conference on remote sensing.
- 8- Liu, X., J. Peterson, Z. Zhang, & S. Chandra, 2005. Improving soil salinity prediction with high resolution DEM derived from LIDAR data, The 9th International symposium on physical measurements and Signature in Remote sensing, China.
- 9- Margate, D. E., & D.P. Shrestha, 2001. The use of hyperspectral data in identifying "desert-like" soil surface features in Tabernas area, southeast Spain, The 22nd Asian conference on remote sensing.
- 10- McGowen, I., & Mallyon, S. 1996. Detection of Dryland salinity using single and multi-temporal Landsat imagery. Proceedings of the 8th Australasian Remote Sensing Conference, Canberra (pp. 26-34).
- 11- Masoud, A.A., & K. kike, 2006. Arid land salinization

بحث

نتایج طبقه بندی نشان می دهد که تلفیق DEM با همه باندها موجب افزایش صحت طبقه بندی نسبت به سایر رویکردها شده است. زیرا خاک های شور و غیر شور از لحاظ موقعیت ارتفاعی متفاوت می باشند (مطابق با نتایج ۱، ۸، ۱۱). هم چنین نتایج اهمیت باند حرارتی را در تفکیک خاک های شور نشان داد به طوری که با حذف این باند صحت طبقه بندی بسیار کاهش یافت (مطابق با نتایج ۱، ۲، ۹، ۱۸، ۱۹). در بین تکنیک های پردازش تصاویر بررسی شده در این تحقیق تبدیل PCA تسلدکپ و شاخص ها دارای صحت قابل قبولی بودند و می توان از این پردازش ها در این مطالعات شوری استفاده نمود (مطابق با نتایج ۴، ۱۱). شاخص مطلوب دارای صحت کلی نسبتاً پایینی در تمامی تصاویر بود که چنین استنباط می گردد که استفاده از تمامی اطلاعات طیفی و مکانی عامل مهمتری در افزایش صحت طبقه بندی در منطقه مطالعاتی می باشد (مطابق با نتایج ۱، ۱۱). نتایج نشان می دهد که پوسته های صاف و با رنگ روشن، خصوصاً پوسته های بدون درز و شکاف موجب افزایش بازتاب ها می شود (کلاس خاک ۵)، به طوری که این اراضی دارای بالاترین بازتاب ها می باشند و با صحت بالایی تفکیک گردیدند. هم چنین مناطق با شوری بالا و متوسط نسبت به مناطق با شوری پایین با دقت بالاتری تفکیک گردیدند (مطابق با نتایج ۱۰). دقت طبقه بندی نقشه قلیائیت کمتر از نقشه شوری بود که این امر به علت ارتباط کمتر خصوصیات قلیایی خاک ها و بازتاب های طیفی آنها نسبت به شوری می باشد (مطابق با نتایج ۱۶، ۱۵). در نقشه قلیائیت دقت طبقه بندی کلاس ها با قلیائیت متوسط کمتر از کلاس های با قلیائیت کم و زیاد بود (مطابق با نتایج ۱۳).

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از گروه مهندسی علوم خاک دانشکده آب و خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، که امکانات لازم را برای این پروژه فراهم نموده اند و کلیه دوستان و همکارانی که در انجام این پژوهش ما را یاری نمودند کمال تشکر و امتنان را دارد.

پاورقی ها

- 1- Seal
- 2- SI
- 3- Normalized Differential Salinity Index
- 4- BI
- 5- Stratified random sampling
- 6- Minimum distance to mean
- 7- Parallelepiped (PPD) یا Box classifier
- 8- Maximum likelihood
- 9- Perpendicular Vegetation Index
- 10- Simple Ratio Vegetation Index
- 11- Normalize Differential Vegetation Index
- 12- Normalize Differential Salinity Index
- 13- Salinity Index
- 14- Soil Adjusted Vegetation Index

