

بررسی توانایی تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۷ در تعیین تغییرات قلیائیت خاک در دشت قهاوند (استان همدان)

مهدی احمدیان^۱، مجتبی پاک پرور^۲ و داوود عاشورلو^۳

۱- کارشناس ارشد پژوهشی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، ص.پ. ۸۷ Mahdi.Ahmadian@Gmail.com

۲- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، ص.پ. ۶۱۷-۷۱۵۵۵ Pakparvar@Farsagres.ir

۳- دانشجوی دوره دکترای سنجش از دور، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی Davood_Ashorlo@Yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۶/۱۶

چکیده

فناوری سنجش از دور به عنوان یک ابزار مناسب به منظور پایش زمانی برخی از پدیده‌های طبیعی به‌شمار می‌رود. شوری ثانویه از مهمترین عوامل کاهش باروری خاک در مناطقی است که مدیریت کارآمد و مطلوب بر منابع آب و خاک وجود نداشته است. این تحقیق به منظور بهره‌گیری از فناوری سنجش از دور در طبقه‌بندی و ارزیابی روند تغییرات خاکهای سدیمی در دشت قهاوند صورت گرفت. شیوه کار بر پایه تفکیک سطوح مختلف خاکهای قلیائی به وسیله دو سری اطلاعات داده‌های رقومی ماهواره‌ای لندست ۵ و ۷ همراه با مطالعات زمینی استوار بوده است. طبقه‌بندی تصاویر برای قلیائیت خاک با استفاده از باندهای مختلف تصاویر به کمک سنجنده‌های TM و ETM و مطالعه شاخصهای مختلف PCA₁₂₃، PCA₅₇، DVI، BRITHNESS، GREENESS برای خاک و پوشش گیاهی صورت گرفت. هر یک از تصاویر با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم نگاشت طیفی زاویه‌ای (SAM) طبقه‌بندی شدند. پس از تصحیح طبقه‌بندیها، نتایج در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به صورت نقشه‌هایی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ ارائه گردید. نتایج نشان دهنده افزایش وسعت خاکهای سدیمی به میزان ۹/۸ درصد در طی ۱۱ سال می‌باشد. به طوری که در کلاس محدودیت کم سدیم (A₁) میزان تغییرات ۲۳/۱ درصد، در کلاس محدودیت متوسط سدیم (A₂) میزان تغییرات ۱۳/۷ درصد و در کلاس محدودیت زیاد سدیم (A₃) میزان تغییرات ۰/۳ درصد بود. وسعت اراضی بایر و فاقد پوشش و کفه‌های نمکی نیز از ۳۰۰۵ به ۸۴۴۶ هکتار رسیده که حدود ۱۸۱ درصد نسبت به قبل افزایش داشت. بر این اساس، گسترش همه جانبه قلیائیت در طی این دوره اساساً تحت تأثیر مدیریت نامناسب آب و بهره‌برداری نادرست از منابع اراضی و تغییرات کاربری اراضی بوده است.

واژه‌های کلیدی: قلیائیت خاک، سنجش از دور، تصاویر ماهواره لندست، الگوریتم نگاشت طیفی زاویه‌ای، قهاوند.

مقدمه

اطلاعات وسیعی از یک منطقه در مقاطع زمانی مختلف ارائه نموده و سرفصل بزرگی از تحقیقات جهانی را به خود اختصاص می‌دهد. پیشرفت‌های اخیر در کاربرد

سنجش از دور به عنوان یک ابزار مناسب جهت بررسی برخی از پدیده‌های طبیعی به‌شمار می‌رود و

الکتریکی (EC) بکار می‌رود تعیین نمود (افیونی و مجتبی‌پور، ۱۳۷۶).

به دلیل بالا رفتن اسیدیته محلول خاک، هیدرولیز سیلیکاتهای آلومینیوم تسریع می‌شود و مواد اصلی حل شده همراه با کلوئیدهای کانیهای رس شسته می‌شوند و در اثر تجمع در افق رسوبی خاک، یک سخت لایه (Hardpan) تشکیل می‌دهند، بنابراین نفوذ آب در خاکهای سدیمی‌کند است و بارانهای ملایم به سختی جذب می‌شوند و زهکشی عمقی خاک نیز به سختی صورت می‌گیرد.

به دلیل تورم زیاد خاکهای اشباع از سدیم، این خاکها نسبت به آب و هوا نفوذپذیری کمی دارند و دلیل این امر کاهش ضریب انتقال هیدرولیک خاک (K) و پراکندگی لایه بالایی کانیهای رس می‌باشد. ساختار لایه‌های غیر قابل نفوذ خاک نیز مانع تبادل گاز در پروفیل خاک شده و در نتیجه بر رشد ریشه و ظرفیت جذب آب اثر می‌گذارد. جدا شدن سدیم قابل جذب از محلول خاک و قرار گرفتن در مکانهای تبادلی، موجب افزایش اسیدیته محلول خاک گردیده و دی‌اکسیدکربن بیشتری حل شده و نهایتاً میزان کربنات یا بی‌کربنات در خاک به اسیدیته وابستگی می‌یابد. در اسیدیته کمتر از ۹، یونهای بی‌کربنات غالب هستند و در بالاتر از اسیدیته ۹، یونهای کربنات نیز دیده می‌شوند (افیونی و مجتبی‌پور، ۱۳۷۶).

با افزایش سدیم تبادلی، کانیهای رس تمایل زیادی به پراکنده شدن داشته و افق A به تدریج ساختمان خود را از دست می‌دهد و مستعد فرسایش می‌گردد، بدین ترتیب، لایه فوقانی فرسایش یافته و از دسترس خارج می‌شود در چنین مواردی افق B که فاقد پوشش می‌باشد نقاط بایری

فناوری سنجش از دور به منظور تهیه نقشه و مدیریت زمینهای تحت تأثیر نمک، سبب افزایش سرعت و دقت مطالعات و کاهش هزینه‌های مربوطه شده است (ظاهرکیا، ۱۳۷۵). شوری و قلیائیت خاکها مسئله‌ای حاد برای کشتهای آبی در اقلیمهای خشک و نیمه خشک به‌شمار می‌رود. از آنجا که واژگان مربوط به اراضی متأثر از املاح شور، همگن نبوده و گاهی اشتباه برانگیز است، برخی از محققان واژه خاکهای شور را معادل خاکهای قلیائی می‌دانند، در حالی که برخی دیگر مایلند بین واژه خاکهای شور متأثر از شوری و واژه خاکهای سدیمی متأثر از درصد بالای سدیم قابل تبادل، تمایز قائل شوند. چون واژه قلیائیت معانی مختلفی داشته و قلیائیت هم ممکن است به دلیل عوامل متعددی باشد، کاربرد سدیم و خاکهای سدیمی به جای خاکهای قلیایی مناسبتر است.

در یک تعریف علمی، می‌توان گفت خاکی که در افق B دارای ساختار ستونی بوده و بیش از ۱۵٪ از ظرفیت تبادل کاتیونی آن توسط سدیم اشباع شده و اسیدیته (pH) بالاتر از ۸/۵ دارد خاک سولونتر یا سدیمی است؛ در این شرایط، سدیم یون غالب را در محلول خاک تشکیل می‌دهد و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با یونهای سدیم تکمیل می‌شود که این امر اثر مشخصی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک گذاشته و سبب پراکندگی ذرات خاک می‌شود. در نتیجه ساختمان خاک رو به زوال می‌رود؛ اگرچه خطر سدیم در خاک با مقدار سدیم تبادلی (ESP) ارتباط دارد، اما معمولاً معیار نسبت جذب سدیمی (SAR) جهت بررسی خطر سدیم بکار می‌رود و دلیل این امر آنست که نسبت جذب سدیمی را می‌توان از همان عصاره اشباعی که برای تعیین هدایت

اساس مقادیر مورد نیاز ژئوسوم و اصلاح کننده‌های دیگر پیش‌بینی گردید (Rao et al., 1995).

محققان دیگر، در تحقیقات خود به نقش کلیدی باند ترمال ماهواره لندست TM در تشخیص خاکهای شور و سدیمی در منطقه دلتای نیل مصر اشاره کردند (Goossenes & Van Ranst, 1996).

بررسیهای دیگر، باند TM7 را در تشخیص و تفکیک طبقات قلیائیت خاک مناسب دانسته زیرا در محدوده طیفی ۱۱ تا ۱۲ میکرومتر و ۲/۳۴ میکرومتر مناطقی وجود دارند که کربنات آزاد جذب قوی انرژی در ناحیه باند ترمال و جذب سطحی در ناحیه باند مادون قرمز میانی دارد (Siegal & Gillespie, 1980).

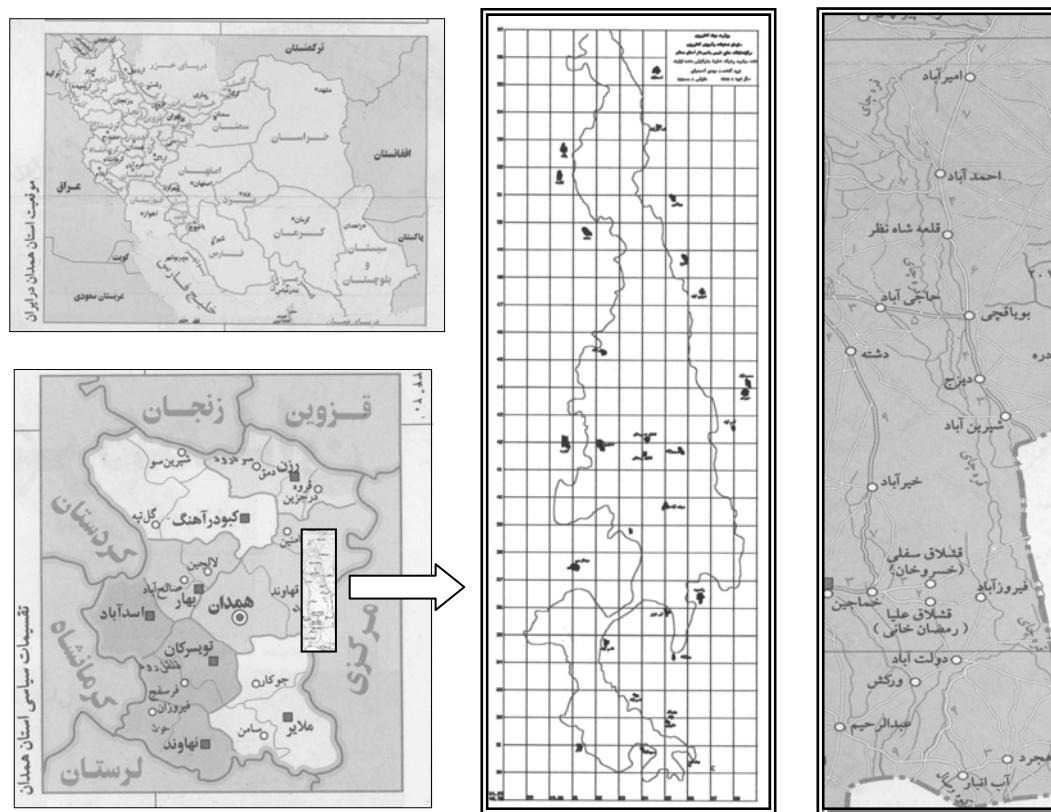
منطقه مورد مطالعه این تحقیق در دشت قهاوند یکی از چهار دشت واقع در حوزه آبریز رودخانه قره‌چای در محدوده استان همدان است (شکل شماره ۱). وسعت حوزه آبریز این رودخانه بالغ بر ۵۸۴۵ کیلومتر مربع است و قسمت عمده آن خارج از محدوده استان همدان و در استانهای مرکزی و قم قرار دارد (احمدیان، ۱۳۸۲). این منطقه از نظر فیزیوگرافی جزء دشتهای سیلابی و اراضی پست با ارتفاع متوسط ۱۶۵۰ متر از سطح دریا، متوسط بارش سالانه ۲۶۰ میلیمتر، متوسط دمای سالانه ۱۱/۷۹ درجه سانتیگراد، میزان تبخیر سالانه از سطح طشتک ۲۰۲۰ میلی متر و اقلیم منطقه به روش دومارتن، نیمه خشک و به روش آمبرژه، خشک سرد می‌باشد (احمدیان، ۱۳۸۱).

را در سطح اراضی تشکیل می‌دهد که در اصطلاح سطوح صیقلی (Slick spots) نامیده می‌شود.

ایده استفاده از سنجش از دور به عنوان ابزاری برای مطالعه خاکهای سدیمی می‌تواند سرآغاز بسیار خوبی در تولید لایه‌های اطلاعاتی در این زمینه باشد و از آنجا که منابع اطلاعاتی در خصوص وسعت و ماهیت خاکهای سدیمی محدود است، بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد باند ۳ ماهواره اسپات، مناسبترین باند برای مطالعات پارامتر قلیائیت خاک است و نتایج بررسیهای آماری نشان می‌دهد در بین نسبتهای طیفی مورد استفاده، شاخص درخشندگی BI (NIR+RED+Grn) دارای همبستگی مثبت معنی‌داری با سدیم، کلسیم و منیزیم محلول می‌باشد. همچنین بررسی شاخص RI (NIR/RED) و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) بیانگر وجود همبستگی منفی با سدیم، کلسیم و منیزیم محلول است. به عبارت دیگر، بهتر بودن پوشش گیاهی نشانه پایین بودن مقدار شوری و قلیائیت خاک و کم بودن مقدار (RI) و (NDVI) نشان دهنده کم بودن پوشش گیاهی ناشی از بالا بودن غلظت املاح خاک است. به عبارت دیگر، نسبت طیفی (BI) بهترین نسبت برای بررسی خصوصیات خاک تحت تأثیر املاح می‌باشد (Rahman et al., 1994).

در تحقیق دیگری از داده‌های ماهواره‌ای لندست برای تهیه نقشه شوری و قلیائیت خاک استفاده شد و نتایج این بررسی تفکیک‌پذیری خاکهای به شدت شور و سدیمی را از خاکهای نسبتاً شور و سدیمی ممکن نمود و بر این



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه نسبت به استان همدان و کشور

مواد و روشها

در این تحقیق با توجه به استفاده از سنجنش از دور برای تعیین حدود مختلف قلیائیت، مراحل زیر مورد بررسی قرار گرفت.

الف) تهیه داده‌های دورسنجی و قرائت آن در سیستم (رایانه):

به منظور تهیه داده‌های مورد نیاز، ابتدا محدوده مطالعاتی روی نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ مشخص گردید و با توجه به طول و عرض جغرافیایی، شماره گذر و ردیف تصویر ماهواره‌ای مورد نیاز تعیین شد. منطقه مطالعاتی در فریم همدان قرار گرفته و شماره گذر و ردیف آن در ماهواره لندست، ۱۶۶۳۶ می‌باشد (احمدیان، ۱۳۸۳). قدیمی‌ترین

اطلاعات ماهواره‌ای موجود از منطقه، مربوط به ماهواره لندست ۵ (تاریخ تصویربرداری ۲ ژوئن ۱۹۸۹ میلادی - ۱۲ خرداد ۱۳۶۸ شمسی) و جدیدترین اطلاعات منطقه مربوط به ماهواره لندست ۷ (تاریخ تصویربرداری ۲۹ ماه می ۲۰۰۰ میلادی - ۸ خرداد ۱۳۷۹ شمسی) است. اطلاعات یادشده با فرمت Pix و TIFF به صورت لوح فشرده تهیه شد و پس از انتقال به رایانه به فرمت PCI تبدیل گردید و به کمک نرم‌افزارهای مختلفی نظیر ERDAS Imagine v8.7 - Arcview GIS v3.3 - Ilwis v3.3 - Mapper v7.0 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

ب) تهیه اطلاعات جانبی و نمونه برداری زمینی:

به منظور طبقه‌بندی داده‌های ماهواره لندست ۷، نیاز به اطلاعات جنبی به هنگام بود که از طریق مطالعات صحرائی

ج) بهبود و بارز سازی تصویر:

پس از فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای منطقه، محدوده مورد مطالعه به صورت یک پنجره جدا شد و داده‌های رقومی مورد بررسی قرار گرفت و در مرحله بعد، تصحیحات Banding و Striping روی تصویر انجام شد (دماوندی، ۱۳۷۶). به منظور کاهش و تصحیح اثرات اتمسفری از روش حجم سیاه به دلیل پرآب بودن دو سد آبشینه و اکباتان در موقع تصویربرداری، روش حداقل هیستوگرام به خاطر اطمینان از مناسب بودن روش از نظر اثرات آلودگی و عمق آب و همچنین تکنیک نویززدایی طیفی - MNF به منظور تحلیل مرز لندیوزها و تغییرات کوچکتر از حد پیکسل استفاده شد که در این میان تکنیک نویززدایی طیفی کاربرد مطلوبی دارد (علیمحمدی، ۱۳۸۰).

الگوی DEM منطقه از روش VDEMINT به کمک نرم‌افزار ILWIS استخراج گردید و این عملیات با معرفی DEM تصویر ماهواره‌ای به همراه مشخصات Azimut و ارتفاع خورشیدی صورت گرفت. تصحیحات هندسی تصویر به کمک اطلاعات مکانی ۶۰ نقطه شاخص منطقه، که از هر لحاظ بارز بوده و دارای توزیع و پراکنش مناسبی بر روی تصویر هستند صورت گرفت. برای این منظور مختصات جغرافیایی نقاط زمینی به UTM تبدیل و به تصویر منتقل شد و شبکه راه و جاده‌های دو تصویر ثبت و شرایط نقاط نظیر هم از لحاظ توزیع در نظر گرفته شد و برای برقراری هماهنگی اطلاعات بین دو تصویر از منحنی تطابق (Histogram matching) استفاده گردید (Richardes, 1986).

با استفاده از معادلات درجه ۱ و ۲ با RMS های مختلف، تصاویر تصحیح شده‌ای استخراج گردید که در این میان

فراهم شد، همچنین برای طبقه‌بندی تصویر ماهواره لندست ۵، از گزارشهای جنبی و نقشه‌های مطالعات قبلی استفاده گردید (مطالعات خاک‌شناسی و طبقه‌بندی اراضی دشت شرا، ۱۳۶۷ و مهندسین مشاور تهران پژوهش، ۱۳۷۰). این اطلاعات شامل نتایج تجزیه آزمایش پارامترهای خاک‌شناسی مؤثر در قلیائیت خاک شامل نسبت جذب سدیمی و اسیدیته خاک است.

برای نمونه‌برداری از مناطق مختلف دشت با توجه به نقشه خاک‌شناسی منطقه و با توجه به مورفولوژی خاکها، برداشت نمونه صورت گرفت و موقعیت نقاط به کمک دستگاه تعیین موقعیت ماهواره‌ای (GPS) تعیین گردید. نمونه‌های خاک به صورت سطحی از عمق (۱۰-۰ cm) برداشت شدند و پیرامون هر نمونه اصلی، یکسری نمونه کمکی در سه جهت متفاوت با زاویه ۱۲۰ درجه و فاصله ۵۰ متری از نقطه مرکزی گرفته شد و در نهایت یک نمونه مرکب بدست آمد تا خطای ناشی از تغییرات موضعی را به حداقل برساند (پاک‌پور، ۱۳۷۸).

نمونه‌های خاک در آزمایشگاه خاک‌شناسی مورد تجزیه فیزیکی و شیمیایی قرار گرفت و پارامترهای مختلف نظیر SAR، PH، درصد گچ و آهک و بافت خاک آنها اندازه‌گیری شد. همچنین در نقشه مطالعات قبلی خاک‌شناسی منطقه نیز این پارامترها اندازه‌گیری شده بود که مورد استفاده قرار گرفت. به منظور انجام تصحیحات هندسی، مختصات مکانهای شاخص و قابل تشخیص از قبیل تقاطع جاده‌ها، مرکز روستاها و مناطق دارای خصوصیات بارز تعیین شد که از آنها در تعیین صحت تطابق هندسی استفاده گردید (علیمحمدی، ۱۳۸۰).

هندسی و کاهش اثر پیکسل‌های استثنایی دو تصویر به علت ماهیت خاک است. در مرحله بعد، DN نقاط نمونه‌برداری از خاک در تمامی باندها مشخص گردید و شدت انعکاس پیکسلها در این نقاط اندازه‌گیری شد (جدول شماره ۲)؛ سپس برای اطلاعات نمونه‌های خاک یک پایگاه داده در محیط GIS تشکیل گردید و شاخصهای NDVI، PCA₁₂₃، PCA₅₇ محاسبه شد. به این ترتیب، با توجه به اینکه تعداد باندها و شاخصها به ترتیب برابر با ۸ و ۵ می‌باشد، جمعاً ۱۳ دادهٔ روشنایی برای تصویر جدید و ۱۲ داده روشنایی برای تصویر قدیم به دست می‌آید و در نهایت بین مقادیر داده‌های روشنایی تصاویر با مقادیر SAR نمونه‌های خاک رگسیون برقرار گردید.

برای محاسبه شاخص حد مطلوب از انحراف معیار و میانگین باندها استفاده گردید، تا ۳ باند مناسب که حاوی بیشترین اطلاعات در خصوص پدیده مورد نظر هستند مشخص شود (جدولهای شماره ۳ و ۴، شکل شماره ۲). در ادامه، طبقه‌بندی نظارت نشده بر روی مناسب‌ترین باندها انجام شد.

به منظور انجام طبقه‌بندی نظارت شده در تصویر جدید از ۶۵ درصد نقاطی تعلیمی که دارای نتایج تجزیه خاک هستند، استفاده شد. همچنین در تصویر قدیم نیز از ۶۵ درصد نقاطی که دارای اطلاعات پروفیلی هستند به عنوان نمونه تعلیمی کمک گرفته شد و به کمک روشهای تجزیه طیفی طبقه‌بندی تصاویر صورت گرفت (علیمحمدی، ۱۳۸۰)؛ سپس در محیط نرم‌افزاری Arcview مقادیر عددی کلاسهای قلیائیت وارد و در محیط پردازش تصویر تحلیل تفکیک‌پذیری کلاسها به کمک پارامترهای تفکیک‌پذیری میانگین از روش جفرماتوشیتا (jeffermatusita) با توجه به فرمولهای زیر صورت گرفت (Aber & Martin, 1995).

معادلات درجهٔ اول استفاده مطلوبی داشت، با این توضیح که تصویر خروجی حاصل از معادلات درجهٔ ۲ دارای دقت کافی نبود. با بررسی کردن نقاط مختلف تصویر با استفاده از معادلهٔ درجه ۱ و ۱۸ نقطه کنترلی زمینی از رابطه زیر، میزان خطای میانگین مربعات $RMS = 13/7 \text{ m}$ به دست آمد که از ۳۰ متر کمتر بوده و قابل قبول می‌باشد.

$$RMSE = [(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2]^{.5}$$

کنترل دقت هندسی تصویر تطابق یافته با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ استان همدان صورت گرفت و مرز اولیه منطقه مورد مطالعه از نقشه‌های فوق استخراج و به صورت قابل نمایش در نرم‌افزار ILWIS درآمد و پس از تبدیل از حالت وکتور به رستر، داخل حوضه دارای ارزش یک و بیرون آن دارای ارزش صفر گردید و با ضرب این تصویر در باندهای مختلف تصاویر ماهواره‌ای، محدودهٔ مطالعاتی در دو تصویر ماهواره‌ای مشخص شد (شکل شماره ۳).

د- استخراج اطلاعات مورد نیاز از داده‌های ماهواره‌ای:

طبقه‌بندی استفاده شده در این تحقیق از نوع نظارت شده بوده و شامل سه مرحله تعیین طبقه‌ها، تعیین نمونه‌های تعلیمی و در نهایت طبقه‌بندی تصویر است (درویش‌صفت، ۱۳۷۷). تعیین طبقات قلیائیت خاک با استفاده از محدوده‌های تفکیک شده بر اساس دستورالعملهای استاندارد مؤسسه خاک و آب مطابق جدول شماره ۱ صورت گرفت (منصوری، ۱۳۷۱).

برای برقراری ارتباط بین روشنایی پیکسلها در باندهای مختلف با نمونه‌های خاک از یک فیلتر پایین‌گذر از نوع فیلتر میانگین در ابعاد 3×3 روی تصویر استفاده شد. این فیلتر به منظور حذف خطاهای ناشی از GPS، اعمال تصحیحات

$$J_{i,j} = 2(1 - e^{-\alpha}) \quad d^- = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N P_i P_j d_{ij}$$

از ۳۵ درصد نمونه‌های خاک باقیمانده به عنوان «نمونه آزمایشی» استفاده گردید و تطابق نمونه‌های خاک با کلاسهای مختلف تصویر طبقه‌بندی شده، گویای دقت طبقه‌بندی است. برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی محدوده‌های قلیائیت در تصویر ماهواره‌ای از شاخص کاپا (χ) استفاده شد (علیمحمدی، ۱۳۸۰). همچنین در تصویر قدیم محاسبه شاخص یادشده از روی داده‌های نمونه‌برداری شده قبلی و نقشه‌های موجود با تفکیک ۶۵ درصد نمونه‌ها به عنوان نمونه تعلیمی و ۳۵ درصد نمونه‌ها به عنوان نمونه آزمایشی صورت گرفت (جدول شماره ۵).

به منظور مقایسه تصویر طبقه‌بندی شده با واقعیت زمینی معمولاً از روش نمونه‌گیری مجدد استفاده می‌شود، اما در بحث خصوصیات خاک به دلیل تفاوت خصوصیات شیمیایی در زمانهای مختلف سال، باید در هنگام انجام عملیات صحرایی همه نمونه‌ها را در یک زمان برداشت نمود، و برای طبقه‌بندی تصویر از ۶۵ درصد نمونه‌های خاک به عنوان «نمونه تعلیمی» به تفکیک کلاسهای مختلف قلیائیت استفاده کرد؛ پس از طبقه‌بندی تصویر برای کنترل دقت تصویر طبقه‌بندی شده با واقعیت زمینی نیاز به «نمونه‌گیری مجدد» است که برای تحقق این امر

$$\theta_1 = \cos^{-1} \frac{\sum_{i=1}^N r_i f_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^N r_i^2 \sum_{i=1}^N f_i^2}}, \quad \theta_2 = \frac{\sum_{i,j=1}^N i,j}{N^2} \quad \Rightarrow \quad \chi = \frac{\theta_1 - \theta_2}{1 - \theta_2}$$

از انجام تحلیلهای لازم، نقشه‌های مربوطه استخراج گردید (شکل شماره ۵).

در نهایت، پلی‌گونهای کلاسهای مختلف قلیائیت خاک در دو تصویر از محیط RS به GIS انتقال داده شد و پس

جدول ۱- تعیین طبقات قلیائیت خاک با توجه به پارامترهای نسبت جذب سدیمی (SAR) و اسیدیته (pH) خاک

(منصوری، ۱۳۷۱)

ردیف	میزان محدودیت	علامت اختصاری	میزان اسیدیته	میزان جذب سدیمی
۱	قلیائیت جزئی	A0	pH < ۸/۵	۸ < SAR < ۱۳
۲	قلیائیت کم	A1	pH > ۸/۵	۸ < SAR < ۱۳
۳	قلیائیت متوسط	A2	۸/۵ < pH < ۹/۰	۱۳ < SAR < ۳۰
۴	قلیائیت زیاد	A3	۹/۰ < pH < ۹/۵	۳۰ < SAR < ۷۰
۵	قلیائیت خیلی زیاد	A4	pH > ۹/۵	۷۰ < SAR

^{۱/۲}(میلی مول بر لیتر)

جدول ۲ - شدت روشنایی پیکسل‌های استخراج شده باندها و شاخصها در نقاط نمونه‌گیری

شماره نهایی ID	شماره نمونه F.N	نسبت جذب سدیمی خاک SAR (mmol/lit) ^{1/2}	کلاس	ویژگیهای تصویر (مشمول بر شدت روشنایی باندها و شاخصها)												
				B _۱	B _۲	B _۳	B _۴	B _۵	B _۶	B _۷	B _۸	Pta _{۱۲۳}	Pta _{۵۷}	BRI	GRE	NDVI
۳۶	۱۱۲R	۲۸/۵	A ₂	۲۲۳	۲۴۳	۲۵۹	۱۵۴	۲۵۵	۱۵۵	۱۹۳	۲۵۰	۳۲۷	-۲۹۲	۵۲۷	-۷۴	-۰/۲۴۶
۳۸	۱۱۶R	۲/۹	A ₀	۱۵۲	۱۵۹	۲۰۸	۱۱۹	۱۹۴	۱۶۸	۲۱۶	۱۶۳	۲۴۲	-۱۸۹	۴۰۴	-۵۵	-۰/۲۷۲
۴۲	۱۱۹R	۲۶/۵	A ₂	۲۲۲	۲۴۰	۲۵۵	۱۱۵	۲۵۱	۱۵۶	۱۹۵	۲۳۴	۳۵۶	-۲۷۸	۵۱۷	-۷۳	-۰/۲۵۹
۴۴	۱۲۱R	۲۵/۸	A ₂	۲۰۱	۲۲۰	۲۵۵	۱۴۰	۲۳۷	۱۵۹	۲۰۲	۲۱۶	۳۱۳	-۲۳۶	۴۷۳	-۷۶	-۰/۳۱۲
۳۵	۱۲۸R	۱/۱۰	A ₀	۱۳۲	۱۳۸	۱۸۳	۱۰۶	۱۶۹	۱۷۵	۲۲۹	۱۳۴	۲۰۱	-۱۵۱	۳۶۱	-۵۰	-۰/۲۶۶
۳۷	۱۳۴R	۶/۷۰	A ₀	۱۸۲	۱۹۴	۲۴۱	۱۲۸	۲۱۴	۱۶۳	۲۰۷	۱۹۷	۲۹۷	-۲۲۳	۴۵۶	-۷۲	-۰/۳۰۶
۳۹	۱۳۸R	۵۷/۹	A ₃	۱۸۰	۱۹۵	۲۴۶	۱۲۹	۲۱۴	۱۶۴	۲۱۰	۱۹۵	۳۰۱	-۲۵۵	۴۵۹	-۷۳	-۰/۳۱۲
۴۰	۱۴۰R	۱۸/۸	A ₂	۱۵۲	۱۶۲	۲۰۱	۱۱۰	۱۸۰	۱۷۱	۲۲۱	۱۵۸	۲۳۵	-۱۷۵	۳۹۱	-۶۱	-۰/۲۹۲
۴۱	۱۴۲R	۹/۵۰	A ₁	۲۲۱	۲۳۸	۲۵۵	۱۴۸	۲۵۱	۱۵۸	۱۹۹	۲۳۲	۳۵۴	-۲۷۷	۵۱۶	-۷۵	-۰/۲۶۵
۴۷	۱۴۸R	۰/۵۰	A ₀	۱۵۰	۱۷۱	۲۵۶	۱۲۳	۲۱۵	۱۶۹	۲۱۹	۱۹۰	۲۳۵	-۱۷۵	۳۹۱	-۶۱	-۰/۲۹۲
۵۳	۱۵۲R	۰/۰۰	A ₀	۱۵۲	۱۷۱	۲۳۳	۱۲۴	۲۱۲	۱۶۸	۲۱۷	۱۸۵	۲۵۹	-۲۱۷	۵۱۶	-۵۸	-۰/۲۸۵
۵۲	۱۵۳R	۰/۰۰	A ₀	۱۴۹	۱۶۷	۲۲۱	۱۱۷	۱۹۷	۱۷۳	۲۲۶	۱۷۰	۲۵۲	-۱۹۶	۳۹۱	-۶۳	-۰/۳۰۷
۴۹	۱۵۷R	۵/۰۰	A ₀	۱۴۹	۱۶۸	۲۲۰	۱۲۱	۲۱۲	۱۷۰	۲۲۰	۱۸۵	۲۵۳	-۲۱۷	۴۲۷	-۵۸	-۰/۲۹۰
۴۶	۱۶۵R	۰/۲۰	A ₀	۱۴۳	۱۷۵	۲۳۳	۱۲۶	۲۱۶	۱۷۲	۲۲۴	۱۹۱	۲۶۸	-۲۴۴	۴۲۲	-۶۱	-۰/۲۹۸
۴۸	۱۶۷R	۳۲/۶	A ₃	۱۵۷	۱۷۲	۲۲۱	۱۱۷	۲۰۹	۱۷۲	۲۲۴	۱۸۸	۲۵۸	-۲۱۷	۴۳۸	-۶۵	-۰/۳۰۷
۵۰	۱۶۹R	۱/۰۰	A ₀	۱۳۶	۱۴۴	۱۸۳	۱۰۳	۱۶۸	۱۷۲	۲۲۵	۱۴۴	۲۰۵	-۱۵۷	۴۳۴	-۵۴	-۰/۲۷۹
۴۵	۱۷۴R	۳۲/۴	A ₃	۱۸۳	۲۰۴	۲۵۴	۱۳۷	۲۳۶	۱۶۱	۲۰۳	۲۱۵	۳۱۴	-۲۵۵	۳۶۱	-۷۰	-۰/۲۹۹
۱۵	۱۷۵R	۳/۲۰	A ₀	۱۴۸	۱۵۹	۱۹۵	۱۰۱	۱۶۱	۱۷۶	۲۳۱	۱۴۱	۳۷۴	-۶۷	۴۸۰	-۶۷	-۰/۳۱۷
۱۶	۱۷۷R	۰/۶۰	A ₀	۱۴۹	۱۵۸	۱۹۴	۱۰۰	۱۶۳	۱۷۷	۲۳۰	۱۴۲	۱۹۹	-۱۵۴	۳۷۴	-۵۷	-۰/۲۹۰
۱۷	۱۷۸R	۲۶/۶	A ₂	۱۴۸	۱۶۰	۲۰۲	۱۰۳	۱۷۰	۱۷۵	۲۳۲	۱۵۴	۲۳۱	-۱۶۵	۳۵۵	-۶۸	-۰/۳۶۴
۱۸	۱۸۰R	۹/۹۰	A ₁	۱۵۴	۱۶۷	۲۰۸	۱۰۵	۱۷۴	۱۷۵	۲۳۰	۱۵۶	۳۹۳	-۷۱	۳۸۳	-۷۱	-۰/۳۲۹
۱۹	۱۸۲R	۳۳/۰	A ₃	۱۵۶	۱۶۷	۲۱۱	۱۰۶	۱۷۸	۱۷۸	۲۲۹	۱۶۰	۲۴۵	-۱۷۵	۳۹۳	-۷۱	-۰/۳۳۱
۲۰	۱۸۵R	۱/۰۰	A ₀	۱۲۳	۱۲۶	۱۵۳	۹۳	۱۵۱	۱۷۳	۲۳۵	۱۲۴	۲۴۱	-۱۶۹	۴۱	-۷۱	-۰/۳۳۰
۲۲	۱۸۸R	۴/۷۰	A ₀	۱۵۷	۱۷۱	۲۱۷	۱۱۲	۱۸۸	۱۶۷	۲۲۵	۱۶۹	۲۵۳	-۱۸۸	۳۸۵	-۶۹	-۰/۳۱۰
۲۳	۱۹۱R	۰/۳۰	A ₀	۱۴۷	۱۵۶	۱۹۸	۱۰۸	۱۸۱	۱۵۵	۲۲۶	۱۵۸	۲۲۷	-۱۷۶	۴۳۱	-۶۱	-۰/۲۹۸
۳۱	۱۹۹R	۱۰/۰	A ₁	۱۵۶	۱۷۲	۲۲۸	۱۲۱	۲۱۵	۱۶۹	۲۱۶	۱۹۵	۲۶۳	-۲۲۶	۵۱۱	-۶۳	-۰/۳۰۶
۳۰	۲۰۰R	۰/۸۰	A ₀	۲۱۰	۲۳۳	۲۲۵	۱۵۰	۲۵۱	۱۶۷	۱۹۳	۲۳۷	۳۳۷	-۲۸۰	۳۳۲	-۶۹	-۰/۲۵۹
۲۸	۲۰۴R	۰/۹۰	A ₀	۲۱۸	۱۱۲	۱۶۹	۱۰۰	۱۴۰	۱۵۹	۲۱۸	۱۱۲	۱۸۷	-۱۱۵	۴۲۳	-۴۸	-۰/۲۴۵
۲۹	۲۰۶R	۳۹/۵	A ₃	۱۶۷	۱۸۸	۲۴۲	۱۲۸	۲۱۷	۱۷۲	۲۱۵	۱۹۷	۲۷۱	-۱۸۸	۵۰۰	-۷۳	-۰/۳۲۵
۲۵	۲۰۹R	۲/۱۰	A ₀	۱۹۴	۲۲۲	۱۹۵	۱۴۶	۲۵۰	۱۷۰	۲۰۱	۲۳۹	۲۳۳	-۲۸۰	۴۰۸	-۶۷	-۰/۲۷۱
۴۳	۱۲۲R	۰/۸۰	A ₀	۱۵۶	۱۶۹	۲۱۶	۱۱۳	۱۸۷	۱۷۹	۲۲۳	۱۷۲	۲۵۱	-۱۸۶	۴۳۲	-۶۷	-۰/۳۱۳
۵۱	۱۵۶R	۱/۲۰	A ₀	۱۵۲	۱۷۲	۲۲۸	۱۲۳	۲۱۷	۱۶۹	۲۱۹	۱۹۲	۲۶۲	-۲۵۵	۴۰۸	-۶۱	-۰/۲۹۱
۲۴	۰۳۹R	۸/۱۰	A ₁	۱۳۵	۱۳۱	۱۵۳	۷۹	۱۳۰	۱۶۵	۲۳۶	۱۱۴	۱۷۰	-۱۰۹	۴۳۲	-۶۳	-۰/۳۱۸

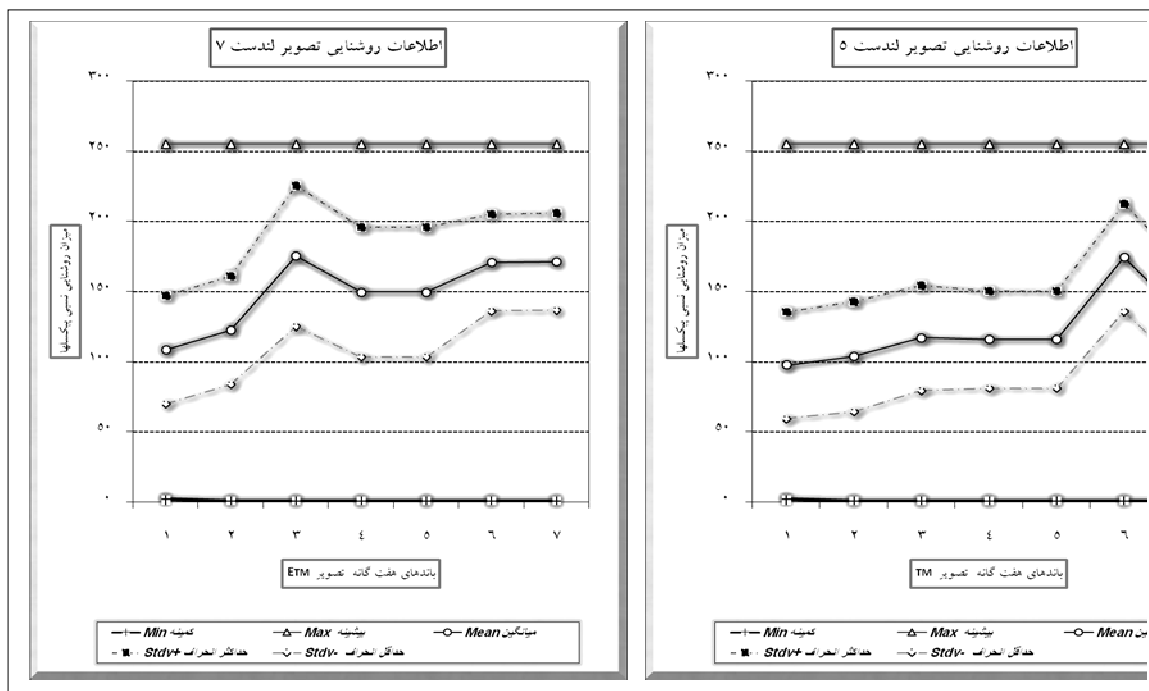
۲۱	۰۴۲R	۸/۱۰	A1	۱۷۷	۱۸۵	۲۳۰	۱۱۷	۲۰۱	۱۷۱	۲۱۸	۱۸۳	۲۷۹	-۲۰۷	۴۳۵	-۶۷	-۰/۳۲۵
۳۳	۰۲۱R	۱/۴	A0	۱۶۵	۱۸۲	۲۳۵	۱۲۶	۲۲۳	۱۷۶	۲۱۱	۱۹۹	۲۷۹	-۲۳۴	۴۴۷	-۵۶	-۰/۳۰۱
۱۳	۰۵۳R	۴۴/۴	A3	۱۵۹	۱۷۱	۲۱۴	۱۱۲	۱۸۶	۱۶۹	۲۲۲	۱۶۶	۲۵۲	-۱۸۵	۴۰۷	-۶۸	-۰/۳۱۲
۱۲	۰۷۳R	۰/۲۰	A0	۱۳۶	۱۳۵	۱۶۲	۹۴	۱۵۰	۱۶۵	۲۳۱	۱۲۷	۱۸۲	-۱۲۵	۳۳۴	-۳۸	-۰/۱۹۶
۱۱	۱۰۳R	۵۷/۸	A3	۱۵۴	۱۶۰	۱۹۶	۱۱۰	۱۸۴	۱۷۱	۲۱۹	۱۶۲	۲۳۲	-۱۸۱	۳۹۰	-۵۹	-۰/۲۸۱
۳۴	۰۱۷R	۶/۸۰	A0	۱۴۹	۱۵۹	۲۰۸	۱۱۳	۱۹۸	۱۷۶	۲۱۹	۱۷۲	۲۳۸	-۱۹۸	۴۰۲	-۵۹	-۰/۲۹۵
۳۲	۰۵۲R	۱/۰۰	A0	۱۹۲	۲۱۵	۲۵۳	۱۴۴	۲۴۵	۱۶۹	۲۰۰	۲۳۱	۳۲۶	-۲۷۲	۴۹۳	-۶۷	-۰/۲۷۴
۲۷	۱۴۶R	۰/۹۰	A0	۱۵۵	۱۷۷	۲۳۳	۱۲۱	۲۰۴	۱۶۹	۲۱۷	۱۸۴	۲۹۴	-۲۳۴	۴۶۱	-۷۱	-۰/۳۱۵
۲۶	۰۳۵R	۴/۱۰	A0	۱۶۳	۱۷۴	۲۱۶	۱۱۵	۱۷۵	۱۵۹	۲۱۳	۱۵۳	۲۵۸	-۱۶۸	۴۰۵	-۶۷	-۰/۳۰۵
۱۴	۰۶۵R	۱۱/۴	A1	۱۵۵	۱۶۴	۲۰۱	۱۰۹	۱۷۶	۱۶۸	۲۲۳	۱۵۴	۲۳۸	-۱۷۰	۳۹۱	-۶۴	-۰/۲۹۶
۱۰	۰۱TA	۱۵/۲	A2	۱۶۶	۱۷۸	۲۲۰	۱۱۳	۱۸۱	۱۶۶	۲۲۰	۱۶۵	۲۶۳	-۱۸۰	۴۱۳	-۷۲	-۰/۳۲۱
۰۹	۰۷TA	۹/۷۰	A1	۱۴۸	۱۵۵	۱۸۸	۱۰۳	۱۷۰	۱۷۲	۲۲۵	۱۵۱	۲۱۹	-۱۶۳	۳۷۳	-۶۱	-۰/۲۹۲
۰۸	۱۱TA	۳۲/۷	A3	۱۵۹	۱۷۲	۲۱۳	۱۱۰	۱۸۱	۱۷۰	۲۲۱	۱۶۸	۲۵۱	-۱۸۲	۴۰۳	-۶۹	-۰/۳۱۸
۰۷	۱۵TA	۲/۸۰	A0	۱۰۷	۱۰۷	۱۲۷	۸۲	۱۱۲	۱۶۵	۲۱۲	۹۱	۱۳۰	-۸۰	۲۷۱	-۳۸	-۰/۲۱۵
۰۶	۱۹TA	۶/۷۰	A0	۱۲۴	۱۲۶	۱۵۲	۷۳	۹۷	۱۷۴	۲۲۷	۸۰	۱۶۰	-۶۱	۲۸۸	-۶۵	-۰/۳۵۱
۰۲	۲۲TA	۰/۸۰	A0	۱۳۰	۱۲۸	۱۵۲	۹۲	۱۶۲	۱۸۴	۲۴۵	۱۳۲	۱۷۱	-۱۴۵	۳۳۲	-۴۸	-۰/۲۴۵
۰۵	۲۹TA	۱۷/۴	A2	۱۳۵	۱۴۰	۱۷۲	۹۰	۱۴۰	۱۷۳	۲۲۶	۱۲۲	۱۹۱	-۱۲۱	۳۳۵	-۶۱	-۰/۳۱۲

جدول ۳- مقادیر کمینه، بیشینه، میانگین و انحراف معیار نقاط روشنایی در تصویر جدید

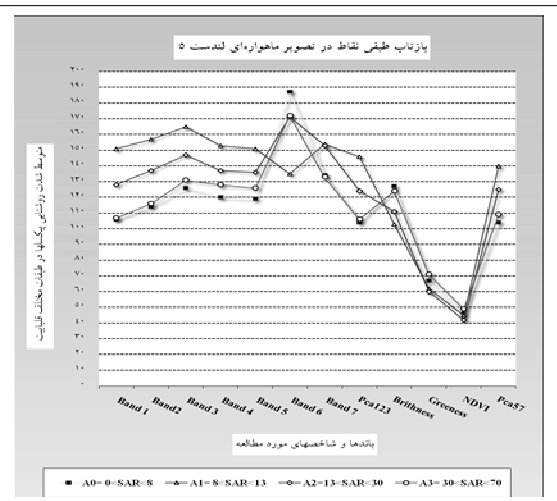
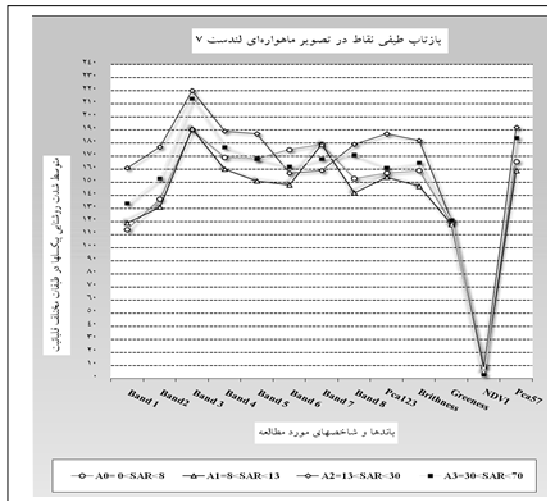
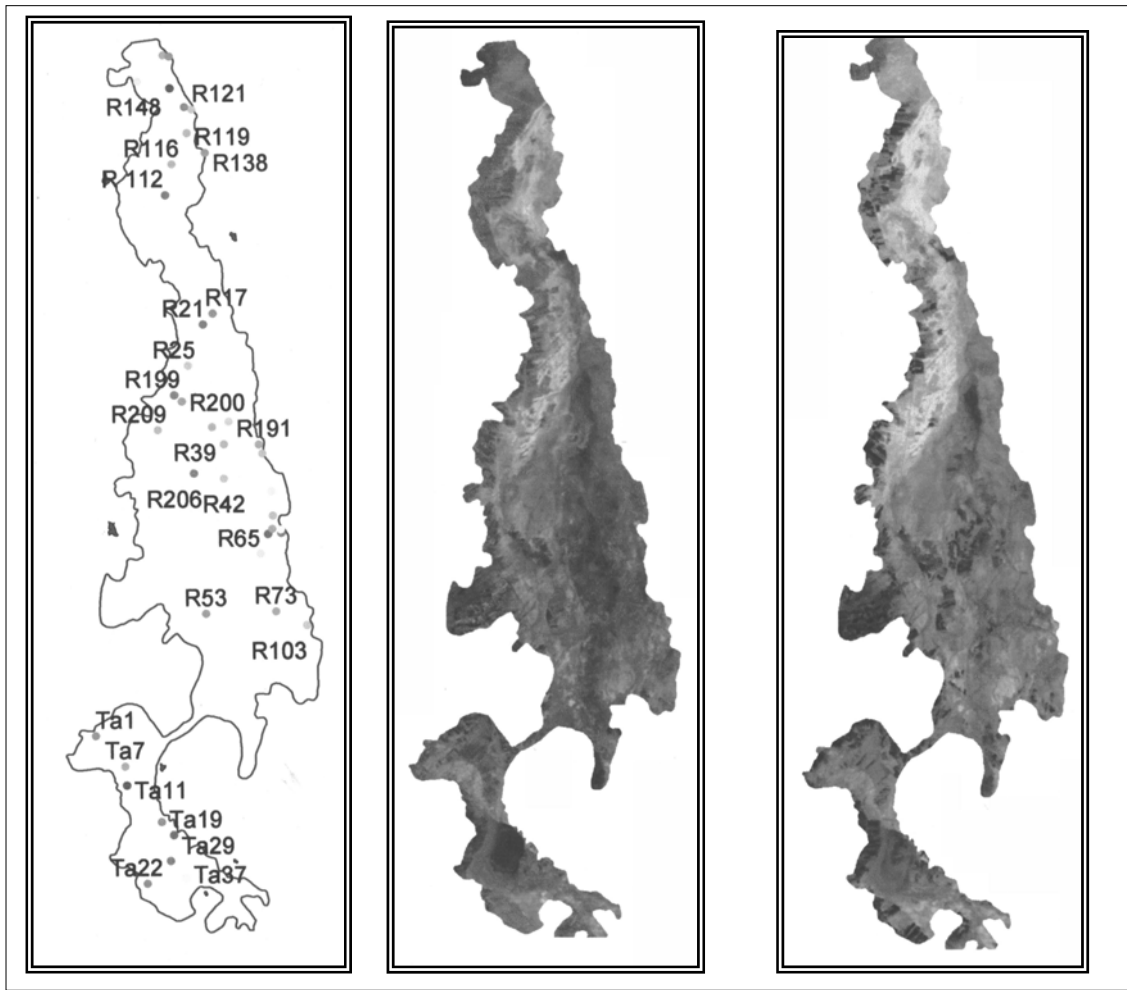
Band-ETM	Min (کمینه)	Max (بیشینه)	Mean (متوسط)	Stdev (انحراف معیار)
۱	۲/۱۱۸۹۴۳	۲۵۵/۰۰۰۰۰۰	۱۰۸/۴۹۷۰۲۲	۳۸/۵۷۱۲۳۰
۲	۱/۰۰۰۰۰۰	۲۵۵/۰۰۰۰۰۰	۱۲۲/۶۰۶۰۴۵	۳۸/۵۷۱۲۳۰
۳	۱/۰۰۰۰۰۰	۲۵۵/۰۰۰۰۰۰	۱۷۵/۳۱۹۶۱۳	۵۰/۲۵۶۰۵۹
۴	۱/۰۰۰۰۰۰	۲۵۵/۰۰۰۰۰۰	۱۴۹/۶۳۳۶۲۹	۴۶/۲۴۵۴۹۰
۵	۱/۰۰۰۰۰۰	۲۵۵/۰۰۰۰۰۰	۱۴۹/۶۳۳۶۲۹	۴۶/۲۴۵۴۹۰
۶	۱/۰۰۰۰۰۰	۲۵۵/۰۰۰۰۰۰	۱۷۰/۶۱۳۳۷۴	۳۴/۵۶۱۶۹۰
۷	۱/۰۰۰۰۰۰	۲۵۵/۰۰۰۰۰۰	۱۷۱/۳۶۶۹۲۵	۳۴/۶۴۳۵۷۲
۸	۱/۰۰۰۰۰۰	۲۵۵/۰۰۰۰۰۰	۱۳۳/۴۳۷۸۴۰	۴۵/۶۹۵۵۵۵

جدول ۴- مقادیر کمینه، بیشینه، میانگین و انحراف معیار نقاط روشنایی در تصویر قدیم

Band-TM	Min (کمینه)	Max (بیشینه)	Mean (متوسط)	انحراف معیار (Stdev)
۱	۲/۱۱۸۹۴۳	۲۵۵/۰۰۰۰۰۰	۹۷/۶۴۲۲۷۶	۳۷/۹۷۲۰۸۴
۲	۱/۰۰۰۰۰۰	۲۵۵/۰۰۰۰۰۰	۱۰۳/۷۲۴۵۹۰	۳۹/۰۹۳۸۰۵
۳	۱/۰۰۰۰۰۰	۲۵۵/۰۰۰۰۰۰	۱۱۷/۰۲۵۶۶۴	۳۷/۲۹۹۸۶۳
۴	۱/۰۰۰۰۰۰	۲۵۵/۰۰۰۰۰۰	۱۱۵/۸۷۷۵۳۴	۳۴/۴۷۱۰۶۷
۵	۱/۰۰۰۰۰۰	۲۵۵/۰۰۰۰۰۰	۱۱۵/۸۷۷۵۳۴	۳۴/۴۷۱۰۶۷
۶	۱/۰۰۰۰۰۰	۲۵۵/۰۰۰۰۰۰	۱۷۴/۲۶۶۴۴۴	۳۸/۲۲۷۵۷۳
۷	۱/۰۰۰۰۰۰	۲۵۵/۰۰۰۰۰۰	۱۲۷/۰۶۶۶۵۸	۳۶/۶۷۵۱۵۷



شکل ۲- نمودار مقایسه کمینه، بیشینه، میانگین و انحراف معیار روشنایی نقاط در تصاویر قدیم و جدید



نتایج

بالاترین دقت در تفکیک قلیائیت خاک، با تقسیم بندی محدوده‌های قلیائی به چهار کلاس مختلف بدست آمد. با توجه به شکل شماره ۵، تغییراتی در مساحت دسته‌های مختلف قلیائیت خاک در تصاویر جدید و قدیم وجود دارد (جدول شماره ۵). چنان که ملاحظه می‌شود مساحت کلیه طبقات در تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۰ نسبت به سال ۱۹۸۹ تغییراتی داشته‌اند که بیشتر تغییرات مربوط به کاسته شدن مساحت اراضی فاقد قلیائیت است که از ۱۱۳۲۴ به ۸۷۰۷ هکتار تقلیل یافته است. با کاهش مقدار ۲۳/۱ درصدی سطح اراضی فاقد قلیائیت، مسلماً

افزایش در سایر کلاسها در اراضی منطقه به چشم می‌خورد. به طوری که در کلاس بعدی با محدودیت کم قلیائیت، سطح اراضی از ۸۹۷۳ هکتار به ۱۱۰۴۷ هکتار رسیده و حدود ۲۳/۱ درصد افزایش سطح به وجود آمده است. در کلاس قلیائیت متوسط نیز مساحت از ۳۹۰۰ به ۴۴۳۵ هکتار رسیده است که نسبت به مقدار اولیه ۱۳/۷ درصد بر وسعت اراضی این کلاس افزوده شده است و در کلاس قلیائیت شدید تغییر آن چنانی ملاحظه نمی‌شود، به طوری که مساحت این کلاس ۲۷۲۲ به ۲۷۳۰ هکتار رسیده که تغییرات آن قابل توجه نیست.

جدول ۵- تغییرات قلیائیت خاک با استفاده از پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای

طبقات قلیائیت	کلاس محدودیت	مساحت - ۱۹۸۹		مساحت - ۲۰۰۰		تفاضل	درصد تغییرات	درصد تغییرات نسبت به قبل
		هکتار	درصد	هکتار	درصد			
A0	جزیی	۱۱۳۲۴	۴۲/۱	۸۷۰۷	۳۲/۳	-۲۶۱۲	-۲۳/۱	-۹/۸
A1	کم	۸۹۷۳	۳۳/۳	۱۱۰۴۷	۴۱/۰	۲۰۷۴	۲۳/۱	۷/۷
A2	متوسط	۳۹۰۰	۱۴/۵	۴۴۳۵	۱۶/۵	۵۳۵	۱۳/۷	۲/۰
A3	شدید	۲۷۲۲	۱۰/۱	۲۷۳۰	۱۰/۲	+۸	۰/۱	۰/۱
مجموع		۲۶۹۱۹	۱۰۰	۲۶۹۱۹	۱۰۰	۰	-	۰

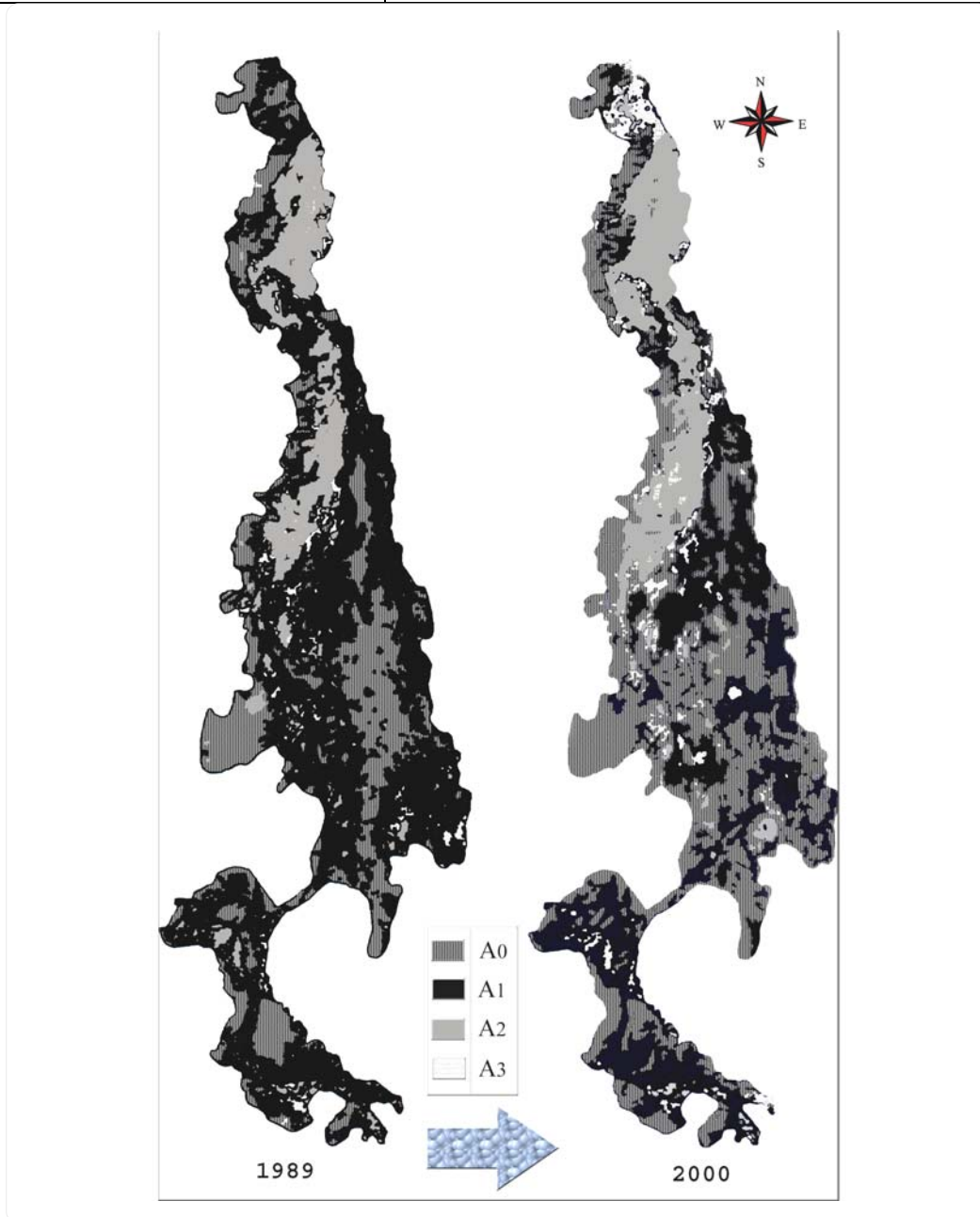
برای محاسبه شاخص کاپا در تصویر جدید، از ۱۸ نمونه خاک استفاده شد که نتایج تجزیه آزمایشگاهی آنها برای کلاسهای مختلف صورت گرفت و دقت طبقه‌بندی به تفکیک کلاسها به ترتیب ۶۹، ۷۷، ۸۵ و ۸۱ درصد و در کل برابر ۷۸ درصد است.

برای طبقه‌بندی تصویر قدیم از نتایج پروفیل‌های خاک منطقه و نقشه‌های مطالعات گذشته منطقه استفاده شد

گزارش مطالعات خاک‌شناسی و طبقه‌بندی دشت شرا، (۱۳۶۷) و دقت طبقه‌بندی به تفکیک کلاسها برای این تصویر به ترتیب ۶۸، ۷۱، ۸۰ و ۷۳ درصد و در کل برابر ۷۳ درصد است. به این ترتیب، میزان تطابق درجه‌های قلیائیت با واقعیت زمینی برای هر دو تصویر از دقت مطلوبی برخوردار می‌باشد (جدول شماره ۶).

جدول ۶- بررسی دقت طبقه‌بندی پلی‌گونی‌های مختلف قلیانیت خاک

تصویر ماهواره‌ای جدید لندست ۷ Landsat: ETM-2000					تصویر ماهواره‌ای قدیم لندست ۵ Landsat: TM-1989					تصاویر مورد مقایسه
Tot	A3	A2	A1	A0	Tot	A3	A2	A1	A0	درجه‌های قلیانیت خاک
دقت کلی	شدید	متوسط	کم	جزیی	دقت کلی	شدید	متوسط	کم	جزیی	
۷۸	۸۱	۸۵	۷۷	۶۹	۷۳	۷۳	۸۰	۷۱	۶۸	دقت طبقات در هر کلاس (درصد)



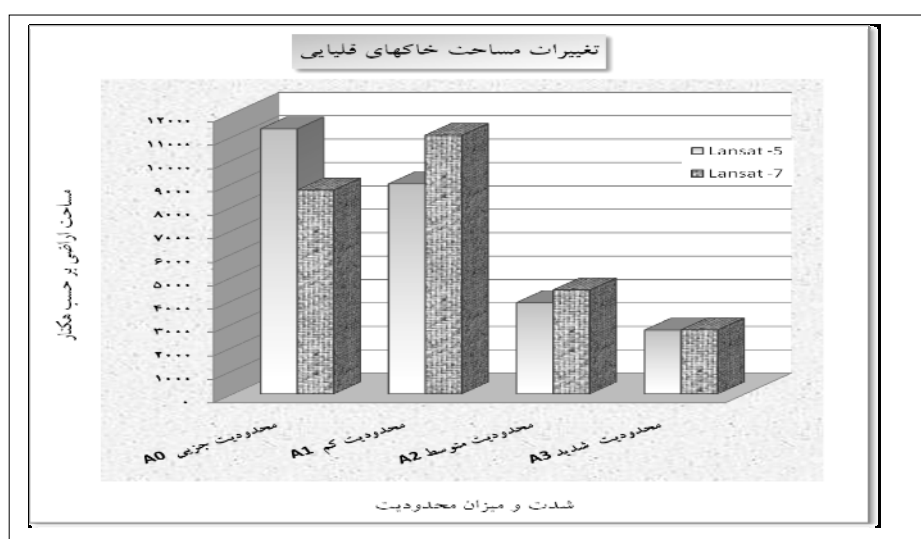
بحث

با بررسی نتایج حاصل از این تحقیق در ارتباط با خطر سدیمی شدن خاک می‌توان چنین گفت که بیشتر تغییرات به وجود آمده، مربوط به کاسته شدن مساحت اراضی فاقد قلیائیت است که حدود ۹/۸ درصد تقلیل یافته است. کاهش سطح این اراضی، به طور مسلم با افزایش سطح

کلاسه‌های دیگر همراه است، به طوری که مساحت اراضی با قلیائیت کم ۷/۷ درصد افزایش یافته است؛ اراضی با قلیائیت متوسط نیز نسبت به قبل ۲/۰ درصد توسعه نشان می‌دهد و بالاخره اراضی با قلیائیت شدید تغییر چندانی نداشته‌اند و تغییرات آن قابل توجه نیست (جدولهای شماره ۶ و ۷، شکل شماره ۶).

جدول ۷- مقایسه تغییرات سطوح قلیائیت خاک در یک دوره ۱۱ ساله، بین سالهای 1989-2000

مشخصات تصویر		کلاس قلیائیت (A0)		کلاس قلیائیت (A1)		کلاس قلیائیت (A2)		کلاس قلیائیت (A3)	
		محدودیت جزئی		محدودیت کم		محدودیت متوسط		محدودیت شدید	
		درصد	وسعت (Ha)	درصد	وسعت (Ha)	درصد	وسعت (Ha)	درصد	وسعت (Ha)
Landsat (TM) -1989		۴۲/۰	۱۱۳۲۴	۳۳/۴	۸۹۷۳	۱۴/۵	۳۹۰۰	۲۷۲۲	۱۰/۱
Landsat (ETM) -2000		۳۲/۳	۸۷۰۷	۴۱/۰	۱۱۰۴۷	۱۶/۵	۴۴۳۵	۲۷۳۰	۱۰/۲



مقایسه پیکسل به پیکسل تصاویر قدیم و جدید منطقه، گویای انواع مختلفی از تداخل دسته‌های قلیائیت خاک، چه در جهت کاهش و همچنین افزایش قلیائیت بوده است، به این معنی که از کل مساحت تصویر در سال

۱۹۸۹، تعدادی از پیکسلها از نظر قلیائیت در کلاس فاقد قلیائیت بوده‌اند که در تصویر سال ۲۰۰۰ برخی از این پیکسلها به قلیائیت کم و برخی به قلیائیت متوسط تبدیل شده‌اند و برعکس؛ توجیه این امر تنها به کمک بررسی

خاکهای منطقه دارای نفوذپذیری کم نسبت به آب و هوا هستند؛ به همین دلیل، بعد از بارش باران، سیلاب در سطح اراضی جاری می‌شود و مدت زیادی سطح خاک از آب پوشیده است و زهکشی عمقی خاک نیز به سهولت ممکن نیست. به دلیل تأثیر اختصاصی برخی از یونها، متلاشی شدن ساختار خاک و افزایش فشار اسمزی محلول خاک، ظرفیت استقرار گیاه در این خاکها و حداکثر توان تولید مواد گیاهی به طور قابل توجهی کاهش دارد که پیامد آن اختلال در رویش گیاهان و محدودیت نوع گونه‌های گیاهی است که به وضوح در سطح منطقه مشاهده می‌شود.

افزایش یون کربنات و بی‌کربنات در خاکهای منطقه موجب تسریع در روند قلیائیت شده و در چنین شرایطی نمکهایی که قابلیت انحلال کمتری دارند، مانند کربناتهای کلسیم و منیزیم ترکیب شده و موجب افزایش درصد جذب سدیمی می‌شوند. افزایش جذب سدیم به خصوص در تابستان هنگامی که خاک رطوبت خود را از دست می‌دهد تسریع می‌شود، از این رو، در خلال دوره رویشی بیشترین اثرات سوء یون سدیم در اراضی منطقه بروز می‌نماید و به همراه کمی مواد آلی و فرم ورقه‌ای لایه‌های بالایی فرسایش یافته، کفه‌های فاقد پوشش و نقاط بایر در سطح اراضی منطقه به وجود آورده است؛ به این ترتیب، افزایش سطوح نمکی و اراضی فاقد پوشش گیاهی سطحی که عمدتاً در اثر رها کردن اراضی تحت کشت و افت قابلیت تولید گیاهی به وجود آمده، قابل توجه است.

از آنجا که نتایج این تحقیق بر اساس تفسیر رقومی اطلاعات ماهواره‌ای به دست آمده در ارتباط با بحث سنجش از دور و بر اساس نتایج تجزیه رگرسیونی بین باندها و شاخصهای تصویر (جدول شماره ۸)، بهترین و مناسبترین باند برای طبقه‌بندی تصاویر و بررسی پدیده

روابط کمی ممکن است که به اختصار توضیحاتی در این خصوص ارائه می‌شود.

افزایش کمی و کیفی قلیائیت در خاکهای منطقه از طریق بررسی پارامتر میزان جذب سدیمی خاک (SAR) صورت گرفته که در نهایت سبب افزایش درصد سدیم تبادل خاک (ESP) شده و به شدت بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک اثر می‌گذارد.

چنانکه می‌دانیم، نسبت جذب سدیمی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca + Mg)}{2}}}$$

کاهش و افزایش نسبت جذب سدیمی خاک تابع غلظتهای محلول کاتیونهای سدیم، کلسیم و منیزیم است. این بدان مفهوم است که در برخی نقاط تجمع بیشتر سدیم نسبت به کاتیونهای کلسیم و منیزیم به وجود آمده که پیامد این امر افزایش فاکتور نسبت جذب سدیمی خاک (SAR) است. حالت دیگر، کاهش غلظت یون سدیم نسبت به یونهای کلسیم و منیزیم است که منجر به کاهش فاکتور نسبت جذب سدیمی (SAR) در خاک می‌شود (افیونی، ۱۳۷۶). به هر حال، می‌توان چنین استنباط کرد که جمع جبری تغییرات صورت گرفته بین این دو دسته منجر به افزایش مساحت خاکهای قلیایی منطقه از نظر کمی و کیفی شده است.

از سوی دیگر، بافت خاک نیز بسیار بر خصوصیات خاکهای سدیمی اثرگذار است؛ خاکهایی که دارای بافت رسی سنگین می‌باشند بیش از خاکهای با بافت شنی سبک تحت تأثیر قرار می‌گیرند. خاکهای سنگین و بیشتر آنهایی که دارای کانی رسی مونتوریلونایت هستند در دوره‌های خشک و مرطوب متوالی، متورم و چروکیده شده و در نهایت از هم پاشیده می‌شوند (افیونی، ۱۳۷۶) از این رو،

است که می‌تواند در جداسازی خاکهای سدیمی با بافت سنگین بسیار مفید باشد. این پدیده به این شکل قابل توجیه است که سنگین بودن بافت خاک و پراکنده شدن ساختار آن سبب افزایش درصد ذرات ریز خاک در حد رس گردیده و این ذرات به دلیل دارا بودن سطح ویژه گسترده محتوای رطوبتی خاک را افزایش داده و سبب جذب هرچه بیشتر رطوبت توسط خاک می‌شوند. در نتیجه، افزایش دمای این خاکها نسبت به خاکهای مجاور به کندی صورت می‌گیرد.

قلیابیت خاک و غلظت یون سدیم، باندهای (ETM1,ETM2,ETM3) است که همبستگی مثبت و مناسبی در سطح احتمال ۹۹٪ با پارامتر نسبت جذب سدیمی خاک (SAR) دارد. بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن حتی در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری بین داده‌های تصویر و SAR خاک وجود ندارد. بررسی همبستگی بین SAR خاک و باند ترمال تصویر ماهواره‌ای جدید (ETM6) بیانگر همبستگی منفی مناسب بین این دو پارامتر

جدول ۸ - ماتریس همبستگی بین باندهای تصویر با پارامتر SAR خاک در نقاط نمونه برداری

مشخصات تصویر	B1 (باند یک)	B2 (باند دو)	B3 (باند سه)	B4 (باند چهار)	B5 (باند پنج)	B6 (باند شش)	B7 (باند هفت)	B8 (باند هشت)
SAR (نسبت جذب سدیمی خاک) (Mmol/Lit) ^{1/2}	**۰/۳۰۶	**۰/۳۳۷	**۰/۳۲۸	*۰/۲۱۹	*۰/۲۴۵	**۰/۲۹۸	**۰/۳۱۲	**۰/۳۰۲
B1 (باند یک)	۱/۰۰۰	**۰/۸۶۲	**۰/۷۴۸	**۰/۷۹۲	**۰/۷۷۹	**۰/۶۶۵	**۰/۶۹۷	**۰/۸۰۲
B2 (باند دو)	**۰/۸۶۲	۱/۰۰۰	**۰/۸۸۲	**۰/۹۰۱	**۰/۹۲۱	**۰/۶۸۷	**۰/۷۱۵	**۰/۹۵۰
B3 (باند سه)	**۰/۷۴۸	**۰/۸۸۲	۱/۰۰۰	**۰/۸۷۹	**۰/۹۰۵	**۰/۵۵۱	**۰/۵۸۰	**۰/۹۰۰
B4 (باند چهار)	**۰/۷۹۲	**۰/۹۰۱	**۰/۸۷۹	۱/۰۰۰	**۰/۹۵۹	**۰/۶۷۵	**۰/۷۰۱	**۰/۹۴۴
B5 (باند پنج)	**۰/۷۷۹	**۰/۹۲۱	**۰/۹۰۵	**۰/۹۵۹	۱/۰۰۰	**۰/۶۵۶	**۰/۶۸۱	**۰/۹۸۵
B6 (باند شش)	**۰/۶۶۵	**۰/۶۸۷	**۰/۵۵۱	**۰/۶۷۵	**۰/۶۵۶	۱/۰۰۰	**۰/۹۸۵	**۰/۶۹۵
B7 (باند هفت)	**۰/۶۹۷	**۰/۷۱۵	**۰/۵۸۰	**۰/۷۰۱	**۰/۶۸۱	**۰/۹۸۵	۱/۰۰۰	**۰/۷۲۱
B8 (باند هشت)	**۰/۸۰۲	**۰/۹۵۰	**۰/۹۰۰	**۰/۹۴۴	**۰/۹۸۵	**۰/۶۹۵	**۰/۷۲۱	۱/۰۰۰
PC123 (تجزیه مؤلفه‌های اصلی ۱-۲-۳)	**۰/۶۹۹	**۰/۷۹۲	**۰/۷۷۸	**۰/۷۲۱	**۰/۷۵۲	**۰/۴۸۳	**۰/۵۰۶	**۰/۷۵۲
BRITNESS (شاخص درخشندگی)	**۰/۷۶۷	**۰/۸۸۳	**۰/۸۳۴	**۰/۸۶۸	**۰/۸۹۷	**۰/۶۰۲	**۰/۶۳۰	**۰/۸۹۶
GREENESS (شاخص سبزی)	**۰/۵۷۷	**۰/۶۷۳	**۰/۶۳۸	**۰/۴۷۳	**۰/۵۰۸	*۰/۲۵۸	*۰/۲۸۲	**۰/۵۶۰
NDVI (شاخص پوشش گیاهی)	۱/۰۰۰	-۰/۰۲۷	-۰/۱۸۱	۰/۱۰۰	۰/۰۶۰	*۰/۲۵۸	*۰/۲۴۹	**۰/۰۲۸
PC57 (تجزیه مؤلفه‌های اصلی ۵-۷)	**۰/۷۳۷	**۰/۸۶۴	**۰/۸۲۳	**۰/۸۹۸	**۰/۹۴۱	**۰/۶۴۴	**۰/۶۷۱	**۰/۹۳۴

*. Correlation is significant at the 0. 05 level (1- tailed)

** . Correlation is significant at the 0. 01 level (2- tailed)

اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد

اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد

این امر اینست که افزایش غلظت یون سدیم شرایط رویش گیاهان را محدود و قابلیت باروری خاک را کاهش می‌دهد. به همین دلیل همبستگی منفی SAR با شاخص NDVI و GRN مشاهده می‌شود (جدول شماره ۹).

این بررسیها همچنین نشان‌دهنده وجود همبستگی منفی معنی‌داری در سطح ۹۹٪ بین پارامتر نسبت جذب سدیمی خاک (SAR) و شاخص سبزی (GREENESS) و همبستگی منفی معنی‌دار در سطح ۹۵٪ با تجزیه مؤلفه‌های اصلی PCA57 و شاخص گیاهی NDVI می‌باشد؛ دلیل

جدول ۹ - ماتریس همبستگی بین شاخصهای تصویر با پارامتر SAR خاک در نقاط نمونه برداری

مشخصات تصویر	BRITHNESS (شاخص درخشندگی)	GREENESS (شاخص سبزی)	NDVI (شاخص پوشش گیاهی)	PCA123 (تجزیه مؤلفه‌های اصلی ۱-) (۳-۲)	PCA57 (تجزیه مؤلفه‌های اصلی ۵-) (۷)
SAR (نسبت جذب سدیمی خاک)	۰/۲۰۴	** -۰/۴۱۹	* -۰/۲۱۸	* ۰/۲۶۲	* -۰/۲۶۱
B1 (باند یک)	** ۰/۷۶۷	** -۰/۵۷۷	۰/۱۰۰	** ۰/۶۹۹	** -۰/۷۳۷
B2 (باند دو)	** ۰/۸۳۳	** -۰/۶۳۸	-۰/۱۸۱	** ۰/۷۹۲	** -۰/۸۶۴
B3 (باند سه)	** ۰/۸۳۴	** -۰/۶۳۸	-۰/۱۸۱	** ۰/۷۷۸	** -۰/۸۲۳
B4 (باند چهار)	** ۰/۸۶۸	** -۰/۴۷۳	۰/۱۰۰	** ۰/۷۲۱	** -۰/۸۹۸
B5 (باند پنج)	** ۰/۸۹۷	** -۰/۵۰۸	۰/۰۶۰	** ۰/۷۵۲	** -۰/۹۴۱
B6 (باند شش)	** -۰/۶۰۲	* ۰/۲۵۸	* -۰/۲۵۸	** ۰/۸۲۰	** ۰/۶۴۴
B7 (باند هفت)	** -۰/۶۳۰	* ۰/۲۸۲	* -۰/۲۴۹	** -۰/۵۰۶	** ۰/۶۷۱
B8 (باند هشت)	** ۰/۸۹۶	** -۰/۵۶۰	۰/۰۲۸	** ۰/۷۵۲	** -۰/۹۳۴
PCA123 (تجزیه مؤلفه‌های اصلی ۱-)	** ۰/۷۳۳	** -۰/۷۰۷	-۰/۱۹۵	۱/۰۰۰	** -۰/۶۲۵
۳-۲					
BRITHNESS (شاخص درخشندگی)	۱/۰۰۰	** -۰/۵۸۲	-۰/۰۱۵	** ۰/۷۳۳	** -۰/۸۹۵
GREENESS (شاخص سبزی)	** -۰/۵۸۲	۱/۰۰۰	** ۰/۶۳۶	** -۰/۷۰۷	** ۰/۴۹۷
NDVI (شاخص پوشش گیاهی)	-۰/۰۱۵	** ۰/۶۳۶	۱/۰۰۰	-۰/۱۹۵	** -۰/۰۶۴
PCA57 (تجزیه مؤلفه‌های اصلی ۵-)	** -۰/۸۹۵	** ۰/۴۹۷	-۰/۰۶۴	** -۰/۶۲۵	۱/۰۰۰

*. Correlation is significant at the 0. 05 level (1- tailed)

اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد

** . Correlation is significant at the 0. 01 level (2- tailed)

اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد

توپوگرافی و نوردهی دقت بسیار مناسبی در مطالعه

$$\cos\theta = \frac{\sum_{i=1}^N n_i f_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^N n_i^2 \sum_{i=1}^N f_i^2}}$$

نتایج حاصل از این مطالعه، نشان می‌دهد استفاده از روش طبقه‌بندی طیفی به کمک الگوریتم نگاشت طیفی زاویه‌ای ((Spectrum Angular Mapper) با کاهش اثرات

منابع مورد استفاده

- ۱- احمدیان، م.، ۱۳۸۱. گزارش نهائی طرح تحقیقاتی "شناسائی مناطق شور و سدیمی و معرفی گونه‌های مطلوب مرتعی مقاوم به شوری در استان همدان"، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، شماره فروست ۸۴/۴۲۸. ۴۲۰ صفحه.
 - ۲- احمدیان، م.، ۱۳۸۲. معرفی شوره زارها و مناطق حساس به پدیده بیابان زائی در استان همدان، مجموعه مقالات ارائه شده در هفته پژوهش، دانشگاه بوعلی سینا همدان.
 - ۳- احمدیان، م.، ۱۳۸۳. گزارش نهائی طرح تحقیقاتی "مطالعه روند توسعه شوری خاک به وسیله RS و GIS در دشت قهاوند"، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، شماره فروست ۲۳۰. ۸۵/۸۵۹. ۲۳۰ صفحه.
 - ۴- افیونی، م.، و مجتبی‌پور، ر.، ۱۳۷۶. خاکهای شور و سدیمی و اصلاح آنها، انتشارات ارکان اصفهان، ۱۲۶ صفحه.
 - ۵- پاک پرور، م.، ۱۳۷۸. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی " استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای و GIS در تعیین مناطق تحت اثر بیابان زایی در منطقه کاشان"، وزارت جهاد سازندگی، معاونت آموزش و تحقیقات، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. شماره فروست ۸۵/۸۲۸. ۲۴۰ صفحه.
 - ۶- درویش صفت، ع.ا.، ۱۳۷۷. جزوه درس سنجش از دور برای دانشجویان کارشناسی ارشد، منتشر نشده.
 - ۷- دماوندی، ع.، ۱۳۷۶. بررسی امکان کاربرد داده‌های ماهواره‌ای در شناسائی و طبقه بندی اراضی شور به روش رقومی، پایان نامه کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران، دانشگاه تهران، ۲۲۵ صفحه.
 - ۸- شهیدی همدانی، خ.، ۱۳۷۸. بررسی عوامل مؤثر در بیابانی شدن دشت قهاوند، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده منابع طبیعی، ۱۹۰ صفحه.
 - ۹- طاهرکیا، ح.، ۱۳۷۵. اصول و کاربرد سنجش از دور، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، ۲۸۰ صفحه.
- فراهم می‌کند. مطابق رابطه مقابل که در آن f_i : پیکسل اطلاعاتی مرجع - f_j : پیکسل مورد نظر - N : تعداد باندها.
- با توجه به مطالب یاد شده در مقایسه قطعات قلیائیت خاک در دو تصویر، و همچنین مطالعات پایه انجام شده در منطقه، می‌توان عوامل مؤثر در سدیمی شدن اراضی دشت قهاوند را عمدتاً در مدیریت نامناسب اراضی فاریاب، افت شدید کمی و کیفی آبهای زیرزمینی و استفاده از روشهای آبیاری سنتی و آبهای با کیفیت نامناسب دانست که در بسیاری از نواحی دشت قابل مشاهده است ذکر نمود، که در نهایت سبب افزایش دامنه تخریب اراضی شده و زمینهای آبیاری شده به رنگ سپید به نظر می‌رسد؛ به این ترتیب با افزایش غلظت یون سدیم و اثرات مخرب ناشی از این پدیده بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از زمینهای اطراف کاملاً قابل تشخیص است.

سپاسگزاری

تحلیل‌های ارائه شده در این مقاله از طرح تحقیقاتی «بررسی روند توسعه شوری خاک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی در دشت قهاوند» با اعتبارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور و حمایت همه جانبه مسئولان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان انجام شده است. بدین وسیله از تمامی عزیزانی که در انجام این تحقیق و به ثمر رسیدن نتایج آن نقش داشته‌اند و به خصوص از مسئولان و همکاران بخش تحقیقات منابع طبیعی و بخش تحقیقات بیابان، به‌ویژه جناب آقای مهندس رهبر تشکر می‌کنم.

- 15- Berndet, T. S., and Matner. P. 1998. Classification methods for remotely sensed data. *Remote sensing reviews*, 7, 241-260.
- 16- Goossenes, R., and van Ranst. E. 1996. The use of remote sensing and GIS to detect gypsiferous soils in Ismailia province (Egypt). *Proceeding of the international symposium on soils with gypsum. Leida 15-21 September, 1996.*
- 17- Rao, B., Dwivedi R., Venkataratnam L., Ravisankar T., Thammappa, R.sharama S., and das. S. 1995. Spectral behavior of salt affected soils. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 16, 2125-2136.
- 18- Richards, J.A., 1986. Remote sensing digital image analysis. *Remote sensing of environment*, Vol. 43, 231-242.
- 19- Siegal, B., and Gillespie. A. 1980. *Remote Sensing in Geology* (New York: John Wiley).
- ۱۰- علیمحمدی، ع.، ۱۳۸۰. جزوه درسی پردازش کاربردی تصاویر ماهواره‌ای در منابع آب و خاک، دانشگاه خواجه نصیرطوسی.
- ۱۱- گزارش مطالعات خاک‌شناسی و طبقه‌بندی اراضی دشت شِراء. ۱۳۶۷. وزارت جهاد سازندگی، کمیته امور آب، واحد مهندسی آب و خاک، با نظارت مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۲۲۸ صفحه.
- ۱۲- منصوری، م.ح.، ۱۳۷۱. راهنمای طبقه‌بندی اراضی برای آبیاری، سازمان تحقیقات کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی استان خراسان، ۱۰۹ صفحه.
- ۱۳- مهندسین مشاور تهران پژوهش. ۱۳۷۰. طرح مطالعات توسعه روستایی استان همدان، سازمان برنامه و بودجه استان همدان
- 14- Aber, J. D., and Marthin. M. E. 1995. High spectral analysis. *International Journal of Remote Sensing*. Vol.14, 1919-1920.

Ability of Landsat satellite images 5, 7 in determining Alkalinity of soil changes in Qahavand plain (Hamedan province)

M. Ahmadian¹ –M. Pakparvar² – D. Ashourloo³

1-Ms. of research center of agriculture and natural resources center, Hamedan province

2-Academic member of agriculture and natural resources center, Fars province

3-Ph.D student of Khajeh Nassir-e- Tousi University

Received: 08.05.2006

Accepted: 07.09.2007

Abstracts

Remote sensing technology is useful tool for spatial and temporal monitoring of natural phenomenon. Secondary salinization is known as the main causes of soil degradation where inappropriately land management occurred in a region. Total saline and sodic soils in Hamedan province are estimated at 70,000 hectare that includes 9.5 percent of total cultivable lands in this province. This paper tries to show important aspects of applying remote sensing in classification of sodic soils in Qahavand plain. The objective of this study is to monitor the sodic soils by using satellite information landsat-5&7. Classification of satellite imagery for alkalinity was carried out by investigation various bands and indexes such as PCA₅₇, PCA₁₂₃, NDVI, GRI, BRI. The supervised classification and spectral response angular mapping method used to classify the images. The soil maps were prepared by geographic information system in 1:50,000 scale. The results showed that total sodic soils areas were extended during last 11 years by 9.8 percent. The change in low sodicity class (A₁) was 23.1 percent; in medium sodicity class (A₂) was 13.7 percent and in sever sodicity class (A₃) was 0.3 percent. The area of bare soils was 3005 hectares which is estimated 8446 hectares now and increased by 181 percent. The most important reasons for extension of sodic soils in this region are lack of proper land use and water management and conversion of land uses.

Key words: Sodic soils, Remote sensing, Landsat images 5&7, Spectral Angular Mapper, Hamedan,