



## پایش تغییرات شوری خاک با استفاده از سنجش از دور در منطقه زاهد شهر، استان فارس

رویا رنجبر<sup>۱\*</sup>، حمیدرضا اولیایی<sup>۲</sup>، حجت‌اله رنجبر<sup>۳</sup>، ابراهیم ادهمی<sup>۲</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

۲. دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

۳. استاد گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

### مشخصات مقاله

### چکیده

پیشینه مقاله:

دریافت: ۱۵ اسفند ۱۳۹۶

پذیرش: ۳۰ تیر ۱۳۹۷

دسترسی اینترنتی: ۳۰ آبان ۱۳۹۷

واژه‌های کلیدی:

طیف‌سنجی

طبقه‌بندی نظارت شده

نقشه‌برداری زاویه طیفی

شوری خاک

زاهدشهر

شور شدن خاک، فرآیند غالب در تخریب خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک است که موجب کاهش میزان عملکرد محصولات زراعی، افزایش فرسایش و تشدید بیابان‌زایی می‌گردد. منطقه زاهدشهر در جنوب و شرق شهرستان فسا در استان فارس قرار دارد و در سال‌های اخیر شوری خاک، بخش زیادی از مزارع و باغ‌های این منطقه را تحت تأثیر قرار داده است. هدف از این مطالعه بررسی میزان تغییرات شوری خاک‌های منطقه در یک دوره زمانی ۱۷ ساله با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ و ۸ روش نقشه‌برداری زاویه طیفی است. جهت انجام تحقیق، ابتدا طیف خاک‌های شور از داده‌های ماهواره‌ای استخراج و سپس با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده مناطق با خاک شور تعیین گردید و تغییرات مساحت خاک‌های شور در نرم‌افزار ArcGIS مورد بررسی قرار گرفت. مطالعات صحرائی، برداشت نمونه خاک سطحی، تجزیه شیمیایی و مطالعات طیفی خاک به روش طیف‌سنجی و شناسایی کانی‌های موجود در خاک به روش XRD انجام گرفت. نتایج به‌دست‌آمده از داده‌های طیف‌سنج مرئی مادون‌قرمز و XRD حضور کانی‌های تبخیری (ژپس، کلسیت، هالیت) را تأیید می‌کند. با مقایسه با داده‌های واقعیت زمینی روش نقشه‌برداری زاویه طیفی (SAM) روشی کارآمد در طبقه‌بندی خاک شور تشخیص داده شد. بررسی میزان تغییرات شوری در بازه زمانی ۱۷ ساله نشان داد که مساحت اراضی شور منطقه از ۱۶۰۰ هکتار در سال ۲۰۰۰ به ۶۵۰۰ هکتار در سال ۲۰۱۷ رسیده است.

## مقدمه

شوری به‌عنوان یکی از عوامل مهم تخریب اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک از طریق محدود کردن رشد گیاه باعث کاهش تولیدات کشاورزی می‌شود (۱۰). از این رو تهیه نقشه‌های به‌روز خصوصیات خاک سطحی جهت شناسایی وضعیت کنونی منطقه از نظر غلظت نمک در جهت مدیریت طرح‌های کشاورزی و بیابان‌زدایی حائز اهمیت است (۱۱). حدود ۵۰ درصد اراضی کشاورزی آبی مناطق خشک و نیمه‌خشک در کل زمین مشکل شوری خاک با درجات مختلف را دارند و سالانه حدود ۴۰ هزار هکتار از این اراضی به دلیل مشکلات شوری رها می‌شوند (۲۳). کشور ایران نیز با توجه به اینکه بیشتر دارای اقلیم گرم و خشک است، از این امر مستثنی نیست. بر اساس آخرین اطلاعات شوری خاک که از نقشه یک میلیونیم منابع و استعداد خاک ایران که در مقیاس سرزمین برگرفته شده است، اراضی دارای خاک‌هایی با درجات مختلف شوری، مساحتی بالغ بر ۵۵/۶ میلیون هکتار یعنی ۳۴ درصد از مساحت کل ایران را شامل می‌شود که بیشتر در فلات مرکزی، دشت ساحلی جنوب و دشت خوزستان قرار دارند (۱۸، ۲۷ و ۲۸).

لسنافی و آبراهام (۱۴) اشاره می‌کند که استخراج بیش‌ازاندازه آب‌های زیرزمینی در جنوب کویت باعث افت کمی و کیفی سفره آب زیرزمینی این منطقه شده به‌طوری‌که سطح آب زیرزمینی حدود ۲۰ متر افت نموده است. پیش‌بینی شده است که ادامه این روند موجب کاهش شدید کیفیت آب چاه‌های منطقه و به دنبال آن افزایش شوری خاک خواهد شد.

تهیه نقشه شوری خاک به‌ویژه در مناطقی با وسعت زیاد، گران و زمان‌بر است؛ از این رو به روش‌هایی نیاز است که بتوانند از طریق آن، تهیه این نقشه را آسان‌تر کنند. در چند دهه گذشته، استفاده از روش‌های زمین‌آمار و بهره‌گیری از داده‌های سنجش‌ازدور برای تهیه نقشه شوری خاک و پایش تغییرات آن توسعه‌یافته است (۱). سنجش‌ازدور حجم زیادی از اطلاعات را تولید می‌کند. این اطلاعات نه‌فقط در یک‌زمان بلکه در

دوره‌ها و زمان‌های مختلف، تولید و جمع‌آوری می‌شوند و می‌توان از آن‌ها برای کشف و مطالعه پدیده‌ها استفاده کرد. تلفیق RS و GIS پتانسیل استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور را به بهترین نحو افزایش می‌دهد (۴). رائو و همکاران (۲۴) با استفاده از داده‌های ماهواره لندست برای تهیه نقشه شوری و قابلیت گزارش کردند که تفکیک‌پذیری خاک‌های به‌شدت شور و سدیمی از خاک‌های با شوری متوسط امکان‌پذیر است و بر اساس آن به محاسبه مقادیر موردنیاز گچ و اصلاح‌کننده‌های دیگر پرداختند. عباس و همکاران (۱۲) طی مطالعاتی که در منطقه پنجاب پاکستان انجام دادند با استفاده از داده‌های میدانی و نقشه‌های توپوگرافی از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده، نقشه شوری خاک منطقه تهیه کردند. علت اصلی پیشرفت شوری‌زایی خاک عدم مدیریت آب زیرزمینی و آبیاری با آب با املاح زیاد است و اشاره کردند که سنجش‌ازدور نسبت به دیگر روش‌های متداول تهیه نقشه شوری خاک در پیش‌بینی خطر شوری‌زایی کاربردی‌تر است. سلطان‌نژاد و همکاران (۲۵) در تحقیقی که بر روی پهنه‌های تبخیری پلایای سیرجان انجام دادند، با استفاده از تصاویر سنجنده‌های لندست ۸ و Aster، با روش طبقه‌بندی نظارت‌شده نقشه‌برداری زاویه طیفی (SAM)، تبخیرهای این منطقه را طبقه‌بندی کردند. وو و همکاران (۲۹) با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و به‌کارگیری تصاویر ماهواره لندست دلیل تغییرات شوری در فلات مرکزی عراق را طی ۲۰ سال (۱۹۹۰-۲۰۱۰) شوری آب زیرزمینی و آب‌وهوای خشک منطقه گزارش کردند. خادمی و همکاران (۵) در بررسی روند شوری خاک اطراف دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر لندست در یک دوره ۱۳ ساله به این نتیجه رسیدند که روند افزایش اراضی شور بسیار سریع بوده آن‌چنان‌که در سال ۱۹۹۸، مساحت شورزارها ۲۸/۵ کیلومترمربع و در سال ۲۰۱۱ به ۷۴۴/۴ کیلومترمربع افزایش‌یافته است. افزایش اراضی شور منجر به تخریب و از بین رفتن حاصلخیزی خاک شده و اگر این روند به همین ترتیب ادامه یابد می‌تواند منجر به خارج شدن اراضی حاصلخیز از عرصه تولیدات کشاورزی شود.

یک دوره ۱۷ ساله با استفاده از سنجش از دور و تصاویر ماهواره لندست، سامانه اطلاعات جغرافیایی و طیف‌سنجی خاک به منظور برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه خاک در قالب یک مطالعه موردی صورت گرفت.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

دشت زاهدشهر- دشت گربایگان در جنوب شهرستان فسا قرار دارد و بین عرض‌های  $28^{\circ}53'50''$  و  $28^{\circ}42'04''$  و طول‌های جغرافیایی  $53^{\circ}50'06''$  و  $53^{\circ}38'03''$  قرار گرفته و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۲۸۷ متر است (شکل ۱). آب‌وهوای منطقه استپی، میانگین دما و بارش سالیانه به ترتیب  $22/2$  درجه سانتی‌گراد و ۲۲۱ میلی‌متر است. بارش پراکنده و یک‌مرته در فصول سرد باعث سیلاب و از دست رفتن قسمت اعظم نزولات جوی می‌شود و سبب خشک‌سالی در فصول فاقد بارندگی می‌گردد. بخش زاهدشهر فسا دارای ۵۵۰۰ هکتار زمین کشاورزی است. در سال‌های اخیر به دلیل خشک‌سالی مساحت زیادی از مزارع و باغ‌ها از بین رفته‌اند. بر اثر نوسانات خشک‌سالی در یک دهه اخیر و برداشت غیرمعمول از منابع آب‌های زیرزمینی عمق چاه‌های آب کشاورزی از ۸۰ متر به ۳۰۰ متر افزایش پیدا کرده است (۳).

رسوبات آبرفتی منطقه مربوط به دوره چهارم زمین‌شناسی و با ویژگی‌های زیر است؛ (۱) نهشته‌های کنگلومرایی، این واحد پوشش آبرفتی پادگانه‌های کهن را شامل می‌شود. (۲) مخلوطی از قطعات و توده‌ای سنگی همراه با رسوبات دانه‌ریز که نتیجه‌ای از لغزش و ریزش ناگهانی لایه‌های نرم مارنی-سیلیت در شیب‌ها و پیرامون راندگی‌ها است. (۳) انباشته‌های پوشش آبرفتی پادگانه‌ها و مخروط افکنه‌های جوان. (۴) رسوبات دانه‌ریز، این نهشته‌های جوان در کناره‌های دشت دیده می‌شود. (۵) نهشته‌های دشت‌های سیلابی، شامل سیلیت، رس و ماسه همراه با ترکیبات نمک. (۶) نهشته‌های ناشی از پهنه‌های مردابی که شامل رسوبات ریزدانه و رس همراه با نمک و (۷) نهشته‌های محیط دشت سیلابی، بستر

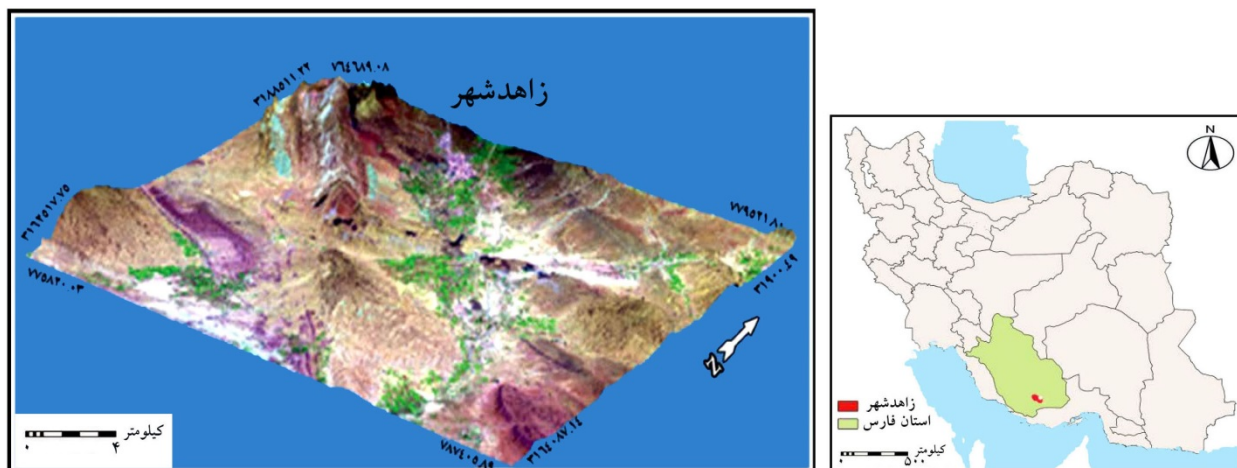
محمدزاده و فیضی‌زاده (۹) طی مطالعه‌ای که در حاشیه شرق دریاچه ارومیه انجام دادند. جهت پایش شوری از داده‌های ماهواره لندست ۷ سنجنده  $ETM^+$  مربوط به سال ۲۰۰۰ و تصویر ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI مربوط به سال ۲۰۱۵ تهیه و پس از مرحله پیش‌پردازش با اعمال شاخص‌های طیفی NDVI، روشنایی، NDSI روند شوری اراضی کشاورزی حاشیه شرق دریاچه با استفاده از تکنیک فازی شی‌اگرا ارزیابی گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که پیشرفت قابل‌توجهی در افزایش سطح شوری با نرخ بالای  $21/5$  درصد (۸۳۳ کیلومترمربع) وجود دارد. گینگ و همکاران (۲۱) در تحقیق خود از تصاویر دو سنجنده اسپات (Spot) و استر (Aster) جهت تهیه نقشه شوری خاک استفاده کردند و پس از پردازش و با استفاده از روش نظارت‌شده نقشه‌برداری زاویه طیفی به این نتیجه رسیدند که ویژگی سطحی خاک با داده‌های ماهواره‌ها همخوانی دارد.

منطقه زاهدشهر در حومه فسا در جنوب غرب ایران، از مناطقی است که به‌ویژه در دو دهه اخیر تحت تأثیر کمبود بارش، کاهش کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی و گسترش خاک‌های شور قرار گرفته است. مطالعات پایه منابع آب زیرزمینی منطقه نشان می‌دهد که سطح آب‌های سفره زیرزمینی از ۸۰ به ۳۰۰ متر رسیده است. کیفیت آب‌های زیرزمینی به سمت کلاس شوری متوسط پیش می‌رود. در مجموع افت شدید کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی را به دلیل استفاده از روش‌های آبیاری سنتی و مدیریت نامناسب استفاده از آب که در بسیاری از نواحی دشت مشاهده می‌شود و مصرف آن باعث شوری زمین‌هایی می‌شود که تحت آبیاری قرار می‌گیرند. حضور پوسته‌های نمکی در مسیر حرکت آب و مرز داغاب پشته‌های اراضی مشهود بود. در بعضی نقاط مزارع کشاورزی به‌صورت لکه‌ای پوشش گیاهی کامل از بین رفته و به خاک نامرغوب تبدیل شده است. این روند متأسفانه ادامه داشته و لزوم پایش تغییرات زمانی شوری خاک را بیش‌ازپیش نشان می‌دهد. کاربرد سنجش از دور در نیل به هدف یادشده ثابت شده است. لذا این پژوهش به‌منظور پایش تغییرات شوری خاک در

هستند. اکثر خاک‌های زراعی منطقه رسوبی هستند و گروه بافتی آن‌ها لوم و سیلتی-لوم است و خاک‌های پای تپه‌ها و ارتفاعات و مخروط افکنه‌ها دارای بافت سبک ماسه شنی و ماسه ماری است.

رودخانه و آبراهه.

خاک‌های منطقه در حاشیه تپه‌ها و ارتفاعات و اطراف رودخانه‌ها و مسیل‌ها به علت داشتن سنگ‌ریزه، شن و ماسه دارای بافت سبک و قابلیت نفوذ خوب تا متوسط است و بقیه قسمت‌ها دارای بافت نسبتاً سنگین و قابلیت نفوذ متوسط تا کم



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

پردازش شامل پیش‌پردازش‌های جوی و هندسی روی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده محیط ENVI صورت گرفت. در این تحقیق از روش پیش‌پردازش جوی (Internal Average) IARR (Relative Reflectance) استفاده شد. این روش برای نرمالیزه کردن تصاویر با استفاده از یک طیف میانگین تصویر بکار می‌رود. این روش برای تبدیل داده‌های طیفی به بازتاب‌های نسبی در مناطقی که اندازه‌گیری‌های زمینی وجود نداشته و اطلاعات از منطقه اندک بود، استفاده شد. در این روش، طیف میانگین برای تصویر ورودی محاسبه شد و این طیف به‌عنوان طیف مرجع استفاده گردید. سپس هر پیکسل تصویر بر این مقدار میانگین تقسیم شد و طیف ظاهری پیکسل محاسبه گردید. برای زمین مرجع کردن تصاویر از نقشه‌های توپوگرافی سازمان نقشه‌برداری به‌عنوان مرجع استفاده شد. در اجرای این تحقیق از طبقه‌بندی نظارت‌شده و الگوریتم نقشه‌بردار زاویه طیفی (Spectral Angle Mapper) SAM استفاده شد و نتایج

#### تصاویر مورد استفاده

با توجه به کارایی بالای تصاویر لندست ۷ و ۸ در تهیه نقشه شوری، استفاده از این داده‌ها جهت مطالعه خصوصیات دیگر خاک از قبیل آهک، گچ و قلیائیت در منطقه استفاده گردید. به‌منظور شناسایی موقعیت و پراکنش و پایش شوری خاک‌های شور از قدیمی‌ترین اطلاعات ماهواره‌ای موجود از منطقه، مربوط به ماهواره لندست ۷، تاریخ ۱۶ آگوست ۲۰۰۰ (۲۶ مرداد ۱۳۷۹) و جدیدترین اطلاعات منطقه در زمان انجام تحقیقات مربوط به ماهواره لندست ۸، ۱۱ ژوئن سال ۲۰۱۷ میلادی (۲۱ خرداد ۱۳۹۶) با ردیف ۴۰ و گذر ۱۶۲ از آرشیو پایگاه اینترنتی سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) استفاده گردید.

#### روش تحقیق

به‌منظور پایش شوری خاک، نخست عملیات پیش

است که طیف‌ها با خود به همراه دارند. با پیشرفت‌های علوم رایانه، تولید وسایل و توسعه آمار چند متغیره، کاربرد طیف‌سنجی نیز در علوم خاک و کشاورزی افزایش یافته است. این روش غیر مخرب، سریع و ارزان بوده و نیازمند حداقل زمان آماده‌سازی نمونه، بدون ضرر و تخریب برای محیط‌زیست است. بنابراین، طیف‌سنجی اطلاعات کمی را برای نقشه‌برداری رقومی خاک، پایش خاک و مدل‌سازی فرآیندهای خاک و محیط‌زیست فراهم می‌سازد (۷ و ۲۲).

آنالیز طیفی خاک‌های در این تحقیق با استفاده از دستگاه طیف‌سنج Field spec 3 با دامنه طول‌موج ۲۵۰۰-۳۵۰ نانومتر انجام شد. برای این منظور، ۱۰۰ گرم از هر نمونه خاک خشک‌شده با اندازه کوچک‌تر از ۲ میلی‌متر برای تجزیه مورد استفاده قرار گرفت (۲۲). در آزمایشگاه با استفاده از طیف‌سنج مرئی-مادون‌قرمز نزدیک و کوتاه، موج طیف پخشیده انعکاسی نمونه‌ها ثبت شد و لامپ ۲۰ وات به‌عنوان منبع نوری مورد استفاده قرار گرفت (۶). سرعت برداشت هر منحنی طیفی ۰/۱ ثانیه بود. مقادیر به‌دست‌آمده با استفاده از صفحه سفید مبنا (White Spectralon Panel) نرمال‌سازی گردید. منحنی‌های به‌دست‌آمده بلافاصله و به‌طور خودکار با استفاده از نرم‌افزار RS<sup>2</sup> موجود بر روی رایانه قابل‌حمل متصل به دستگاه میانگین‌گیری شده و به‌صورت یک منحنی طیفی نمایش داده می‌شود. برای هر نمونه سه تکرار ثبت گردید و به‌صورت یک منحنی طیفی به نمایش درآمد. سپس از ثبت طیف‌ها و مطالعه قله‌های بازتابی و جذبی و مقایسه با طیف کتابخانه طیفی خصوصیات احتمالی طیف خاک‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت.

#### روش نقشه‌برداری زاویه طیفی

نقشه‌برداری زاویه طیفی یک روش رده‌بندی طیفی است که طی آن شباهت طیف مرجع با طیف پیکسل به‌وسیله محاسبه زاویه بین طیف‌ها تعیین می‌شود و زوایایی که به صفر نزدیک‌تر باشند بهترین نتیجه را در اختیار کاربر قرار می‌دهند. این طیف‌ها به‌عنوان بردارهایی در فضایی برابر با تعداد باندها

در ArcMap به‌صورت نقشه‌ها و جداول مربوطه در دو مقطع زمانی ارائه گردید. مقادیر هدایت الکتریکی لایه سطحی خاک به همراه مختصات مکانی نقاط نمونه‌برداری در محیط اکسل وارد شد و محدوده طبقات شوری اراضی در دو مقطع زمانی از هم مجزا گردید. نقاط مکانی نمونه‌های شور بر روی تصویر ماهواره‌ای جانمایی شد. جهت ارزیابی طبقه‌بندی به‌صورت کیفی عمل گردید و با استفاده از نمونه‌برداری از قشر فوقانی خاک و مطالعه نمونه‌ها در آزمایشگاه با استفاده از روش‌های شیمیایی، پراش پرتوایکس و طیف‌سنجی نتایج به‌دست‌آمده از روش نقشه‌برداری زاویه طیفی ارزیابی گردید. سپس مناطق شور به پولیگون تبدیل‌شده و از امکانات محیط ArcMap جهت محاسبه مساحت مناطق شور استفاده شد. نمونه‌برداری در تاریخ ۱۵ شهریور ۱۳۹۵ و ۲۰ آبان ۱۳۹۵ از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری خاک در ۳۰ منطقه انجام شد. نمونه‌برداری خاک در هر نقطه شامل چهار برداشت یک نمونه از مرکز و سه نمونه در سه جهت با زاویه ۱۲۰ درجه و فاصله ۲۰ متری از مرکز بود، سپس نمونه‌ها با هم مخلوط شد و یک نمونه ترکیبی از آن‌ها تهیه گردید مقادیر EC (هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک)، pH (گل اشباع)، مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود در عصاره اشباع، کربن آلی، کربنات کلسیم معادل و گچ در نمونه‌های خاک به روش‌های متداول اندازه‌گیری شد. آنالیز پراش پرتوایکس، یک روش سریع برای تشخیص نوع مواد و همچنین فاز و خصوصیات کریستالی آن می‌باشد. برای انجام این آنالیز، خاک باید به‌خوبی پودر و همگن‌شده باشد یا فیلمی یکنواخت از آن تهیه‌شده باشد. پراش پرتوایکس با استفاده از دستگاه فیلیپس (مدل Xpert400) اندازه‌گیری شد و برای شناسایی کانی‌ها و تفسیر نمودارهای پراش‌سنج پرتوایکس (XRD) از نرم‌افزار PC APD فیلیپس استفاده گردید.

#### طیف‌سنجی بازتابی از خاک‌ها

کاربرد طیف‌سنجی مرئی-مادون‌قرمز نزدیک و میانی در خاک‌شناسی در طی ۲۰ سال گذشته توجهات زیادی را به خود جلب کرده است. افزایش سریع این روش، به علت اطلاعاتی

از  $n$  باند برای شناسایی هدف وجود دارد، استفاده شد.

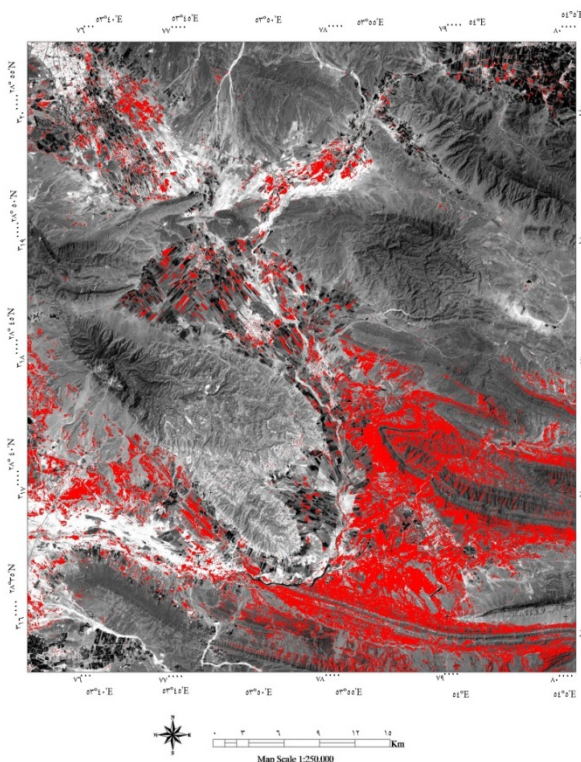
$$\alpha = \cos^{-1} \left[ \frac{\sum_{i=1}^{nb} t_i r_i}{\left[ \sum_{i=1}^{nb} t_i^2 \right]^{\frac{1}{2}} \times \left[ \sum_{i=1}^{nb} r_i^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \right] \quad [1]$$

در این رابطه؛  $nb$  تعداد باندها،  $t$  مربوط به طیف هدف و  $r$  مربوط به طیف مرجع است (۲۷).

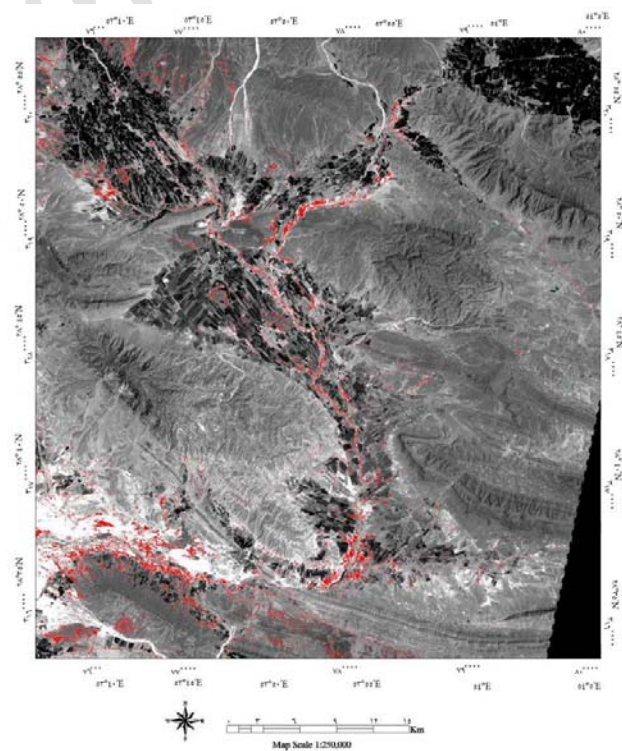
### نتایج و بحث

از روش نقشه‌بردار زاویه طیفی و به کمک طیف استخراج شده از تصویر، مناطق با بیشترین تمرکز وجود کانی‌های تبخیری و نمکی برای سال‌های ۲۰۰۰ و مشخص گردید و برای استفاده در محیط ArcMap ذخیره گردید (شکل‌های ۲ و ۳).

در نظر گرفته می‌شوند (۲۷). خروجی این محاسبات یک تصویر رده‌بندی شده و تصاویر رول به تعداد عضوهای انتهایی می‌باشد. پیکسل‌هایی که زاویه طیفی کوچک‌تری دارند در تصاویر رول، تیره‌تر دیده شده و بیشترین تطابق را با طیف مرجع نشان می‌دهند. طیف مرجع می‌تواند از کتابخانه‌های طیفی، اندازه‌گیری‌های طیفی صحرائی (استفاده از دستگاه‌های طیف‌نگار) و یا از تصویر استخراج شوند. الگوریتم این روش، شباهت بین طیف هدف با طیف مرجع را از طریق محاسبه زاویه بین این دو طیف اندازه‌گیری می‌کند. در حقیقت با تبدیل طیف‌ها به بردار در فضایی به ابعاد تعداد باندها، زاویه بین دو بردار محاسبه می‌شود. در این روش برای محاسبه زاویه، جهت بردارها دارای اهمیت است و طول بردارها اهمیتی ندارد به همین علت میزان روشنایی پیکسل در طبقه‌بندی آن تأثیری ندارد. از رابطه ۱ برای محاسبه زاویه در این الگوریتم وقتی که



شکل ۳. تصویر آنالیز نقشه‌بردار زاویه طیفی تصویر لندست ۸ (سال ۲۰۱۷)



شکل ۲. تصویر آنالیز نقشه‌بردار زاویه طیفی تصویر لندست ۷ (سال ۲۰۰۰)

کربنات کلسیم معادل، سدیم، پتاسیم، منیزیم و کلر، و بافت اندازه‌گیری گردید که با توجه هدف این تحقیق تمرکز بیشتر بر روی پارامتر شوری (هدایت الکتریکی بیش از ۴ دسی‌زیمنس بر متر) قرار داشت (جدول ۱).

پس از انجام طبقه‌بندی، تعداد ۳۰ نمونه از مناطقی که پوسته‌های نمکی بر روی سطح خاک قرار داشت، برداشت گردید (شکل ۴). داده‌های حاصل از تجزیه و آزمایش خاک همراه با نقاط UTM به صورت فایل اکسل جهت انجام تحلیل آماری ذخیره شد. پارامترهای شوری، میزان گچ، ماده آلی،



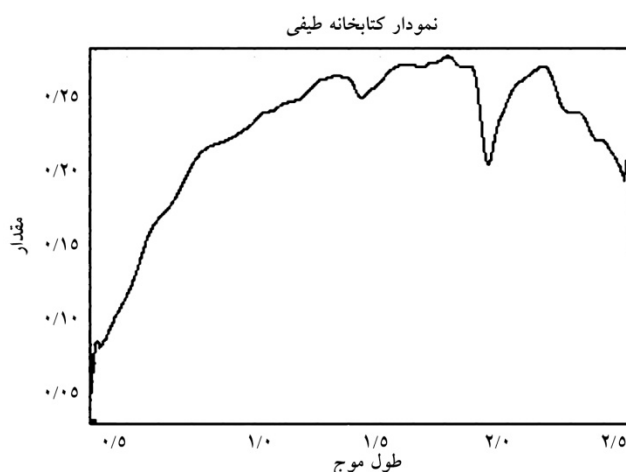
شکل ۴. پراکندگی نقاط نمونه برداری منطقه زاهد شهر

میزان شدت انعکاس وجود دارد. در این طیف‌ها ناحیه جذبی در محدوده ۲۳۳۰ نانومتر مرتبط با حضور ترکیبات کربناته در این خاک‌ها می‌باشد. گوپتا (۱۷) در تحقیقی در مورد طیف خاک اشاره به باندهای جذبی در محدوده ۱۴۰۰-۱۹۰۰ نانومتر در خاک دارد و اشاره می‌کند که دره‌های تند نشانگر این واقعیت هستند که مولکول‌های آب در مکان‌های مناسبی از ساختار بلورین جای گرفته‌اند، درحالی‌که دره‌های تخت به معنی قرارگیری مولکول‌های آب در مکان‌های نامناسب هستند (شکل‌های ۵، ۶ و ۷).

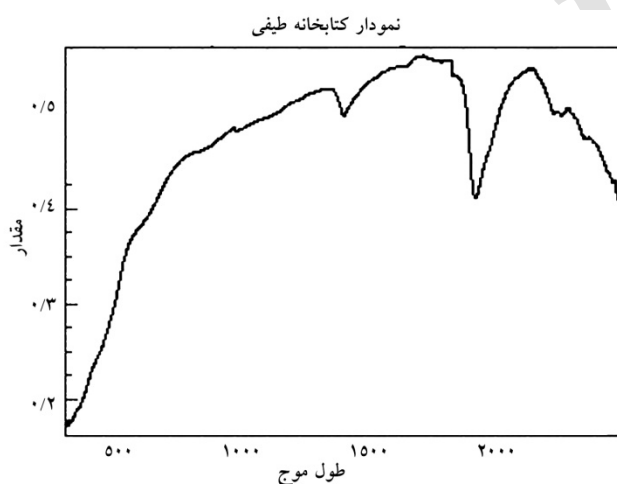
با استفاده از طیف‌سنجی مرئی- مادون قرمز نزدیک توانایی این روش جهت تعیین تفاوت ویژگی طیفی خاک‌های شور و غیرشور مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۵ طیف انعکاسی محدوده مرئی- مادون قرمز نزدیک به دست آمده در نمونه خاک با شوری کم را نشان می‌دهد. شکل‌های ۶ و ۷ طیف‌های خاک‌های شور را نشان می‌دهند. شکل کلی همه طیف‌ها در همه خاک‌ها تقریباً مشابه است. به طوری‌که ویژگی‌های جذبی آب و رس در همه طیف‌ها مشاهده می‌شود، مهم‌ترین باندهای جذب منحصر به مولکول‌های آب در محدوده ۱۴۰۰-۱۹۰۰ نانومتر قرار دارند. البته اختلافاتی در



شکل ۶. طیف مرئی و مادون قرمز نزدیک خاک شور (نمونه ۱۳)



شکل ۵. طیف مرئی و مادون قرمز نزدیک خاک غیر شور (نمونه ۱)



شکل ۷. طیف مرئی و مادون قرمز نزدیک خاک شور (نمونه ۵)

شکل ۶ و ۷ ویژگی‌های جذب نمک در محدوده ۱۴۰۰-۱۹۰۰ نانومتر با سطح بازتاب بالاتر در دو نمونه خاک شور دیده می‌شود. وجود مولکول‌های آب همراه کانی‌هایی مانند ژپس، کلسیت و هالیت اثر مشترکی بر روی موقعیت جذبی در محدوده ۱۴۰۰-۱۹۰۰ نانومتر می‌گذارد و همین عامل در تشخیص نوع کانی‌های تبخیری ایجاد مشکل می‌کند. استونر (۲۶) نیز به نتایج مشابهی دست‌یافت که مولکول‌های آب در ژپس به‌تنهایی روی باندهای طیف مادون قرمز ۱۴۰۰-۲۵۰۰ نانومتر اثر می‌گذارد. طیف خاک با وجود هالیت نسبت به خاک انعکاس بالاتری دارد. نمک به‌تنهایی نمی‌تواند موجب باند جذب در محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک باشد و ویژگی‌های

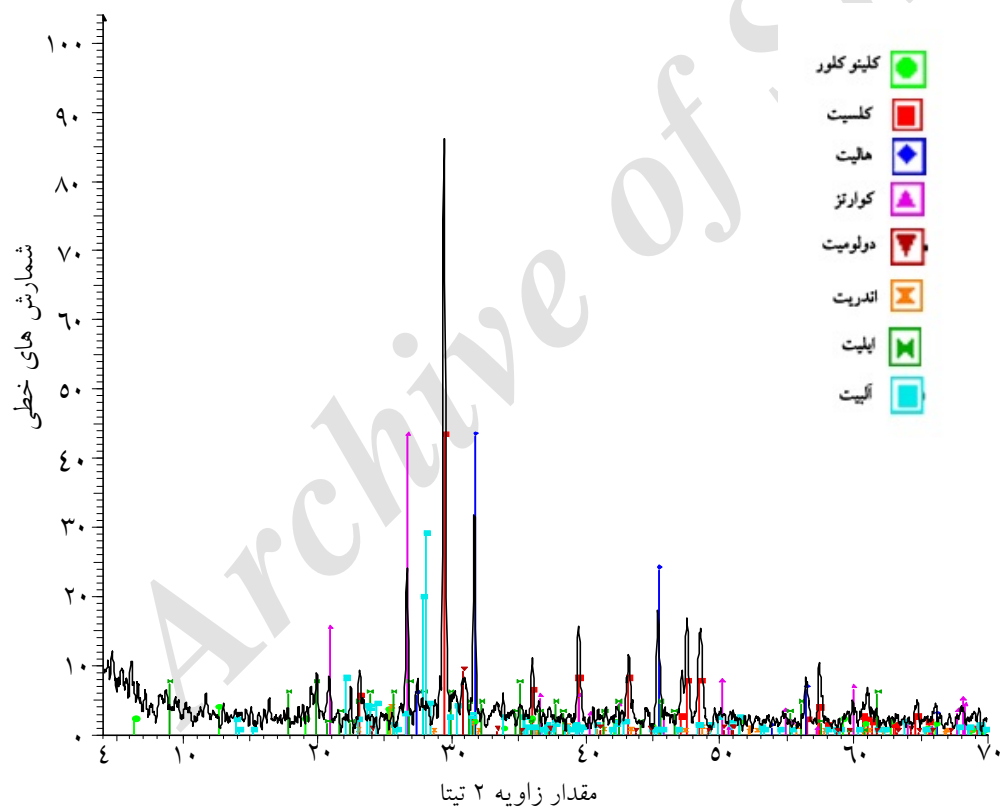
جهت تعیین نوع و فراوانی کانی تبخیری نمونه‌های خاک‌های مورد مطالعه از روش XRD استفاده شد. شکل‌های ۸ و ۹ کانی تبخیری دو نوع خاک شور (نمونه ۵ و ۱۳) و شکل ۱۰ (نمونه ۱) خاک با شوری کم را نشان می‌دهد. نتایج آنالیز داده‌های XRD نشان می‌دهد که عمده ترکیب کانی نمونه خاک غیر شور کلسیت و کانی‌های رسی است و در خاک‌های شور کانی‌های غالب به ترتیب فراوانی کلسیت، ژپس و هالیت است.

آنالیز طیفی خاک شور نشان می‌دهد که محتوای نمکی خاک منجر به اثر جذبی بر روی محدوده (۱۴۱۵-۲۲۰۵) نانومتر می‌شود (۱۶، ۱۹ و ۲۰). در تأیید این مطلب با توجه به



مزارع کشاورزی بسیار ضعیف است. شرایط ایده‌آل تصویربرداری (گذر ماهواره) زمانی است که زمین حداقل پوشش گیاهی داشته باشد که این امر در این پژوهش امکان‌پذیر نبوده است. پوشش گیاهی از عواملی است که باعث همپوشانی و تداخل طیفی زیادی بر روی ارزش طیفی پیکسل‌های تصاویر ماهواره در مناطق مورد بررسی به وجود می‌آورد. این نتایج با گزارش ثنایی‌نژاد و همکاران (۲) و سلمان‌پور و همکاران (۷) مطابقت دارد.

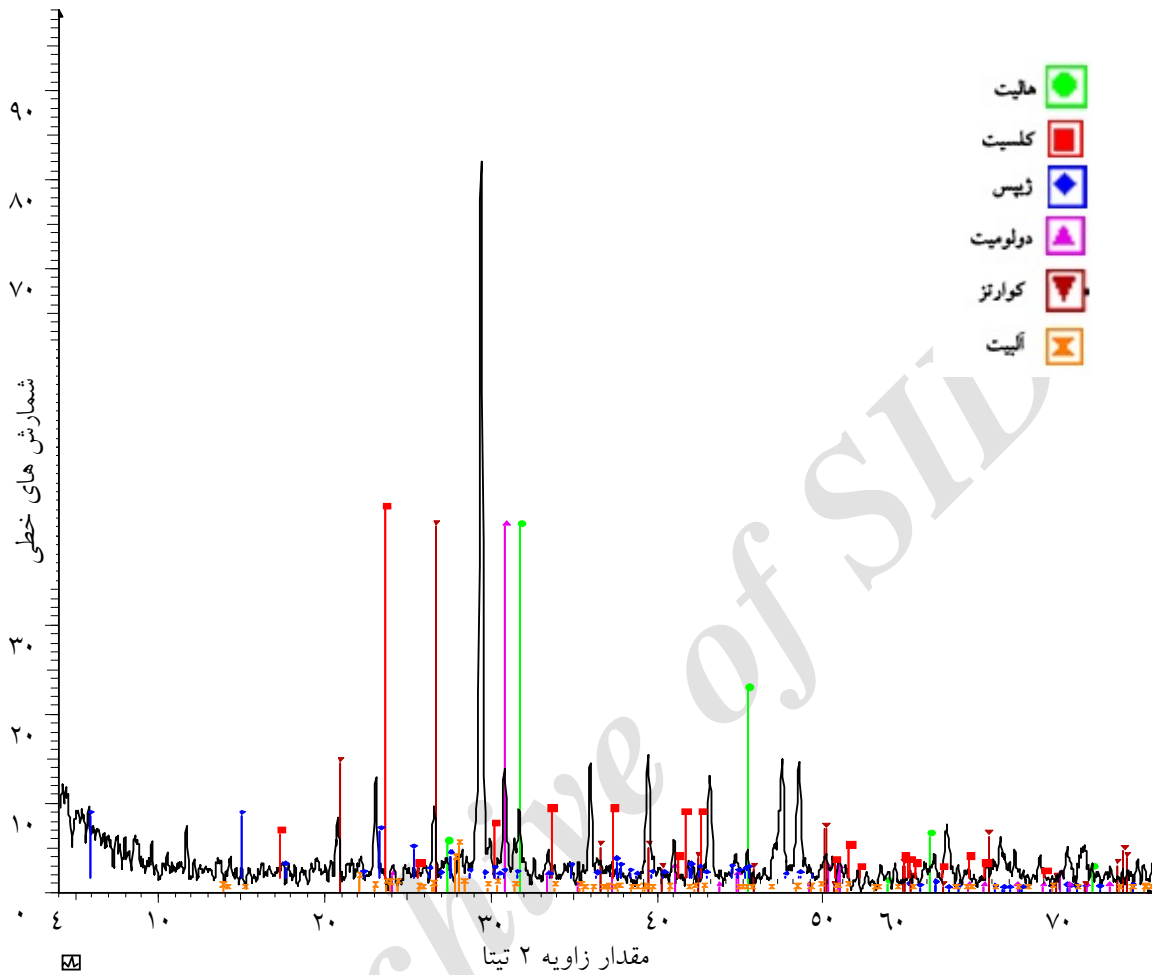
جذب تحت تأثیر مولکول‌های آب در ساختمان نمک است. درصد بالای سیلت (۴۰ درصد) مزید بر علت است و باعث اختلاط طیفی با خاک شور می‌شود (۱۳ و ۱۵). عبدالعظیمی و همکاران (۸) نیز در مطالعات خود بر روی خاک‌های دریاچه طشک و بختگان استان فارس به مشابهت انعکاس ذرات سیلت (۶۶-۲۹ درصد) در خاک‌های غیر شور با نمودار طیفی خاک شور اشاره کردند. طبق نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه بازتاب طیفی، مشخص شد که اطلاعات طیفی مربوط به خاک شور در



نمونه ۱۳ (به ترتیب فراوانی)

CALCITE+ QUARTZ+GYPSUM+HALITE+DOLOMITE+ANHYDRITE+CLAYMINERAL

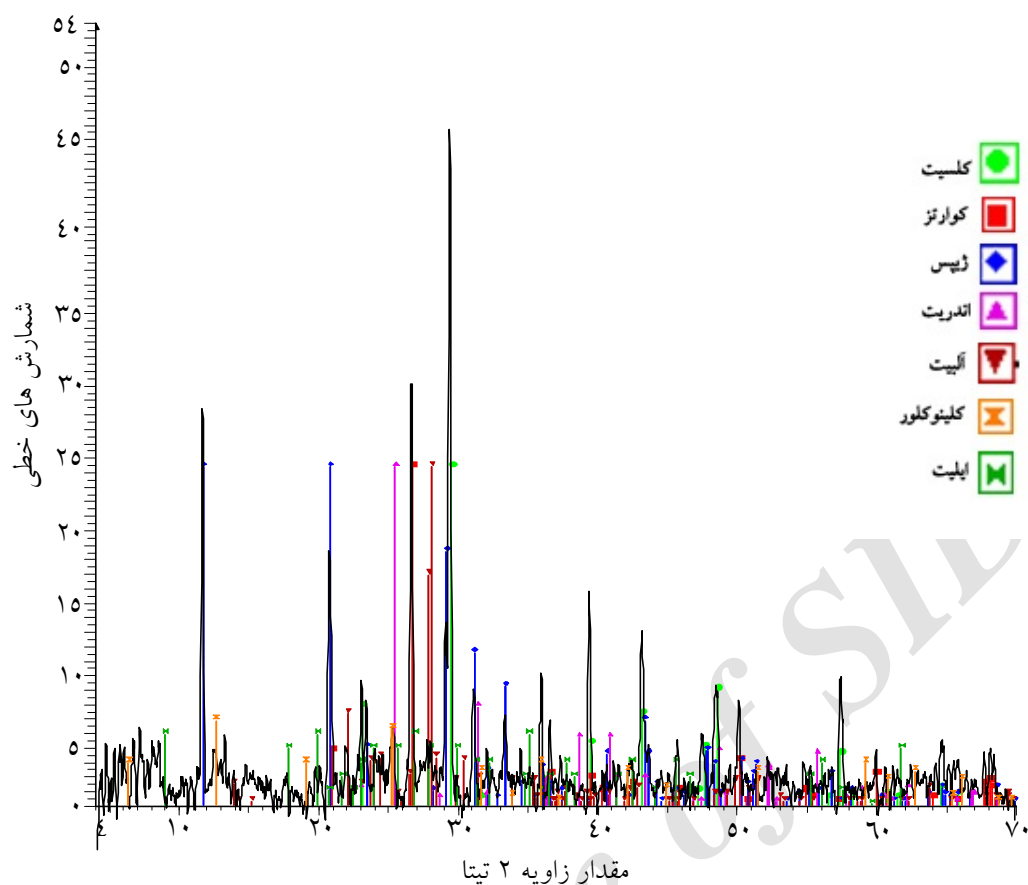
شکل ۸. نمودار شناسایی کانی‌های خاک شور به روش XRD (نمونه ۱۳)



نمونه ۵ (به ترتیب فراوانی)

CALCITE+QUARTZ+HALITE+DOLOMITE+GYPSUM+CLAYMINERL+ANHYDRITE(minor)

شکل ۹. نمودار شناسایی کانی های خاک شور به روش XRD (نمونه ۵)



نمونه ۱ (به ترتیب فراوانی)

CALCITE+QUARTZ+GYPSUM+CLAYMINERAL+ANHYDRITE (minor)

شکل ۱۰. نمودار تجزیه و شناسایی کانی‌های خاک غیر شور به وسیله روش XRD (نمونه ۱)

## نتیجه‌گیری

هدف تحقیق ارزیابی روند شوری‌زایی در منطقه است. پس از دسته‌بندی پیکسل‌ها بر اساس ویژگی‌های طیفی آن‌ها و تصویر طبقه‌بندی را به محیط نرم‌افزاری ArcMap انتقال داده و پس محاسبه مساحت و مقایسه مساحت خاک‌های متأثر از شوری خاک در محیط GIS و مقایسه با داده‌های واقعیت زمینی چنین نتیجه‌گیری شد که روش نقشه‌برداری زاویه طیفی (SAM) روشی کارآمد در طبقه‌بندی خاک‌های شور منطقه است. تجزیه شیمیایی و فیزیکی نمونه‌های خاک و شناسایی نوع کانی و مطالعه طیف نمونه‌ها به‌عنوان داده‌های واقعی زمینی و ارتباط آن با داده‌های تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی

قرار گرفت. بسیاری از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تأثیر نوع و مقدار کانی‌ها است. تعیین نوع کانی با استفاده از XRD به‌آسانی امکان‌پذیر است.

مطالعات طیف تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهد که تغییرات شوری علاوه بر کیفیت نامطلوب آب زیرزمینی تحت تأثیر رسوبات آبرفتی حمل شده از کوه‌های اطراف با جنس کانی‌های تبخیری نیز است و موجب از بین رفتن خاک مرغوب منطقه شده است. از مقایسه نقشه‌های شوری خاک چنین نتیجه‌گیری می‌شود که مساحت کلی شوری خاک در تصویر سال ۲۰۱۷ نسبت به سال ۲۰۰۰ تغییرات گسترده‌ای داشته است و مساحت اراضی شور (با هدایت الکتریکی بیش از ۴ دسی‌زیمنس بر متر) منطقه از

- تجزیه و تحلیل عوارض توپوگرافی. سنجنش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۸(۱): ۳۶-۵۱.
۵. خادمی، ف.، ح. پیرخراطی و س. شاه کرمی. ۱۳۹۳. مطالعه روند افزایش خاک‌های شور اطراف دریاچه ارومیه با استفاده از GIS و RS. علوم زمین (زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست)، ۲۴(۹۴): ۹۳-۹۸.
۶. خیامیم، ف.، ح. خادمی، ب. استنبرگ و ی. ویتربند. ۱۳۹۴. قابلیت روش طیف‌سنجی مرئی-مادون قرمز نزدیک در پیش‌بینی چند ویژگی شیمیایی خاک‌های استان اصفهان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم آب و خاک)، ۱۹(۷۲): ۸۱-۹۲.
۷. سلمان‌پور، آ.، م. ح. صالحی، ج. محمدی و م. نادری. ۱۳۹۵. کاربرد داده‌های ماهواره‌ای لندست در بررسی روند گسترش شوری اراضی کشاورزی حاشیه دریاچه بختگان، استان فارس. مدیریت خاک و تولید پایدار، ۶(۱): ۱۷۷-۱۹۰.
۸. عبدالعظیمی، ه.، ک. علوی پناه، م. ح. مهدیان، ح. ر. متین فر، ا. پذیرا و م. ح. مسیح آبادی. ۱۳۸۹. شناسایی خاک‌های شور با تحلیل طیفی داده‌های سنجنده LISS-III و داده‌های میدانی مطالعه موردی: استان فارس (دریاچه طشک و بختگان). زمین‌شناسی ایران، ۴(۱۳): ۷۵-۸۸.
۹. محمدزاده، ک. و ب. فیضی‌زاده. ۱۳۹۶. مدل‌سازی اثرات خشکی دریاچه ارومیه بر روند گسترش شوری در اراضی کشاورزی حاشیه شرقی دریاچه با استفاده از تکنیک فازی شیء‌گرا. سنجنش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۸(۳): ۵۶-۷۲.
۱۰. مؤمنی، ع. ۱۳۸۹. پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری منابع خاک ایران. پژوهش‌های خاک (ویژه شوری)، ۲۴(۳): ۲۰۳-۲۱۵.
۱۱. نوحه‌گر، ا. و غ. ر. زارع. ۱۳۹۱. استخراج پهنه‌های شوری خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک با استفاده از داده‌های سنجنش از دور (مطالعه موردی: شهرستان داراب). جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱(۱): ۴۹-۶۴.
12. Abbas A, Khan S, Hussain N, Hanjra MA, Akbar S. 2013. Characterizing soil salinity in irrigated agriculture using a remote sensing approach. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 55: 43-52.
13. Alavi Panah S, Goossens R. 2001. Relationship between the Landsat TM, MSS data and soil salinity. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 3: 21-31.
- ۱۶۰۰ هکتار به ۶۵۰۰ هکتار در سال ۲۰۱۷ رسیده است. بدین معنی که در طول ۱۷ سال مساحت خاک‌های شور ۴ برابر افزایش پیدا کرده است و اگر این روند ادامه پیدا کند در آینده نزدیک بخش وسیعی از زمین‌های کشاورزی را از عرصه تولید خارج می‌کند.
- نتایج کلی تحقیق عبارت است از؛ روش نقشه‌برداری طیفی روشی کارآمد برای نقشه‌برداری مناطق خاک شور با توجه به انطباق با واقعیت‌های زمینی، تشخیص داده شد. مساحت خاک‌های شور از ۱۶۰۰ هکتار در سال ۲۰۰۰ میلادی به ۶۵۰۰ هکتار در سال ۲۰۱۷ میلادی و در یک بازه زمانی ۱۷ ساله رسیده است. ویژگی طیفی خاک‌های شور با خاک‌های غیر شور مشابه است، اما در میزان جذب و بازتاب متفاوت می‌باشند. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده حتی‌الامکان سعی شود زمان نمونه‌برداری مطابق با زمان تصویربرداری، مزارع عاری از پوشش گیاهی باشد. استفاده از لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS مانند کاربری اراضی و سطح سفره آب زیرزمینی، نوع پوشش گیاهی در یک دوره زمانی کمک شایانی در تهیه نقشه پایش شوری خاک و پیش‌بینی پیشرفت شوری‌زایی در یک منطقه می‌گذارد.

## منابع مورد استفاده

۱. امینی، د.، م. توکلی و م. رستمی‌نیا. ۱۳۹۶. پهنه‌بندی و بررسی روند شوری خاک با استفاده از تکنیک‌های سنجنش از دور و آنالیز زمین‌آماري (مطالعه موردی: شادگان، خوزستان). پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۷(۴): ۲۴-۳۴.
۲. ثنائی‌نژاد، ح.، ع. آستارایی، م. قائمی و پ. میرحسینی. ۱۳۹۰. بررسی قابلیت تصاویر ماهواره لندست ETM<sup>+</sup> در مطالعات شوری خاک (مطالعه موردی: نیشابور). پژوهش‌های زراعی ایران، ۹(۳): ۳۴۸-۳۵۵.
۳. جباری، م.، م. ح. صحرائی، ع. احمدی و م. کشاورز. ۱۳۹۱. بررسی محدودیت‌های کمی و کیفی توسعه بهره‌وری از منابع آب دشت زاهدان-فسا. مهندسی منابع آب، ۵(۱۲): ۷۹-۸۵.
۴. حبشی، خ.، ح. ر. کریم‌زاده و س. پورمنافی. ۱۳۹۶. ارزیابی شوری خاک در شرق اصفهان بر پایه داده‌های سنجنده OIL و

14. Al-Senafy M, Abraham J. 2004. Vulnerability of groundwater resources from agricultural activities in southern Kuwait. *Agricultural Water Management*, 64(1): 1-15.
15. Dutkiewicz A, Lewis M, Ostendorf B. 2009. The suitability of airborne hyperspectral imagery for mapping surface indicators of salinity in dryland farming areas. In: *Remote sensing of soil salinization Impact on Land Management*. CRC Press, United states, pp 93-112.
16. Farifteh J, Van der Meer F, Van der Meijde M, Atzberger C. 2008. Spectral characteristics of salt-affected soils: A laboratory experiment. *Geoderma*, 145(3-4): 196-206.
17. Gupta RP. 2017. *Remote Sensing Geology*. 3 edn. Springer Berlin Heidelberg, 428 pp.
18. Hillel D. 2000. *Salinity Management for Sustainable Irrigation*. Salinity Management for Sustainable Irrigation. Integrating Science, Environment, and Economics, World Bank Publications, 102 PP.
19. Hongyan C, Zhao G, Sun L, Wang R, Liu Y. 2016. Prediction of soil salinity using near-infrared reflectance spectroscopy with nonnegative matrix factorization. *Applied spectroscopy*, 70(9): 1589-1597.
20. Howari FM, Goodell PC, Miyamoto S. 2002. Spectroscopy of salts common in saline soils. In: *From laboratory spectroscopy to remotely sensed spectra of terrestrial ecosystems*. Springer, pp 1-20.
21. Kang Q, Yu R, Zhang Z, Zhao X. 2005. Remote sensing application of soil salinization based on multi-source images. In: *MIPPR 2005: Geospatial Information, Data Mining, and Applications*. International Society for Optics and Photonics, p 60452V.
22. Kruse FA, Lefkoff A, Boardman J, Heidebrecht K, Shapiro A, Barloon P, Goetz A. 1993. The spectral image processing system (SIPS)-interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data. *Remote sensing of environment*, 44(2-3): 145-163.
23. Momeni A. 2010. The geographic distribution of soil salinity levels in Iran. *Journal of Soil Research*, 24(3): 203-215.
24. Rao B, Sharma R, Ravi Sankar T, Das S, Dwivedi R, Thammappa S, Venkataratnam L. 1995. Spectral behaviour of salt-affected soils. *International Journal of Remote Sensing*, 16(12): 2125-2136.
25. Soltaninejad A, Ranjbar H, Honarmand M, Dargahi S. 2018. Evaporite mineral mapping and determining their source rocks using remote sensing data in Sirjan playa, Kerman, Iran. *Carbonates and Evaporites*, 33(2): 255-274.
26. Stoner ER, Baumgardner M. 1981. Characteristic Variations in Reflectance of Surface Soils 1. *Soil Science Society of America Journal*, 45(6): 1161-1165.
27. Wang Y, Li Y. 2013. Land exploitation resulting in soil salinization in a desert-oasis ecotone. *Catena*, 100: 50-56.
28. Wang Y, Li Y, Xiao D. 2008. Catchment scale spatial variability of soil salt content in agricultural oasis, Northwest China. *Environmental Geology*, 56(2): 439-446.
29. Wu W, Mhaimed AS, Al-Shafie WM, Ziadat F, Dhehibi B, Nangia V, De Pauw E. 2014. Mapping soil salinity changes using remote sensing in Central Iraq. *Geoderma Regional*, 2: 21-31.



## Change detection of soil salinity using remote sensing in Zahed Shahr, Fars province

R. Ranjbar<sup>1\*</sup>, H. R. Owliaie<sup>2</sup>, H. Ranjbar<sup>3</sup>, E. Adhami<sup>2</sup>

1. MSc. Student of Soil Science, Department of Agriculture, Yasouj University

2. Assoc. Prof. College of Soil Science, Department of Agriculture, Yasouj University

3. Prof. College of Mining Engineering, Department of Technical and Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 6 March 2018

Accepted 21 July 2018

Available online 21 November 2018

#### Keywords:

Spectroradiometer

Supervised classification

Spectral angle mapper

Soil salinity

Zahed Shahr

### ABSTRACT

Soil salinization is a predominant process in the degradation of arid and semi-arid soils that causes reduced the yield of crops, increases erosion and intensifies desertification. The Zahed Shahr studied area is located in the south and east of Fasa city, Fars province and in recent years the soil salinity has affected large areas of the farms and gardens in this area. The aim of this study was to evaluate the salinity changes of the soils during a 17 year period using Landsat 7 and 8 satellite images using the spectral angle mapping method. To do research, the salty soil spectra were extracted from satellite data and then using supervised classification the areas with salty soil were identified changes in salinity soils in ArcGIS software were investigated. Field studies, soil surface sampling, chemical analysis and spectral analysis of soil were performed by Spectroradiometer, and X-ray diffraction analysis for mineral identification was done. The results obtained from visible and shortwave infrared Spectroradiometer, and X-ray diffraction analysis showed the presence of evaporites minerals (calcite, halite, gypsum). By comparison with real ground data, the spectral angle mapper method was identified to be efficient in the classification of soil salinity. The results of the SAM method for a period of 17 years show four times spatial increase in soil salinity in this area. The area of saline soils has increased from 1600 hectares in 2000 to 6500 hectares in 2017.

\* Corresponding author e-mail address: royaranjbar68@gmail.com