



کاربرد داده‌های ماهواره‌ای لندست در بررسی روند گسترش شوری اراضی کشاورزی حاشیه دریاچه بختگان، استان فارس

*آناهید سلمان پور^۱، محمدحسن صالحی^۲، جهانگرد محمدی^۲ و مهدی نادری^۳

^۱دانش‌آموخته دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد، آستاد گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد،

^۲دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۸

چکیده

سابقه و هدف: شور شدن اولیه یا ثانویه اراضی از جمله قدیمی‌ترین مشکلات زیست‌محیطی بوده و یکی از عوامل اصلی تخریب اراضی و بیابان‌زایی است. شناسایی تغییرات خاک‌های متأثر از نمک، مسیر بعدی انتشار نمک و شوری‌زایی را مشخص می‌کند. پژوهش حاضر با هدف بررسی روند تغییرات شوری در اراضی کشاورزی حاشیه جنوبی دریاچه بختگان با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور در دو دهه اخیر انجام گردید.

مواد و روش‌ها: برای پژوهش حاضر، از داده‌های شوری موجود در گزارش‌های سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۰۷ استفاده شد و برای سال ۲۰۱۴، نمونه‌برداری انجام شد. نمونه‌برداری به صورت تصادفی و مرکب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک انجام شد. هدایت الکتریکی نمونه‌های خاک در عصاره ۱:۲/۵ خاک به آب اندازه‌گیری گردید. همچنین، تصاویر ماهواره لندست ۵ مربوط به سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۰۷ میلادی و لندست ۸ اخذ شده در سال ۲۰۱۴ استفاده شدند. همچنین ترکیب‌های بانندی کاذب برای هر سه سال با استفاده از نرم‌افزار ایلویس تهیه شد. برای به‌دست آوردن روابط بین مقادیر شوری و باندهای ماهواره‌ها ابتدا مقادیر رقومی به انعکاس اتمسفری تبدیل گردید و سپس ضرایب همبستگی و معادلات به‌دست آمد. برای تمام روش‌ها ۸۰ درصد داده‌ها برای آموزش مدل و ۲۰ درصد برای اعتبارسنجی استفاده شد. نقشه‌های شوری با استفاده از این روش‌ها تهیه، با یکدیگر مقایسه و بهترین مدل‌ها انتخاب گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد روش حداقل فاصله ماهالانویس با صحت عمومی ۶۲/۵ درصد برای سال ۱۹۹۵ و روش حداکثر احتمال با صحت ۴۴/۸ درصد برای سال ۲۰۱۴ بیش‌ترین دقت را برای تهیه نقشه شوری داشتند. برای سال ۲۰۰۷، معادله رگرسیونی خطی گام به گام صحت ۵۳/۸۵ درصد داشت در حالی‌که دقت تصاویر تهیه شده از ترکیب‌های بانندی کاذب برای این سال دارای صحت عمومی حدود ۲۵ درصد بود. خلاصه آماری هدایت الکتریکی در سه سال مورد مطالعه نشان داد در سال ۱۹۹۵ بیش از ۵۰ درصد اراضی منطقه دارای شوری کم‌تر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر هستند اما در سال ۲۰۱۴ بیش از ۵۰ درصد اراضی شوری بیش از ۴ دسی‌زیمنس بر متر دارند. همچنین مشاهده گردید روند گسترش شوری از مرکز دشت و اراضی اطراف دریاچه به سمت شهر نی‌ریز بوده است.

* مسئول مکاتبه: anahidsalmanpour@yahoo.com

نتیجه گیری: نتایج پژوهش حاضر نشان داد، در طول بیست سال از مساحت خاک‌های با شوری کم‌تر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر کاسته و بر مساحت خاک‌های با شوری بیشتر اضافه شده است و روند گسترش شوری از دریاچه به سمت شهر نیریز بوده است. به نظر می‌رسد با توجه به روند شور شدن اراضی، در صورت تداوم مدیریت‌های فعلی زراعی و باغداری در این منطقه و مناطق بالادست رودخانه کر، در مدت کوتاهی، باغ‌های احداث‌شده نیز از چرخه تولید اقتصادی خارج گردند. بنابراین، جلوگیری از گسترش خاک‌های شور و از بین رفتن مزارع کشاورزی و باغ‌های منطقه، همت جدی مسئولین را می‌طلبد.

واژه‌های کلیدی: گسترش شوری، تصاویر لندست، دریاچه بختگان

مقدمه

شور شدن اراضی، چه از منشأ طبیعی و چه ناشی از فعالیت بشر (۱۸)، از جمله قدیمی‌ترین مشکلات زیست‌محیطی است (۲۵) و یکی از عوامل اصلی تخریب اراضی و بیابان‌زایی است. مشکل شوری خاک و شوری‌زایی بیش‌تر مربوط به مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است که باعث بیابانی شدن زمین‌ها و کاهش کیفیت آن‌ها می‌شود (۲۴، ۱۸). از آن‌جا که بررسی تغییرات شوری خاک مخصوصاً در مناطق وسیع، مقرون به صرفه نبوده و یا زمان‌بر است، استفاده از روش‌هایی که با کمک آن سطوح گسترده‌ای را می‌توان پایش نمود مورد توجه پژوهشگران مختلف قرار گرفته است (۹، ۱۹). استفاده از فناوری‌های سنجنش از دور، در این راستا، دستیابی به اطلاعات را در مورد پدیده‌ها بدون تماس فیزیکی تسهیل ساخته است (۲۰، ۳۰، ۸، ۹، ۱۶، ۱).

اطلاع از وضعیت توزیع جغرافیایی خاک‌های متأثر از نمک، مسیر بعدی انتشار نمک و شوری‌زایی را مشخص می‌کند و استفاده از تکنیک‌های سنجنش از دور در این راستا بسیار سودمند و کارآمد است (۲۲). از طرف دیگر، شوری‌زایی پدیده پویایی است و تغییرات انعکاس سطحی متأثر از آن را نمی‌توان تنها به یکی از ویژگی‌های خاک نسبت داد. با این‌که مطالعات زیادی در خصوص استفاده از تکنیک

سنجنش از دور در زمینه گسترش خاک‌های متأثر از نمک انجام شده است، اما هنوز باند طیفی جذبی مشخصی برای شرایط شوری شناخته و یا پیشنهاد نشده است (۷، ۲۱).

درویش‌صفت و همکاران (۲۰۰۱) برای بررسی امکان طبقه‌بندی اراضی شور پلایای حوض سلطان قم، از تصاویر لندست ۵ استفاده نمودند. نتایج ایشان همبستگی پایینی بین شوری خاک و درجات روشنایی^۱ تصاویر، در سطح ۵ درصد ($r=0/42$) نشان داد که با استفاده از تکنیک‌های بازسازی این همبستگی به سطح ۱ درصد ($r=0/54$) بهبود یافت (۱۰). ال‌خایر (۲۰۰۳) نشان داد شاخص شوری با نسبت $(b_4-b_5)/(b_4+b_5)$ حاصل از تصاویر ماهواره استر^۲ با ضریب تبیین^۳ ۰/۸۶ با مقادیر شوری ارتباط دارد و این شاخص به خوبی می‌تواند شوری خاک را در اراضی کشاورزی عاری از پوشش و اراضی در شرایط آیش شناسایی کند (۳). دهنی و لونیس (۲۰۱۲) باندهای قرمز و مادون‌قرمز را به‌عنوان شاخص مناسبی برای تخمین شوری خاک با دقت بالا بیان کردند (۱۱).

نادری و کریمی (۲۰۰۸) روند تغییرات شوری را در اراضی رودشت اصفهان واقع در قسمت انتهایی

1- Brightness

2- ASTER

3- Coefficient of Determination

(۴ تا ۸ دسی‌زیمنس بر متر)، شوری متوسط (۸ تا ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر)، شوری بسیار زیاد (۳۰ تا ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر) و بی‌نهایت شور افزایش یافته بود (۳۶).

تالاب بختگان در قسمت شمال‌غربی و غرب شهر نیریز استان فارس قرار دارد و از نظر وسعت، دومین دریاچه کشور محسوب می‌شود. سابقاً مردم این منطقه در زمین‌های اطراف دریاچه از طریق صیادی و کشت محصولات زراعی مانند برنج، گندم و باغ‌داری امرار معاش می‌کردند اما در دهه‌های اخیر، مدیریت‌های غلط در بخش کشاورزی و منابع طبیعی، صنعت و معدن به همراه تغییر اقلیم و کاهش بارندگی، وضعیت دریاچه و زمین‌های اطراف آن را به قهقرا کشانده است (۵). از این رو پژوهش حاضر با بررسی روند گسترش شوری در اراضی کشاورزی و باغی حاشیه جنوبی دریاچه بختگان با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور در دو دهه اخیر انجام گردیده است.

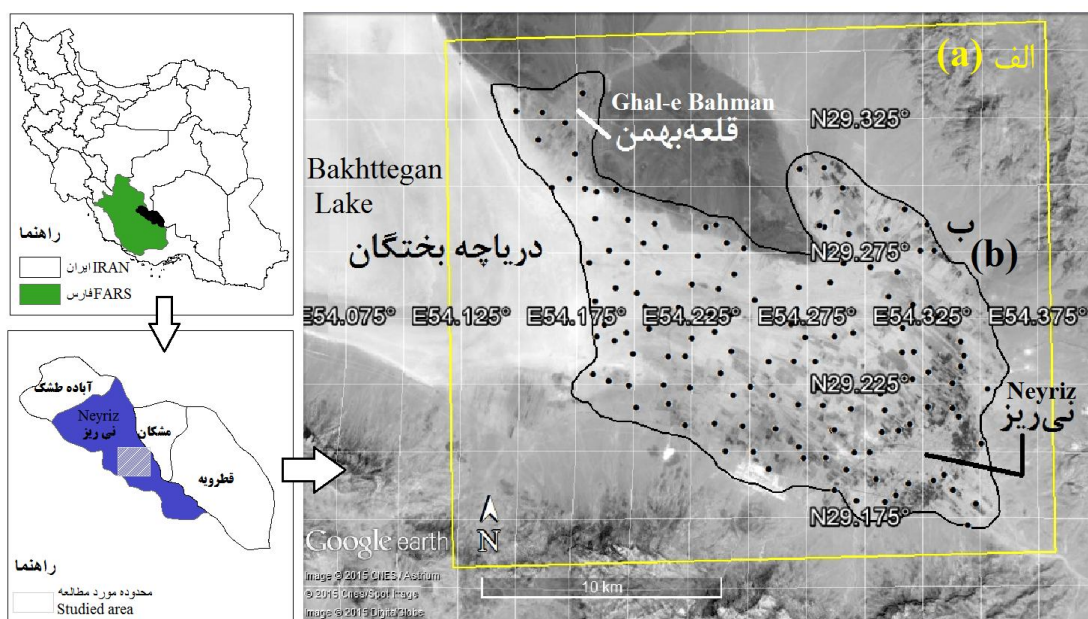
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه شامل اراضی حومه شهر نیریز و قسمت شرق دریاچه بختگان با وسعت حدود ۲۲۰ کیلومترمربع بین طول‌های جغرافیایی ۵۴ درجه و ۶ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۲۲ دقیقه و عرض‌های جغرافیایی ۲۹ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۲۲ دقیقه قرار دارد (شکل ۱). شهر نیریز با حدود ۶۰ هزار نفر جمعیت مرکز شهرستان نیریز حدود ۲۰۰ کیلومتری جنوب‌شرقی شیراز واقع شده است. ارتفاع این شهر از سطح دریا ۱۶۳۲ متر، میانگین سالانه بارندگی آن ۱۸۵ میلی‌متر و میانگین دمای آن ۱۹/۴ درجه سانتی‌گراد است. بر اساس داده‌های ایستگاه سینوپتیک نیریز رژیم رطوبتی منطقه اریدیک و رژیم حرارتی آن، ترمیک است (۱۵، ۳۸).

حوضه آبخیز زاینده‌رود در طی ۱۴ سال (۱۹۷۶ تا ۱۹۹۰) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست TM و MSS بررسی کردند. ایشان مشاهده کردند در طول این مدت، وسعت اراضی غیرشور تا شوری کم و شوری شدید به ترتیب ۵ و ۱۶ درصد کاهش یافته، در حالی که اراضی با شوری متوسط، ۲۰ درصد افزایش داشته است (۲۳).

یو و همکاران (۲۰۱۰) روند شوری را در طول ۱۴ سال (۱۹۹۱ تا ۲۰۰۵) در اراضی آبی جیفانگژا^۱ در چین با استفاده از تصاویر لندست TM و ETM⁺ بررسی کردند. طبق نتایج به دست آمده روند شوری در این منطقه رو به کاهش بوده و حداکثر میزان شوری خاک در منطقه ۱/۶ دسی‌زیمنس بر متر بود. همچنین ایشان نشان دادند نسبت حاصل تفریق باندهای ۵ و ۷ (مادون‌قرمز میانی) به حاصل جمع آن‌ها با ضریب تبیین ۰/۸ با شوری خاک ارتباط دارد (RMSE=۰/۰۵۷) (۳۷). پاک‌پرور و همکاران (۲۰۱۲) نیز با استفاده از تصاویر همین ماهواره مشاهده کردند در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۲ به مساحت اراضی با مقادیر شوری محدوده ۳۲-۱۰ و >۸۰ دسی‌زیمنس بر متر در شهرستان داراب اضافه و از مساحت اراضی با مقادیر دیگر شوری کاسته شده است (۲۷).

وو و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و به‌کارگیری تصاویر ماهواره لندست (TM و ETM⁺) دلیل تغییرات شوری در فلات مرکزی عراق را طی ۲۰ سال (۲۰۱۰-۱۹۹۰) شوری آب زیرزمینی و آب و هوای خشک منطقه، نوع کاربری و مدیریت اراضی اظهار کردند. به‌طورکلی در این مدت مقدار مساحت اراضی غیرشور (صفر تا ۴ دسی‌زیمنس بر متر) و شوری زیاد (۱۵ تا ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر) کاهش و اراضی با شوری کم



شکل ۱- الف) موقعیت منطقه مورد مطالعه و ب) منطقه نمونه برداری شده اراضی کشاورزی در استان فارس و کشور.

Figure 1. a) studied area and b) sampled area in Fars Province and Iran.

داده‌های ماهواره‌ای: برای بررسی تغییرات شوری، تصاویر ماهواره لندست ۵ مربوط به سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۰۷ میلادی و لندست ۸ مربوط به سال ۲۰۱۴ میلادی با مسیر و ردیف ۱۶۱ و ۴۰ از سایت GloVis تهیه شدند. محدوده مورد مطالعه از فریم تصویر کامل ماهواره‌ای جدا شد. بارزسازی تصاویر با استفاده از نرم‌افزار ایلویس ۳.۳، با تکنیک‌های نسبت بانندی^۱ و ترکیب کاذب رنگی^۲ انجام شد. برای سال ۲۰۱۴ علاوه بر روش‌های بالا از روش مولفه‌های اصلی (۳۴) نیز استفاده گردید. برای به‌دست آوردن شاخص مطلوب^۳ جدول ماتریس همبستگی به‌دست آمد و مشخص شد برای تصاویر لندست ۵ باندهای ۴، ۵ و ۶ و برای لندست ۸ باندهای ۶، ۷ و ۱ دارای کم‌ترین همبستگی و بیش‌ترین واریانس نسبت به سایر باندها می‌باشند. هرچه همبستگی بین باندها کم‌تر باشد بازتاب

نمونه‌برداری و تجزیه‌های آزمایشگاهی: داده‌های هدایت الکتریکی خاک برای سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۰۷ میلادی، به‌ترتیب از اطلاعات نقشه شوری خاک از گزارش خاک‌شناسی اجمالی دشت نی‌ریز (۱۵) با ۷۸ نقطه مشاهده‌ای و گزارش تناسب اراضی خاک‌های گچی استان فارس (۳۸) با ۱۴ نقطه مشاهده‌ای مورد استفاده قرار گرفتند. برای طبقه‌بندی تصاویر سال ۲۰۱۴ تعداد ۱۴۱ نمونه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک به‌صورت تصادفی در اسفند ۲۰۱۴ جمع‌آوری شد. در هر نقطه نمونه‌برداری به‌صورت مرکب انجام شد به این صورت که در هر نقطه به‌صورت شعاعی و با فواصل حدود ۲۵ متر از نقطه مرکزی در سه جهت نمونه سطحی برداشت شد و با خاک نقطه مرکزی مخلوط گردید. نمونه‌های خاک هوا خشک، خرد و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. میزان شوری در عصاره ۱:۲/۵ خاک به آب اندازه‌گیری شد (۳۳).

1- Band Ratio

2- False Color Composite (FCC)

3- Optimum Index Factor (OIF)

برای اعتبارسنجی مدل‌ها، ۸۰ درصد نمونه‌ها برای آموزش و ۲۰ درصد نقاط برای اعتبارسنجی مورد استفاده قرار گرفتند. به این صورت که در ابتدای کار ۲۰ درصد داده‌ها جدا و برای اعتبارسنجی کنار گذاشته شد. سپس برای ۸۰ درصد باقی‌مانده بهترین مدل‌ها به دست آمد و نقشه‌های شوری با استفاده از آن‌ها تهیه گردید. مقادیر تخمین زده شوری توسط این مدل‌ها برای ۲۰ درصد داده‌ها در مقابل مقادیر واقعی قرار داده شد. همچنین، دقت نقشه‌ها با محاسبه صحت عمومی^۱ به دست آمد. در نهایت نقشه‌های به دست آمده با یکدیگر مقایسه و دقیق‌ترین آن‌ها، انتخاب گردید.

مراحل انجام کار در شکل ۲ نشان داده شده است.

نتایج و بحث

با توجه به این‌که استفاده از شاخص مطلوب در تصاویر ماهواره‌ای، دقت طبقه‌بندی را افزایش می‌دهد (۲۸)، بهترین ترکیب باندی با بالاترین شاخص مطلوب برای سال‌های مورد مطالعه (جدول ۱) برای تهیه نقشه شوری به روش نظارت‌شده انتخاب گردید.

مقادیر ضریب همبستگی پیرسون بین مقادیر شوری و درجه روشنایی باندها و شاخص‌های مختلف در جدول ۲ ارائه شده است. همبستگی معنی‌داری بین مقادیر شوری سال ۱۹۹۵ و مقادیر انعکاس اتمسفری باندهای مرئی (R و B، G)، مادون قرمز نزدیک (NIR) و باندهای مادون قرمز میانی (MIR) در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. همچنین شاخص‌های شوری (SI₁₋₃) ناشی از باندهای قرمز، سبز و مادون قرمز نزدیک همبستگی معنی‌داری با شوری خاک در سطح ۰/۰۱ داشتند.

طیفی آن‌ها از تباین^۱ بهتری برخوردار است، که بهترین تصویر ترکیب مجازی رنگی از این باندها با بیش‌ترین واریانس قابل تهیه است (۲۹، ۳۱). به همین دلیل، نمونه‌برداری از ارزش طیفی پیکسل‌های تصاویر با توجه به بازتاب طیفی تصاویر رنگی کاذب انجام شد.

برای به دست آوردن روابط بین مقادیر شوری و باندهای ماهواره‌های متفاوت لازم بود ابتدا مقادیر رقومی^۲ از طریق رابطه‌های ۱ و ۲ به انعکاس اتمسفری^۳ برای سنجنده‌های متفاوت (لندست ۵ و ۸) تبدیل شود (۶).

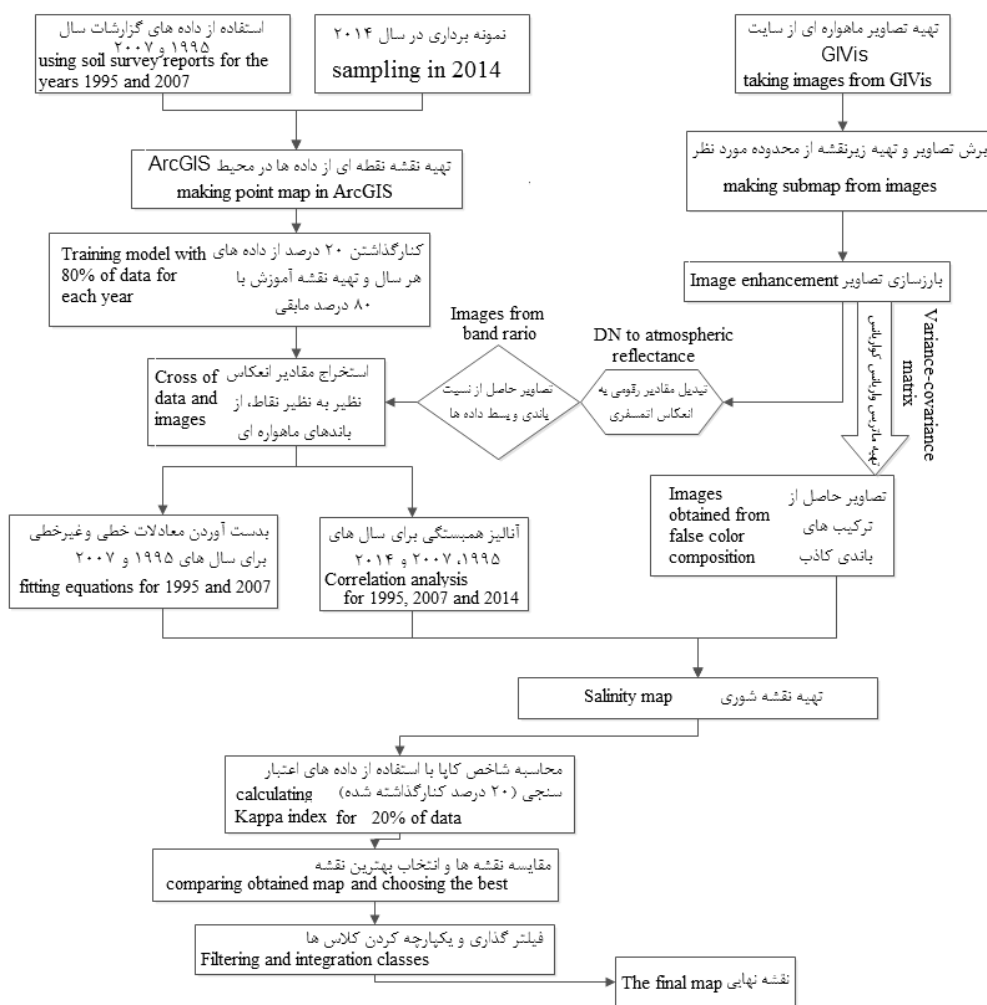
$$L_{\lambda} = \left(\frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{Q_{calmax}} \right) Q_{cal} + LMIN_{\lambda} \quad (1)$$

$$\rho_p = \frac{\pi \times L_{\lambda} \times d^2}{ESUN_{\lambda} \times \cos \theta_s} \quad (2)$$

سپس آزمون همبستگی و رگرسیون خطی و غیرخطی بین مقادیر شوری و مقادیر انعکاس اتمسفری باندها و همچنین مقادیر شاخص‌های مختلف برای هر سه سال ۱۹۹۵، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۴ (جدول ۲)، به دست آمد (۱۲، ۱۷، ۴). سپس از روش‌های حداقل فاصله^۴، حداکثر احتمال^۵، حداقل فاصله ماهالانوبیس^۶ و متوازی‌السطوح^۷ برای طبقه‌بندی کلاس‌های شوری استفاده گردید. برای سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۰۷ نقشه شوری از شاخص‌های متفاوت (جدول ۲) نیز به دست آمد و نقشه‌ها، کلاس‌بندی و اعتبارسنجی گردید.

- 1- Contrast
- 2- Digital value
- 3- Atmospheric Reflectance
- 4- Minimum distance
- 5- Maximum likelihood
- 6- Minimum mahalanobis distance
- 7- Box classifier

8- Overall Accuracy



شکل ۲- مراحل انجام کار.

Figure 2. Work steps.

جدول ۱- مقادیر شاخص مطلوب برای بهترین ترکیب باندی برای سال‌های مورد مطالعه.

Table 1. Optimum Index Factor (OIF) for the best band combinations in studied years.

اولویت اول	اولویت دوم	اولویت سوم	اولویت چهارم	سال
First priority	Second priority	Third priority	Forth priority	Year
شاخص ترکیب باندی	شاخص ترکیب باندی	شاخص ترکیب باندی	شاخص ترکیب باندی	
Band composition	Band composition	Band composition	Band composition	
OIF	OIF	OIF	OIF	
456	467	201.03	346	1995
456	467	201.03	346	2007
567	267	2640.65	467	2014

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین مقادیر هدایت الکتریکی خاک، انعکاس اتمسفری باندها و شاخص‌ها.

Table 2. Correlation coefficient between EC data, atmospheric reflectance of bands and DN of indices.

سال Year					معادله Equations	باندها و شاخص‌ها Bands and Indices
2014	2014	تمام نمونه‌ها Total samples	2007	1995		
خاک با Soil with EC>16 (dSm ⁻¹)	خاک با Soil with EC>8 (dSm ⁻¹)					
0.119	0.043	0.136	0.681**	0.570**	-	B
0.099	0.022	0.140	0.561*	0.476**	-	G
0.105	0.027	0.155	0.241	0.396**	-	R
0.057	-0.042	0.114	0.480	0.364**	-	NIR
-	-	-	0.336	0.449**	-	NIR
0.024	-0.053	0.116	-	-	-	SWIR 1
0.123	0.017	0.150	-	-	-	SWIR 2
-	-	-	0.362	0.052	-	TIRS
-	-	-	0.384	0.485**	-	MIR
-0.027	-0.019	0.120	-	-	-	TIRS1
0.049	-0.011	0.105	-	-	-	TIRS2
0.039	-0.124	0.031	0.532*	0.425**	$\sqrt{G \times R}$	SI1
-0.002	-0.157	0.021	0.519	0.435**	$\sqrt{G^2 + R^2 + NIR^2}$	SI2
0.042	-0.124	0.031	0.526	0.453**	$\sqrt{G^2 + R^2}$	SI3
0.378	0.232	0.114	0.308	0.114	$\sqrt{(R - NIR)/(R + NIR)}$	NDSI
-0.378	-0.232	-0.114	-0.308	-0.114	$\sqrt{(NIR - R)/(NIR + R)}$	NDVI
-	-	0.007	-	-	-	PCA1
-	-	-0.147	-	-	-	PCA2
-	-	-0.064	-	-	-	PCA3
-	-	0.070	-	-	-	PCA4

** و * به ترتیب بیانگر معنی دار بودن در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد می‌باشند.

حروف B, G, R, NIR, SWIR, TIR و MIR به ترتیب معرف باندهای آبی، سبز، قرمز، مادون قرمز نزدیک، مادون قرمز با طول موج کوتاه، مادون قرمز حرارتی و مادون قرمز میانی هستند. SI: Salinity Index; شاخص شوری (۱۲، ۱۷، ۱۶، ۱، ۴)، NDSI: شاخص شوری نرمال شده و NDVI: شاخص پوشش گیاهی (۲۶).

* and ** Correlation is significant at 0.01 (P<0.01) and 0.05 levels (P<0.05), respectively.

B, G, R, NIR, SWIR, TIR and MIR are Blue, Green, Red, Near Infra-Red, Short Wave Infra-Red, Thermal Infra-Red and Middle Infra-Red bands, respectively. SI: Salinity Index, NDSI: Normalized Difference Salinity Index; and NDVI: Normalized differential vegetative index.

علوی پناه و گوسنز (۲۰۰۱) نیز با بررسی وضعیت پراکنش شوری در پلاهای اردکان یزد اظهار کردند وجود گچ در خاک‌ها همبستگی بین نمک و باندهای انعکاسی را کاهش می‌دهد و وقتی خاک‌های غیرشور حذف شدند همبستگی افزایش یافت. نتایج آن‌ها نشان داد وقتی شوری به بیش از حد آستانه تحمل گیاه می‌رسد همبستگی قوی‌تر می‌گردد (۲).

با توجه به جدول‌های ۲ و ۳ مشاهده می‌گردد بالاترین ضریب همبستگی و ضریب تبیین مربوط به مقادیر شوری با باند آبی و سبز است. اسکودیرو و همکاران (۲۰۱۴) و ونگ و همکاران (۲۰۱۰) نیز بیش‌ترین همبستگی را بین مقادیر شوری با باند آبی لندست ۷ به‌دست آوردند که در این معادلات نیز وارد گردیده است (۳۲، ۳۵).

برای داده‌های سال ۲۰۰۷ باندهای آبی و سبز همبستگی معنی‌داری به‌ترتیب در سطوح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ با شوری در این سال نشان دادند. همچنین شاخص شوری (SI_1) همبستگی معنی‌داری با شوری در این سال نشان داد. در سال ۲۰۱۴ برای هیچ‌کدام از باندها و شاخص‌ها همبستگی معنی‌دار وجود نداشت. مقادیر رقومی نقشه‌های حاصل از روش‌های تجزیه مؤلفه‌های اصلی از داده‌های سال ۲۰۱۴ نیز با مقادیر شوری همبستگی نداشتند. به همین دلیل برای تهیه نقشه شوری برای این سال مدل جدیدی ارائه نگردید. اسکودیرو و همکاران (۲۰۱۴) میزان همبستگی بین مقادیر شوری خاک و باندهای لندست ۷ را به ویژگی‌های خاک و میزان بارندگی فصلی و زمان نمونه‌برداری خاک نسبت دادند و دریافتند میزان این همبستگی در خاک‌های با بافت ریز، کم‌تر است (۳۲).

جدول ۳- معادلات به‌دست آمده بین مقادیر شوری و مقادیر انعکاس اتمسفری باندها (سال ۱۹۹۵ و ۲۰۰۷).

Table 3. Equations for EC and atmospheric reflectance bands (1995 and 2007).

سال	شماره	معادله	R ²	RMSE
Year	No.	Equations		
1995	1	$EC (dSm^{-1}) = -1832.56 \times B + 3024.67 \times G - 84.50$	0.54	9.82
1995	2	$EC (dSm^{-1}) = 0.004 \times B^3 + 6 \times 10^{-7} \times B + 0.111$	0.44	7.76
1995	3	$EC (dSm^{-1}) = \log(0.079 \times B) + 0.115$	0.42	8.22
2007	4	$EC (dSm^{-1}) = 356.20 \times B - 115.46 \times G - 2.99$	0.70	3.21

به‌ترتیب B, G و مقادیر انعکاس اتمسفری باند آبی و سبز است.

B and G are reflectance atmospheric of Blue and Green bands, respectively.

روش‌های به‌کار رفته داشتند. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد، معادلات به‌دست آمده برای سال ۱۹۹۵، نقشه شوری با صحت عمومی بالا نداشتند. این معادلات بیش‌تر اراضی قسمت شرقی منطقه را در کلاس "شوری شدید" و "بی‌نهایت شور"

محاسبات صحت عمومی برای روش‌های متفاوت (جدول ۴) نشان می‌دهد برای سال ۱۹۹۵، روش حداقل فاصله ماه‌الانوبیس با صحت کلی ۶۲/۵ درصد و برای سال ۲۰۱۴ روش حداکثر احتمال با ۴۴/۸ درصد بیش‌ترین دقت را در بین

وجود گچ در نمونه خاک‌های منطقه و جذب گچ در ناحیه مادون قرمز میانی (حرارتی) می‌تواند در این مورد مؤثر باشد. مشکل اندازه پیکسل و اندازه نمونه مزید بر علت است. در حالی که نمونه‌های مرکب خاک از مساحت‌های کوچکی برداشت شدند و مشخص کردن پیکسل خالص^۲ از نظر شوری در منطقه بسیار دشوار است. مخلوط بودن^۳ پیکسل‌ها نیز در میزان صحت نقشه مؤثر بوده است (۲۱). به‌علاوه با توجه به این که حساسیت باندهای مورد استفاده در حد سطح خاک است و نمونه‌برداری‌های این پژوهش تا عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک و نمونه‌برداری گزارش‌های خاک‌شناسی مورد استفاده از لایه سطحی خاک بوده است، احتمال می‌رود یکی از دلایل دقت پایین نقشه‌های به‌دست آمده عمق نمونه‌برداری باشد.

نقشه‌های تهیه شده با استفاده از بهترین مدل تخمین‌گر در شکل ۲ آمده است. همچنین مقادیر خلاصه آماری مقدار هدایت الکتریکی برای سال‌های ۱۹۹۵، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۴ در جدول ۱ آمده است. جدول نشان می‌دهد در سال ۱۹۹۵ بیش از ۵۰ درصد خاک‌های منطقه شوری زیر ۲ دسی‌زیمنس بر متر داشته‌اند در حالی که این مقدار خاک‌ها در سال ۲۰۰۷ شوری زیر ۸ و در سال ۲۰۱۴ شوری زیر ۴ دسی‌زیمنس بر متر داشته‌اند. این نتایج نشان می‌دهد در سال ۲۰۱۴ حدود ۵۰ درصد خاک‌های منطقه شوری بیش از ۴ دسی‌زیمنس بر متر دارد.

تقسیم‌بندی کردند. نتایج آزمایشگاهی نشان می‌دهد خاک‌های این منطقه دارای مقدار گچ زیاد (بیش‌تر از ۵۰ درصد) است. مترنیک و زینک (۲۰۰۳) نشان دادند در شرایط آزمایشگاهی، زمانی که کانی گچ و نمک خشک است، باند مادون قرمز میانی به دلیل وجود یون OH در ساختار یون سولفات، قادر به شناسایی این آنیون از کلراید است اما در شرایط صحرایی به دلیل وجود آب هیگروسکوپیک در کانی‌های نمکی یا وجود آب در کانی‌های تازه نمک، جذب طیفی در قسمت مادون قرمز میانی اتفاق می‌افتد و امضای طیفی^۱ نمک و گچ نزدیک شده؛ تفکیک این دو کانی توسط مدل مشکل و خطای مدل بالا می‌رود (۲۱). داکتی ویکز و همکاران (۲۰۰۸) نیز اظهار کردند یکی از دلایل پایین بودن دقت مدل در اراضی شور وجود گچ در خاک است (۱۳). علوی پناه و گوسنز (۲۰۰۱) نیز نشان دادند وجود گچ در خاک نقش مهمی در کاهش همبستگی شوری، انعکاس سطحی خاک و کاهش دقت مدل در تخمین مقادیر شوری دارد (۲).

نقشه تهیه‌شده از معادله رگرسیونی برای سال ۲۰۰۷، دارای صحت کلی برابر با ۵۳/۸۵ درصد بود. همان‌گونه که مشاهده می‌شود استفاده از روش رگرسیون گام‌به‌گام توانست دقت تصاویر را در مقایسه با سایر روش‌ها برای تخمین میزان شوری به میزان چشم‌گیری افزایش دهد (جدول ۴). پایین بودن صحت نقشه‌های تهیه‌شده دلایل متفاوتی می‌تواند داشته باشد. علوی پناه و گوسنز (۲۰۰۱) پایین بودن صحت کلی مدل را به اثر شرایط سطح زمین مانند رطوبت خاک و مرحله رشد گیاه بر انعکاس سطح خاک نسبت داده‌اند (۲). علاوه بر این

2- End member

3- Mixed

1- Spectral Signature

جدول ۴- مقادیر صحت عمومی نقشه‌های تهیه‌شده با روش‌های مورد مطالعه.

Table 4. Overall accuracy of obtained maps by studied methods.

نقشه به‌دست‌آمده از معادلات (Maps obtained from equation)				حداقل فاصله	حداقل فاصله ماهالانوبیس	متوازی‌السطوح Box classifier	حداکثر احتمال	سال
معادله ۴ Equation 4	معادله ۳ Equation 3	معادله ۲ Equation 2	معادله ۱ Equation 1	Minimum distance	Minimum Mahalanobis distance	Box classifier	Maximum likelihood	Year
-	25	43.75	12.5	38.89	62.5	50	56.25	1995
53.85	-	-	-	25	25	25	25	2007
-	-	-	-	24.14	31.03	20.70	44.83	2014

جدول ۵- خلاصه آماری هدایت الکتریکی در سال‌های مورد مطالعه.

Table 5. Statistical description of Electrical Conductivity in studied years.

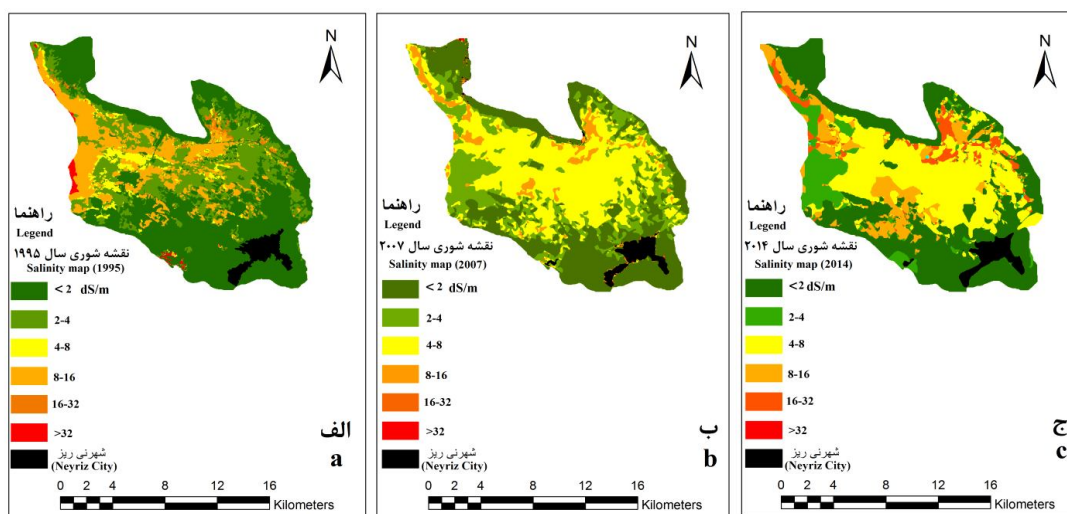
			سال Year	ویژگی آماری Descriptive statistics
2014	2007	1995		
6.07	6.9	10.03		میانگین Average
32.20	16.70	127.8		بیشینه Maximum
0.14	0.64	0.2		کمینه Minimum
7.33	5.38	26.84		انحراف معیار Standard Deviation
0.89	0.89	0.40	25	چارک Quartile
3.2	8.01	1.75	50	
7.76	10.88	7.66	75	

دسی‌زیمنس بر متر است گسترش بیشتری داشته‌اند. تغییر کاربری اراضی از زراعت گندم و جو به باغ و کشت درختان مقاوم مانند انار و پسته در منطقه مورد مطالعه توسط کشاورزان نیز این روند را تأیید می‌کند. از نقشه‌های به‌دست آمده همچنین استنباط می‌گردد شوری بیشتر در قسمت‌های مرکزی دشت و اراضی اطراف دریاچه بختگان گسترش یافته است و اراضی قسمت قلعه‌بهمن و اراضی اطراف شهر نی‌ریز هنوز دارای شوری پایین (کم‌تر از ۴ دسی‌زیمنس بر

با وجودی که نقشه‌های به‌دست آمده (شکل ۳) دارای دقتی کم‌تر از ۶۰ درصد هستند، تفسیر چشمی نقشه‌ها نیز نشان می‌دهد از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۴ شوری به مقدار چشم‌گیری افزایش داشته است. به‌طوری‌که در سال ۱۹۹۵ بیش از ۷۰ درصد از مساحت منطقه شوری زیر ۴ دسی‌زیمنس بر متر داشتند در حالی‌که مساحت این اراضی در سال ۲۰۱۴ به کم‌تر از ۵۰ درصد از مساحت منطقه رسیده است. در این میان اراضی که دارای شوری ۴ تا ۸

مقایسه نقشه‌های شوری نشان می‌دهد، در طول این دوره مقدار گستره مساحت خاک‌ها با شوری‌های متفاوت با روندهای متفاوتی تغییر کرده است. گوتیز و جانسون (۲۰۱۰) اظهار داشتند به دلیل تغییر آب و هوا گسترش نمک تغییرات یکنواختی ندارد و می‌تواند طی یک دوره زمانی با افزایش یا کاهش بارندگی گستره نمک افزایش یا کاهش یابد (۱۴).

متر) هستند. پاک‌پرور و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند، در دشت داراب فارس که حدود ۱۲۰ کیلومتری جنوب نیریز قرار دارد در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۲ اراضی با شوری ۴ تا ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر ۴۱ درصد و اراضی با شوری بالا (۳۲-۱۰ و >80 دسی‌زیمنس بر متر) ۱۵ و ۲۲ درصد افزایش داشتند (۲۷).



شکل ۳- نقشه گسترش شوری در سال‌های ۱۹۹۵ (الف)، ۲۰۰۷ (ب) و ۲۰۱۴ (ج) در منطقه نیریز.

Figure 3. Salt distribution in a) 1995 b) 2007 and c) 2014 in Neyriz region.

نقشه‌های به‌دست آمده نشان داد در طول بیست سال از مساحت خاک‌های با شوری کم‌تر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر کاسته و بر مساحت خاک‌های با شوری بالاتر اضافه شده است و روند گسترش شوری از مرکز و اطراف دریاچه به سمت شهر نیریز بوده است. به نظر می‌رسد با توجه به روند شور شدن اراضی، در صورت تداوم مدیریت‌های فعلی زراعی و باغداری در این منطقه و مناطق بالادست رودخانه کر، در مدت کوتاهی، باغ‌های احداث شده نیز از چرخه تولید اقتصادی خارج گردند. پیشنهاد می‌شود پایش زمانی وضعیت شوری اراضی و پیش‌بینی روند گسترش شوری در آینده با استفاده از تکنیک‌های مدل‌سازی، انجام شود.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد روش حداقل فاصله ماه‌آلانیویس برای سال ۱۹۹۵، حداکثر احتمال برای سال ۲۰۱۴ و معادله رگرسیونی خطی برای سال ۲۰۰۷ بیش‌ترین صحت عمومی را برای تخمین میزان شوری داشتند. پایین بودن دقت کلی نقشه‌های به‌دست آمده می‌تواند به دلایل متفاوتی از قبیل شرایط سطح زمین، مرحله رشد گیاهان، مقدار رطوبت خاک، عمق نمونه‌برداری و وجود گیج در خاک‌های منطقه نسبت داده شود. بنابراین این پژوهش پیشنهاد می‌کند احتمال افزایش دقت مدل با استفاده از روش‌های دیگر مانند طبقه‌بندی‌های نرم انجام گیرد.

منابع

1. Abbas, A., Khan, S., Hussain, N., Hanjra, M.A., and 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.
2. Alavi Panah, S.K., and Goossens, R. 2001. Relationship between the Landsat TM, MSS DATA and soil salinity. *J. Agric. Sci. Technol.* 3: 21-31.
3. Al-Khaier, F. 2003. Soil salinity detection using satellite remote sensing. M.Sc. Thesis, ITC. Netherlands, 70p.
4. Allbed, A., Kumar, L., and Aldakheel, Y.Y. 2014. Assessing soil salinity using soil salinity and vegetation indices derived from IKONOS high-spatial resolution imageries: Applications in a date palm dominated region. *Geoderma*. 230: 1-8.
5. As'adi, R., Sardashti, M., Karami, M., and Golzar Khoram, T. 2010. Survey Report of Tashk, Bakhtegan and Maharlu lakes. Iran Water Resources Management Company. Ministry of Energy, 17p. (In Persian)
6. Chander, G., and Markham, B.L. 2003. Revised Landsat-5 TM radiometric Calibration Procedures, and Postcalibration Dynamic Ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 41: 11. 2674-2677.
7. Csillag, F., and Pásztor, L. 1993. Spectral band selection for the characterization of salinity status of soils. *Remote Sensing of Environment*. 43: 231-242.
8. Dadrasi, A.Gh., Yamani, M., Pak-Parvar, M., and Davarzani, Z. 2007. Evaluation of the Changes of Soil Salinity in South East of Sabzevar Arid Zones by Using the Remote Sensing Datum and GIS. *Geograph. Dev. Iran. J.* 7: 173-184. (In Persian)
9. Daempanah, R., Haghnia, Gh., Alizadeh, A., and Karimi, A. 2011. Mapping Salinity and Sodicity of Surface Soil by Remote Sensing and Geostatistic Methods in South Side of Mah Valat County. *J. Water Soil*. 25: 3. 498-508. (In Persian)
10. Darvish Sefat, A.A., Damavandi, M.H., Jafari, M., and Zehtabian, GH.R. 2000. Investigation on the potential of digital Landsat TM-Data for soil salinity mapping. *Desert (Biaban)*. 5: 2. 27-36. (In Persian)
11. Dehni, A., and Lounis, M. 2012. Remote sensing techniques for salt-affected soil mapping: Application to the Oran Region of Algeria. *Procedia Engineering*. 33: 188-198.
12. Douaoui, A.E.K., Nicolas, H., and Walter, C. 2006. Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote-sensing data. *Geoderma*. 134: 1. 217-230.
13. Dutkiewicz, A., Lewis, M., and Ostendorf, B. 2008. The Suitability of airborne hyperspectral imagery for mapping surface indicators of salinity in dryland farming areas, P 91-113. In: G. Metternicht and J. Zinck (Eds.), *Remote sensing of soil salinization: Impact on land management*, CRC Press, Taylor & Francis Group, New York.
14. Gutierrez, M., and Johnson, E. 2010. Temporal variations of natural soil salinity in an arid environment using satellite images. *J. South Amer. Earth Sci.* 30: 46-57.
15. Hasan Shahi, H., and Dastoor, F. 1999. Reconnaissance soil survey of Neyriz Plain. Soil and Water Research Institute. Ministry of Agriculture Jihad, 81p. (In Persian)
16. Iqbal, F. 2011. Detection of salt affected soil in rice-wheat area using satellite image. *Afric. J. Agric. Res.* 6: 21. 4973-4982.
17. Khodadadi, M., Sadeghi, M., Refahi, H.Gh., Nooroozi, A.A., Heydari, A., and Sarmadian, F. 2010. An evaluation LISS_III Data capability for saline and sodic soil mapping. *Iran. J. Soil Water Res.* 41: 1. 27-37. (In Persian)
18. Li, H.Y., Shi, Z., Webster, R., and Triantafilis, J. 2013. Mapping the three-dimensional variation of soil salinity in rice-paddy soil. *Geoderma*. 195-196: 31-41.
19. Madani, A.A. 2005. Soil salinity detection and monitoring using Landsat data: A case study from Siwa Oasis, Egypt. *GIScience and remote sensing*. 42: 2. 171-181.
20. Malins, D., and Metternicht, G. 2006. Assessing the spatial extent of dry land salinity through fuzzy modeling. *Ecological Modelling*. 193: 3. 387-411.

21. Metternicht, G., and Zinck, J.A. 2003. Remote sensing of soil salinity: potential and constraints. *Remote Sensing of Environment*. 85: 1-20.
22. Metternicht, G., and Zinck, J.A. 2008. Remote sensing of soil salinization: Impact on land management. CRC Press, 374p.
23. Naderi, M., and Karimi, A. 2008. Studying salinity and land use changes for Roodasht region in Isfahan Plain using Landsat TM and MSS satellite data. *J. Water Soil*. 22: 2. 48-60. (In Persian)
24. Nohegar, A., and Zare, Gh. 2012. Extraction of soil salinity zone in arid and semi-arid regional using of remote sensing data (case study: Darab Township). *Geography and environmental hazards*. 1: 1. 49-64. (In Persian)
25. Noroozi, A.A., Homae, M., and Abbasi, F. 2011. Integrated application of remote sensing and spatial statistical models to the identification of soil salinity: A case study from Garmsar Plain, Iran. *Environmental Sciences*. 9: 1. 59-74. (In Persian)
26. Odeh, I.O., and Onus, A. 2008. Spatial analysis of soil salinity and soil structural stability in a semiarid region of New South Wales, Australia. *Environmental management*. 42: 2. 265-278.
27. Pakparvar, M., Gabriels, D., Aarabi, K., Edraki, M., Raes, D., and Cornelis, W. 2012. Incorporating legacy soil data to minimize errors in salinity change detection: a case study of Darab Plain, Iran. *Inter. J. Rem. Sens*. 33: 19. 6215-6238.
28. Patel, N., and Kaushal, B. 2011. Classification of features selected through Optimum Index Factor (OIF) for improving classification accuracy. *J. Forest. Res*. 22: 1. 99-105.
29. Pohl, C., and Van Genderen, J.L. 1998. Review article multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications. *Inter. J. Rem. Sens*. 19: 5. 823-854.
30. Rezaei Moghaddam, M.H., and Saghafi, M. 2007. The Research on the Geomorphologic Evaluations of Kahak Playa, Southern Khorasan Province, Basis on Using Satellite Images and Fuzzy Logic Methods. *Geograph. Dev. Iran. J*. 8: 43-60. (In Persian)
31. Sarmasty, N., Faith, M.H., Ayase, F., Beige Pour Motlaq, F., and Suzande pour, F. 2013. Use of techniques optimal index factor (OIF) data from Landsat 7 ETM⁺ salt shells evaluation of Kashan. Second International Conference on Environmental Hazards, 29-30 October, Tehran.
32. Scudiero, E., Skaggs, T.H., and Corwin, D.L. 2014. Regional scale soil salinity evaluation using Landsat 7, western San Joaquin Valley, California, USA. *Geoderma Regional*. 2-3: 82-90.
33. Sonmez, S., Buyuktas, D., Okturen, F., and Citak, S. 2008. Assessment of different soil to water ratios (1: 1, 1: 2.5, 1: 5) in soil salinity studies. *Geoderma*. 144: 1. 361-369.
34. Taghizadeh-Mehrjardi, R., Minasny, B., Sarmadian, F., and Malone, B.P. 2014. Digital mapping of soil salinity in Ardakan region, central Iran. *Geoderma*. 213: 15-28.
35. Weng, Y., Gong, P., and Zhu, Z. 2010. A spectral Index for estimating soil salinity in the yellow river delta region of China using EO-1 Hyperion Data. *Pedosphere*. 20: 3. 378-388.
36. Wu, W., Mhaimed, A.S., Al-Shafie, W.M., Ziadat, F., Dhehibi, B., Nangia, V., and De Pauw, E. 2014. Mapping soil salinity changes using remote sensing in Central Iraq. *Geoderma Regional*. 2-3: 21-31.
37. Yu, R., Liu, T., Xu, Y., Zhu, Ch., Zhang, Q., Liu, X., and Li, Ch. 2010. Analysis of salinization dynamics by remote sensing in Hetao Irrigation District of North China. *Agricultural Water Management*. 97: 1952-1960.
38. Zare'ian, Gh. 2007. Land suitability evaluation and estimation of wheat yield potential in gypsiferous soils of Fars Province. Soil and Water Research Institute. Ministry of Agriculture Jihad, 57p. (In Persian)



Monitoring soil salinity around Bakhtegan lake, Fars province, Iran, using Landsat data

*A. Salmanpour¹, M.H. Salehi², J. Mohammadi² and M. Naderi³

¹Ph.D. Graduate, Dept. of Soil Science, Shahrekord University, ²Professor, Dept. of Soil Science, Shahrekord University, ³Associate Prof., Dept. of Soil Science, Shahrekord University

Received: 06/06/2015; Accepted: 10/30/2015

Abstract

Background and Objectives: Primary and secondary soil salinization is one of the main reasons of land degradation and desertification in arid and semi-arid regions. Change detection of salt-affected soils, helps find salt distribution and salinization trends. Present study was arranged for monitoring soil salinity status of agricultural lands located on southeastern part of Bakhtegan Lake in Fars province, Iran using remote sensing techniques in last two decades.

Materials and Methods: To fulfill the goal, electrical conductivity data from technical reports in years 1995 and 2007 was obtained and soil sampling was done on 2014. Composite and randomly 0-30 cm soil samples were collected. Electrical conductivity of 1:2.5 soil: water extracts were measured. Landsat 5 data scanned in 1995 and 2007 and Landsat 8 data scanned in 2014 were used. Different indices and false color composite images were calculated with ILWIS 3.3 software. For year 2014, principal component analysis was done, too. Before correlation and regression analysis, digital number of satellite bands transformed to atmospheric reflectance. 80 percent of data was used for classification of imagery data and 20 percent was used for validation the images for all procedures. Salinity maps was obtained, compared and the best model was chosen.

Results: Results showed that the minimum Mahalanobis distance method (with overall accuracy of 62.5%) and maximum likelihood method (with overall accuracy of 44.8%) were the best approaches for mapping soil salinity for years 1995 and 2014, respectively, while for the year 2007, the linear regression model (with overall accuracy of 62.5%) increased the accuracy of image classification compared to other methods. Statistical description of soil EC showed that in 1995 more than 50 percent of studied area has Electrical Conductivity less than 2 dSm⁻¹, while in 2014 more than 50 percent of the soils have EC more than 4 dSm⁻¹. Results also showed that during 20 years, saline soils extended from soils around lake and center part of studied region to the Neyriz city.

Conclusion: The present study showed that, during 20 years, the area of soils with salinity less than 4 dsm⁻¹ reduced and the area of saline soils increased and salinity expansion was from Bakhtaran lake toward Neyriz city. According to soil salinization trend in studied site, it seems, on the case of continuation of the present land management in studied area, in a short time, the existing orchards would be out of economic cycle. Therefore, to prevent the soil salinization and the loss of farm and orchards in the region, serious efforts of authorities are required.

Keywords: Salinity distribution, Landsat image, Bakhtegan lake

* Corresponding Authors; Email: anahidsalmanpour@yahoo.com