



## تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از تحلیل طیفی داده های سنجنده OLI و داده های میدانی

### (مطالعه موردی: جنوب دشت ملایر)

داود اختری<sup>۱\*</sup>، احمد اسدی می آبادی<sup>۲</sup>

۱. استادیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشگاه ملایر

#### مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۳۱ خرداد ۱۳۹۴

پذیرش: ۲۰ اسفند ۱۳۹۴

دسترسی اینترنتی: ۳۰ مرداد ۱۳۹۵

واژه های کلیدی:

شاخص های شوری

سنجنده OLI

درون یابی

رگرسیون فضایی

دشت ملایر

#### چکیده

شوری یکی از عوامل مهم محدودیت کاربری اراضی در مناطق خشک و نیمه خشک است که می تواند با تغییر نوع تاج پوشش و زیست توده گیاهی، باعث کاهش تولیدات منابع طبیعی شود. در این پژوهش برای انتخاب بهترین شاخص ماهواره ای شوری از تصاویر ماهواره ای لندست (سال ۲۰۱۴) استفاده شد. نمونه برداری از عرصه در شهریورماه سال ۱۳۹۳ انجام شد. به این منظور ابتدا با استفاده از ۷۷ نقطه اندازه گیری، نقشه های پراکنش سدیم، منیزیم، پتاسیم، کلسیم، هدایت الکتریکی و اسیدیت به روش درون یابی کریجینگ در نرم افزار ArcGIS<sup>®</sup> 9.3 تهیه گردید. سپس با استفاده از روش رگرسیون فضایی، همبستگی بین نقشه های تولید شده با ۱۰ شاخص به دست آمده از تصاویر ماهواره ای لندست مورد بررسی قرار گرفت. همچنین نقشه های پراکنش سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، هدایت الکتریکی، اسیدیت، شوری و قلیائیت تهیه و مدل های رگرسیونی مناسب ارائه گردید. نتایج نشان می دهد که برای آشکار سازی پراکنش هدایت الکتریکی و سدیم، با توجه به ضریب همبستگی شاخص های شوری و شاخص شوری ملایر مناسب است. همچنین جهت آشکار سازی پراکنش منیزیم، کلسیم و پتاسیم در منطقه مورد مطالعه به دلیل بالا بودن ضریب همبستگی به میزان ۰/۸۸ می توان از شاخص شوری استاندارد شده استفاده کرد. نتایج نشان می دهد که به دلیل معنادار نبودن رگرسیون فضایی مربوط به مطالعه قلیائیت خاک، امکان استفاده از این معادله ها وجود ندارد. همچنین نتایج نشان می دهد که به طور کلی برای بررسی عناصر اندازه گیری شده، می توان از شاخص شوری استاندارد شده استفاده کرد. با توجه به رابطه رگرسیونی بین شاخص های استخراج شده و نقشه های تهیه شده در مطالعات میدانی، مدل های بهینه برای تهیه نقشه های شوری منطقه مورد مطالعه، تعیین و کالیبره شدند. بر اساس اطلاعات ماهواره ای مدل های به دست آمده در این مطالعه بر آورد مناسبی از عناصر مورد مطالعه داشتند زیرا ضریب همبستگی آن ها قابل قبول است. با تکمیل، گسترش و بسط یافته های این تحقیق می توان به پهنه بندی اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای و بدون نیاز به نمونه برداری پرداخت. این فن ضمن فراهم آوردن دقت بیشتر می تواند هزینه های نمونه برداری را نیز به حداقل برساند.

\*d\_akhzari@yahoo.com: پست الکترونیکی مسئول مکاتبات

## مقدمه

شوری یکی از عوامل مهم تخریب اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که از طریق محدود کردن رشد گیاه باعث کاهش تولیدات کشاورزی می‌شود. شناسایی و پهنه‌بندی خاک‌های شور غالباً، به دلیل تغییرپذیری زمانی و مکانی آن، مشکل است (۴ و ۱۸). به منظور تهیه نقشه‌های موضوعی با استفاده از روش‌های سنتی به آنالیز تعداد زیادی نمونه در آزمایشگاه نیاز است که با صرف هزینه و زمان همراه است. در این میان، کاربرد روش‌های دورکاوی ماهواره‌ای باعث صرفه‌جویی زیادی در هزینه و زمان می‌شود و حتی موجب افزایش دقت تخمین‌ها می‌گردد. از سوی دیگر، فن‌آوری سنجش از دور، با توجه به وسعت منطقه تحت پوشش، اطلاعات طیف‌های متعدد و مشاهده تقریباً ثابت، می‌تواند یک جایگزین مناسب برای روش‌های سنتی فراهم کند (۱۲ و ۱۴). استفاده از تصاویر ماهواره‌ای توسط محققان زیادی در زمینه‌ی علوم خاک با اهداف مختلفی بررسی شده است (۱۷ و ۱۹). متکان و همکاران (۱۲) از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده ASTER جهت تحلیل نقش کاربری اراضی در شکل‌گیری جزایر حرارتی شهر بندرعباس استفاده کردند و استفاده از این فن مفید ارزیابی شد. همچنین خنامانی و همکاران (۵) به ارزیابی وضعیت خاک با استفاده از فن سنجش از دور در دشت سگری اصفهان پرداختند، نتایج نشان داد که نقشه حاصل از تصویر ماهواره‌ای از دقت بیشتری برای تهیه نقشه شاخص خاک برخوردار است. از اولین کاربردهای تصاویر ماهواره‌ای در شناخت اراضی شور، استفاده از سنجنده MSS از ماهواره لندست است که بویودی (۱۵) با استفاده از تحلیل عاملی بر باندهای ۱ تا ۴ این سنجنده به این مهم دست‌یافت. منتی و همکاران (۲۱) با استفاده از باندهای ۱ تا ۵ و ۷ سنجنده TM اقدام مشابهی نمودند. راثو و همکاران (۲۳) ضمن تأیید داده‌های ماهواره‌ی لندست برای تهیه نقشه شوری و قلیائیت گزارش کردند که تفکیک‌پذیری خاک‌های به شدت شور و سدیمی از خاک‌های نسبتاً شور و سدیمی امکان‌پذیر است و بر اساس آن به محاسبه مقادیر مورد نیاز گچ و اصلاح‌کننده‌های

دیگر پرداختند. خان و همکاران (۲۰) با استفاده از داده‌های سنجنده LISS-II، نقشه شوری منطقه فیصل آباد پاکستان را تهیه نمودند که بهترین نتیجه در فصل خشک (مارس، آوریل) به دست آمد. در این تحقیق مناطق مسکونی از عوامل مزاحم در تشخیص نواحی متأثر از نمک شناخته شدند. فرناندز-بوسس و همکاران (۱۸) برای نقشه‌برداری شوری خاک در حوالی تکسکوکو مکزیک از داده‌های رقومی ETM<sup>+</sup> و عکس‌های هوایی استفاده کردند. همچنین فتاحی (۱۰) در سال ۱۳۹۰، با استفاده از فن سنجش از دور به ارزیابی و طبقه‌بندی شوری‌زایی با استفاده از روش FAO-UNEP در حوضه‌ی آبخیز قمرود پرداخت. در این میان با تعدیل کردن شاخص پوشش گیاهی استاندارد شده NDVI شاخص طیفی جدیدی به نام COSRI (Combined Spectral Response Index) تهیه نمودند. وجود همبستگی بسیار بالا بین خصوصیات خاک شامل هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم با ارزش‌های طیفی این باند ترکیبی (به ترتیب ۰/۸۸۵ و ۰/۸۵۷)، به صورت یک مدل رگرسیونی برای تهیه نقشه شوری خاک ارائه شد. در ایران نیز محققینی توانسته‌اند با استفاده از داده‌های سنجش از دور به مطالعه شوری و استخراج پهنه‌های آن در مناطقی از کشور بپردازند از جمله؛ خواجه‌الدین (۶) از داده‌های چند زمانه MSS برای بررسی جوامع گیاهی و نیز فاکتورهای مختلف خاک در منطقه جازموریان استفاده کرده است. وی رابطه مناسبی بین داده‌های MSS و فاکتورهای مختلف اندازه‌گیری شده خاک نظیر درصد شن، سیلت، رس، درصد پوشش سنگ و سنگ‌ریزه، کلسیم و پتاسیم پیدا نکرد ولی رابطه مناسبی بین هدایت الکتریکی و غلظت سدیم با داده‌های ماه جولای به دست آورد. دشتکیان و همکاران (۸) در بررسی روش‌های تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از داده‌های ماهواره‌ی لندست در منطقه مروست پس از بررسی و مقایسه، روش‌های مختلف با نقشه شوری خاک حاصل از اطلاعات میدانی، مناسب‌ترین روش جهت تهیه نقشه شوری خاک را، روش میانگین رگرسیون‌ها با باندهای استاندارد شده ۱، ۲ و ۳ تشخیص دادند و در این مطالعه روش شاخص شوری در مرتبه دوم قرار گرفت. حسونندی و

در منطقه مورد مطالعه است.

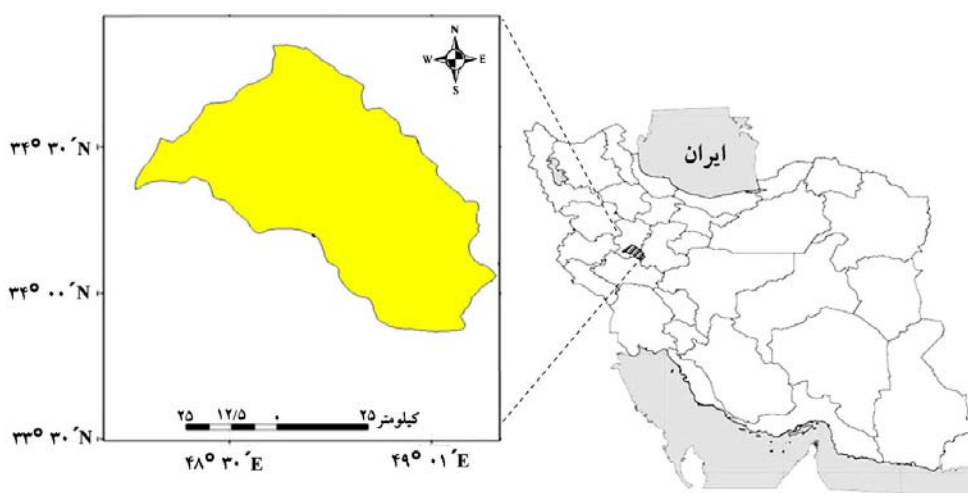
## مواد و روش‌ها

### موقعیت منطقه مورد مطالعه

دشت ملایر در بخش حوزه آبریز علیای رودخانه‌ی کرخه واقع شده و میان دو استان همدان (شهرستان ملایر) و استان مرکزی (شهرستان اراک) قرار دارد. این حوزه در محدوده جغرافیایی  $34^{\circ} 30' N$  تا  $48^{\circ} 30' N$  عرض شمالی و  $49^{\circ} 01' E$  تا  $48^{\circ} 30' E$  طول شرقی واقع شده است. وسعت کل حوزه،  $2965$  کیلومترمربع، شامل  $800$  کیلومترمربع دشت و  $2165$  کیلومترمربع ارتفاعات حاشیه است. تصویر موقعیت جغرافیایی محدوده دشت ملایر در شکل ۱ نشان داده شده است.

همکاران (۳) در تهیه نقشه شوری سطحی خاک با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره لندست  $ETM^+$  در منطقه‌ای در جنوب اهواز بین مقادیر شوری سطحی با باندهای ۲ و ۴ اصلی، شاخص روشنایی و شاخص پوشش گیاهی ارتباط معنی‌داری در سطح ۱ درصد به دست آوردند و با بررسی رابطه بین داده‌های طیفی و مقادیر عددی شوری خاک و همچنین بر اساس همبستگی بین آن‌ها، مناسب‌ترین مدل جهت بررسی شوری خاک را مدل رگرسیون خطی چند متغیره تشخیص دادند و در نهایت نقشه شوری منطقه را بر اساس مدل رگرسیونی در محیط GIS تهیه کردند.

هدف اصلی از انجام این مطالعه، بررسی روش‌های موجود و یافتن روش مناسب جهت تعیین شوری خاک با استفاده از لندست ۸ و همچنین کمی کردن بهترین شاخص‌های شوری،

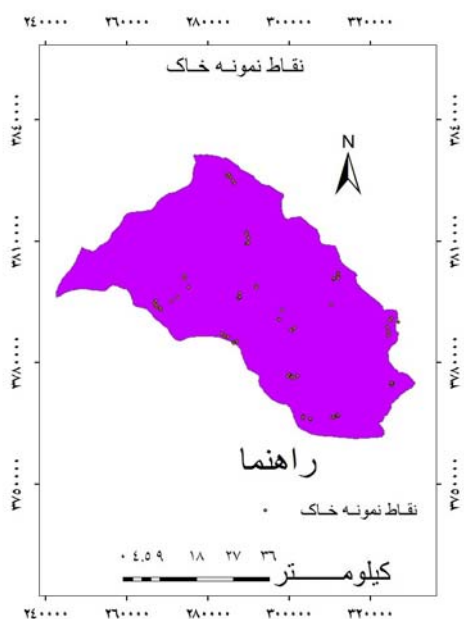


شکل ۱. تصویر موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

نرم‌افزارهای  $ENVI^5$ ،  $ArcGIS^9.3$  و  $GoogleEarth$  جهت تصحیحات اولیه و طبقه‌بندی نهایی بکار گرفته شدند. در مراحل پیش‌پردازش اقدامات مورد نیاز بر روی تصویر مانند زمین مرجع کردن تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نقشه‌های  $1:25000$  و تصحیحات اتمسفری بر پایه روش کسر عددی پیکسل‌های تیره، انجام شد. در این پژوهش ارتباط بین شاخص‌های شوری حاصل از داده‌های ماهواره‌ای و نقشه

## روش تحقیق

برای پایش ماهواره‌ای شوری از تصویر لندست سنجنده OLI به مسیر و ردیف ۱۶۶ و ۳۶ به تاریخ ۱ سپتامبر سال ۲۰۱۴ میلادی با اندازه پیکسل‌ها برای دو باند حرارتی (باند ۱۰ و ۱۱)  $100$  متر، باند پانکروماتیک (باند ۸)  $15$  متر و سایر باندها  $30$  متر استفاده شد که از پایگاه اینترنتی USGS (United States Geological Survey) دانلود گردید.



شکل ۲. موقعیت نقاط نمونه برداری از خاک

### متغیرهای استخراج شده از داده‌های ماهواره‌ای

تفکیک پذیری خاک‌های شور توسط داده‌های سنجش از دور به ویژگی‌های بازتاب طیفی این خاک‌ها برمی‌گردد. مطالعات صحرائی و اندازه‌گیری‌های رادیومتری نشان می‌دهد که در بیشتر موارد خاک‌های شور و قلیایی بازتاب طیفی بیشتری در ناحیه مرئی و مادون قرمز نسبت به خاک‌های غیر شور دارند (۴). برای پردازش تصاویر و محاسبه شاخص‌ها از نرم‌افزار ENVI<sup>®</sup>5 استفاده شد. در این پژوهش ده شاخص شامل شاخص‌های شوری استاندارد شده (Normalized Difference Salinity Index؛ NDSI؛ Salinity Index)، شاخص شوری (SI؛ Salinity Index T؛ SI-T)، شاخص شوری A (SI-A؛ Salinity Index A)، شاخص شوری ۱ (M-SI؛ Malayer Salinity Index)، شاخص شوری ۲ (Salinity Index 2)، شاخص شوری ۳ (Salinity Index 3)، شاخص شوری ۴ (Salinity Index 4)، شاخص شوری ۵ (Salinity Index 5) و شاخص شوری ۶ (Salinity Index 6) محاسبه و تصاویر خروجی از طریق آستانه‌گذاری طبقه‌بندی شد، مقادیر آستانه با توجه به شرایط منطقه، اطلاعات جانبی و علم و تجربه تعیین

پراکنش سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، هدایت الکتریکی و pH حاصل از مطالعات میدانی با استفاده از روش رگرسیون فضایی و با نرم‌افزار ادریسی (Idrisi Klimanjaro) بررسی گردید. برای تهیه نقشه پراکنش سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، هدایت الکتریکی و اسیدیته حاصل از مطالعات میدانی از تکنیک‌های درون‌یابی در نرم‌افزار ArcGIS<sup>®</sup>9.3 استفاده شده است، همچنین از بین روش‌های درون‌یابی، برای تهیه نقشه‌های پراکنش، از روش کریجینگ معمولی استفاده شد.

### مطالعات میدانی

نمونه برداری از عمق صفر تا ۱۰ سانتیمتری در ۷۷ نقطه به صورت تصادفی و از سه کاربری مرتع، دیم و باغ انجام شد، در هر روستا از هر کاربری ۲ نمونه با پراکنش مناسب برداشته شد، به منظور افزایش دقت علاوه بر نمونه برداری از نقطه اصلی، نمونه‌های کمکی در چهار جهت با زاویه ۹۰ درجه و با فاصله ۳۰ متر از نقطه اصلی برداشت شد و با نمونه اصلی مخلوط گردید. پیمایش صحرائی و نمونه برداری از خاک، منطبق بر زمان اخذ تصاویر ماهواره‌ای و مختصات دقیق نقاط نمونه برداری به کمک سامانه مکان‌یابی جغرافیایی (GPS) ثبت گردید (شکل ۲). نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و در معرض هوای آزاد و سایه خشک شدند. نمونه‌های خشک شده از الک با قطر ۲ mm عبور داده و برای آنالیز هدایت الکتریکی و اسیدیته استفاده شدند. برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی و اسیدیته از نسبت ۱:۵ خاک به آب مقطر استفاده گردید. اسیدیته نمونه‌ها توسط دستگاه pH متر و هدایت الکتریکی توسط دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد. نمونه‌های الک شده، برای سنجش غلظت سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم با استفاده از روش اسپوزیتو با اسید نیتریک ۴ مولار هضم شدند. برای تعیین مقدار منیزیم و کلسیم از روش تتراسیون استفاده شد جهت بررسی سدیم و پتاسیم، ۱ میلی‌لیتر از محلول رقیق شده پس از مقایسه با منحنی استاندارد تعیین درصد گردید، میزان سدیم و پتاسیم در محلول، با دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد.

و اعمال می‌شود. معمولاً بهترین مقادیر در یک فرایند صحیح و همکاران (۲۰) مطابقت دارد. آستانه‌گذاری می‌تواند اثر عوامل خطا به دست می‌آید (۱۱). مناطق مسکونی از عوامل مزاحم در تشخیص نواحی متأثر از نمک شناخته شدند که با نتایج خان و مزاحم را از بین ببرد. متغیرهای مهم استخراج شده از داده‌های ماهواره‌ای لندست ۸ در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. متغیرهای مهم استخراج شده از داده‌های ماهواره‌ای لندست ۸

| تعریف شاخص‌ها          | معادل لاتین شاخص                     | شاخص                    |
|------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| $(R-NIR)/(R+NIR)$      | Normalized Difference Salinity Index | شاخص شوری استاندارد شده |
| $(\sqrt{B \times R})$  | Salinity Index (SI)                  | شاخص شوری               |
| $(R / NIR) \times 100$ | Salinity Index T (SI-T)              | شاخص شوری T             |
| $(R / B) \times 100$   | Salinity Index A (SI-A)              | شاخص شوری A             |
| $(\sqrt{R^2+B^2})$     | Malayer Salinity Index (M-SI)        | شاخص شوری ملایر         |
| $(B/R)$                | Salinity Index 1 (S1)                | شاخص شوری ۱             |
| $(B-R) / (B+R)$        | Salinity Index 2 (S2)                | شاخص شوری ۲             |
| $(G \times R)/B$       | Salinity Index 3 (S3)                | شاخص شوری ۳             |
| $(B \times R)/G$       | Salinity Index 5 (S5)                | شاخص شوری ۵             |
| $(R \times NIR)/G$     | Salinity Index 6 (S6)                | شاخص شوری ۶             |

در جدول B (Blue) باند آبی، R (Red) باند قرمز و NIR (Near Infrared) باند مادون قرمز نزدیک است.

## نتایج

### نقشه توزیع پارامترهای مورد مطالعه

مورد بررسی است. دامنه تغییرات شوری بین ۰/۰۲ تا ۱/۰۵ دسی زیمنس است. بیشترین مقدار شوری مربوط به قسمت شوره‌زار دشت ملایر است که پوشش گیاهی چندانی ندارد، کمترین مقدار شوری مربوط به ارتفاعات با پوشش مرتعی درجه سوم واقع در غرب منطقه مطالعاتی است.

نتایج پارامترهای مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که میانگین شوری در منطقه ۰/۱ دسی زیمنس بر متر است که نشان‌دهنده شوری بسیار کم منطقه

جدول ۲. توصیف متغیرهای مورد بررسی

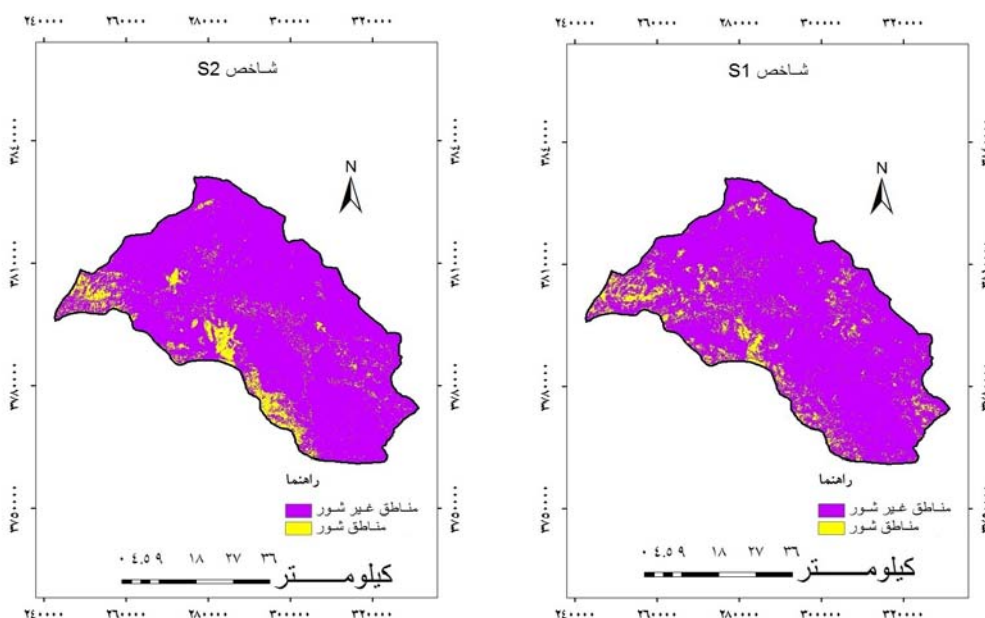
| متغیر مورد بررسی | تعداد | عمق نمونه‌برداری (cm) | میانگین | حداقل | حداکثر  | انحراف معیار | دامنه تغییرات | واحد     |
|------------------|-------|-----------------------|---------|-------|---------|--------------|---------------|----------|
| هدایت الکتریکی   | ۷۷    | ۰-۱۰                  | ۰/۱     | ۰/۰۲  | ۱/۰۵    | ۰/۱۲         | ۱/۰۳          | (ds/m)   |
| اسیدیته          | ۷۷    | ۰-۱۰                  | ۷/۳۸    | ۶/۵۲  | ۸/۹۷    | ۰/۴۱         | ۲/۴۵          | -        |
| سدیم             | ۷۷    | ۰-۱۰                  | ۲۹/۵۹   | ۱۲/۱۴ | ۲۰۸/۰۸  | ۳۹/۱۹        | ۱۹۵/۹۴        | (mg/lit) |
| پتاسیم           | ۷۷    | ۰-۱۰                  | ۱۳۵۴/۶۱ | ۷۹۸/۷ | ۱۹۰۶/۱۵ | ۳۰۳/۶۷       | ۱۱۰۷/۴۵       | (mg/lit) |
| منیزیم           | ۷۷    | ۰-۱۰                  | ۱۴۰۷/۷۹ | ۲۰۰   | ۲۶۰۰    | ۷۵۷/۸۹       | ۲۴۰۰          | (mg/lit) |
| کلسیم            | ۷۷    | ۰-۱۰                  | ۳۰۰     | ۲۰۰   | ۵۰۰     | ۱۰۰          | ۳۰۰           | (mg/lit) |

منطقه مورد بررسی جزء اراضی شور هستند. وسعت اراضی شور بر اساس نتایج به دست آمده از شاخص شوری ۲ حدود

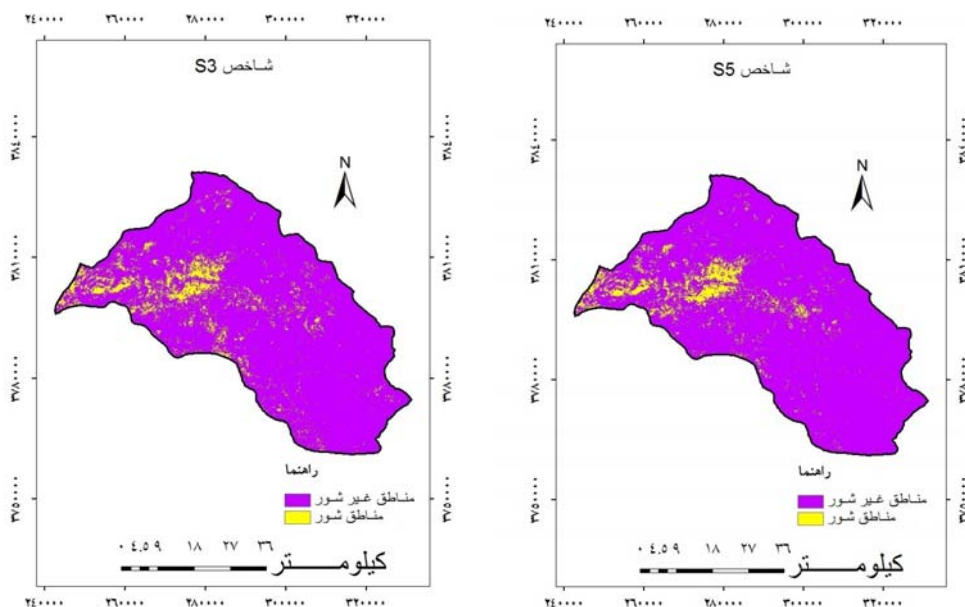
بر اساس نتایج به دست آمده از تهیه نقشه شوری با استفاده از شاخص شوری ۱ حدود ۱۱۸۶۰ هکتار (۴٪) از اراضی

مساحت اراضی شور در شاخص شوری ۵ معادل ۸/۵٪ منطقه یعنی ۲۵۲۰۲ هکتار است (شکل ۴).

۱۷۷۹۰ (۶٪) بوده است (شکل ۳). بررسی وسعت اراضی شور در دشت ملایر با استفاده از شاخص شوری ۳ نشان داد که ۲۵۴۹۹ هکتار (۸/۶٪) از اراضی دشت ملایر شور بوده‌اند.



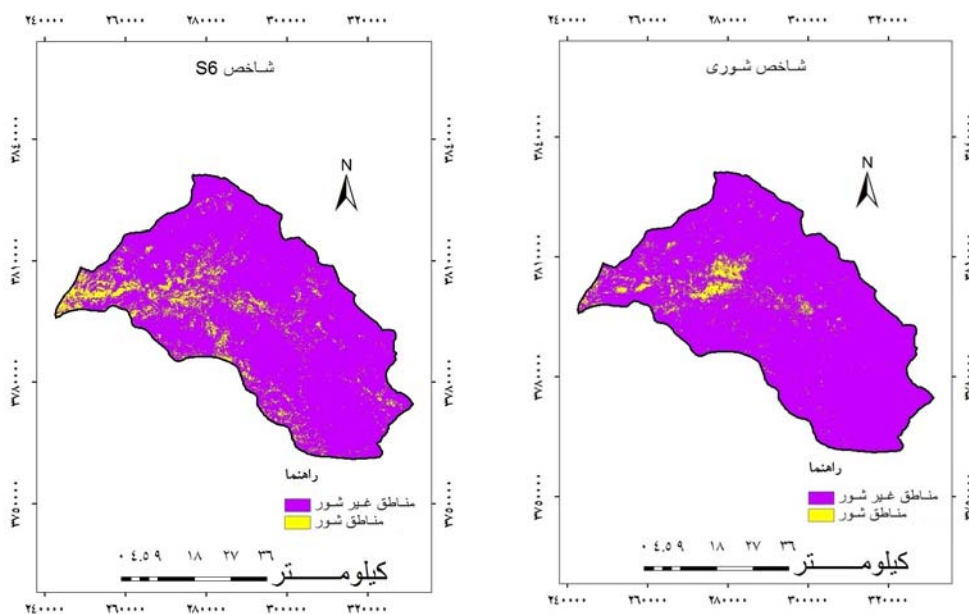
شکل ۳. نقشه شوری خاک بر اساس شاخص شوری ۱ و شاخص شوری ۲



شکل ۴. نقشه شوری خاک بر اساس شاخص شوری ۳ و شاخص شوری ۵

شاخص‌های شوری ۶ و شاخص شوری نشان داد که به ترتیب ۲۴۳۱۳ هکتار شور هستند (شکل ۵).

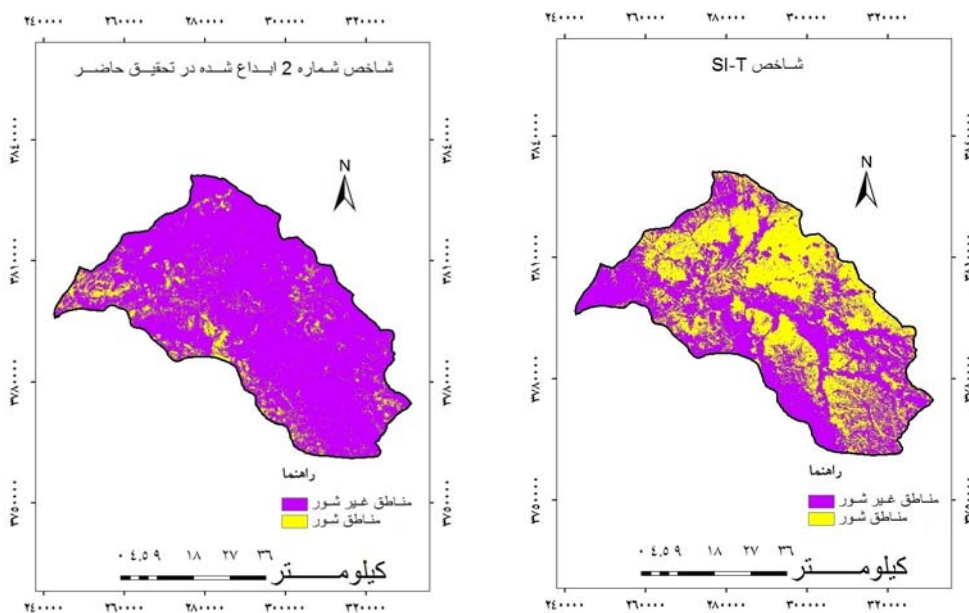
نتایج به دست آمده از تهیه نقشه شوری با استفاده از ۸/۷ و ۸/۲ درصد از اراضی منطقه مورد بررسی یعنی ۲۵۷۹۵ و



شکل ۵. نقشه شوری خاک، بر اساس شاخص شوری و شاخص شوری ۶

شوری به دست آمده از شاخص شوری A معادل ۱۳۳۴۲ هکتار (۰.۴/۵٪) کل منطقه مورد بررسی بوده است (شکل ۶).

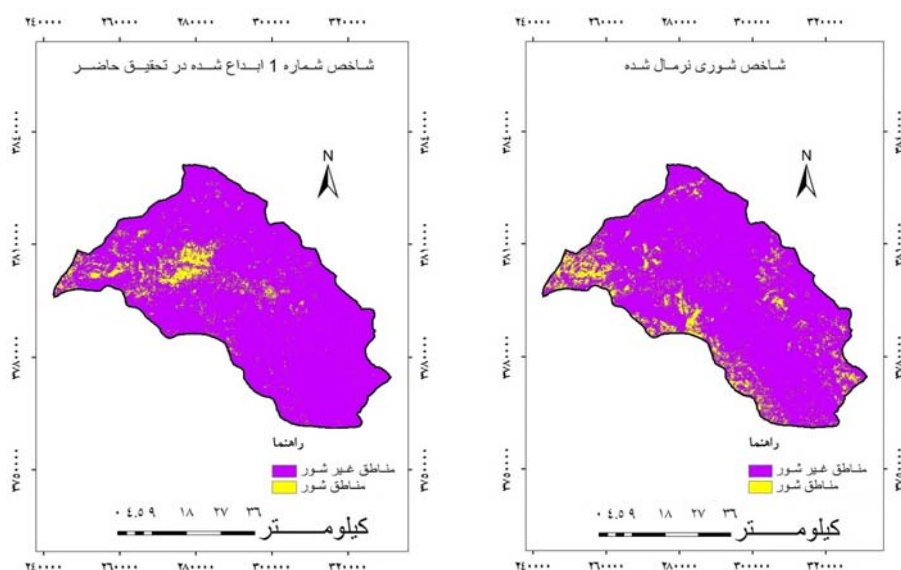
بررسی نقشه شوری ایجاد شده با استفاده از شاخص شوری T نشان داد که ۸۱٪ وسعت منطقه (۲۴۰۱۶۵ هکتار) در محدوده اراضی شور واقع است. وسعت اراضی شور در نقشه



شکل ۶. نقشه شوری خاک، بر اساس شاخص شوری T و شاخص شوری A

در نقشه تهیه شده با استفاده از شاخص شوری ملایر معادل ۱۲۴۵۳ هکتار (۰.۴/۲٪) یا ۱۲۴۵۳ هکتار بوده است (شکل ۷).

مساحت اراضی شور در نقشه شوری تهیه شده با استفاده از شاخص شوری استاندارد شده معادل ۱۵۷۱۴ هکتار (۰.۵/۳٪) و



شکل ۷. نقشه شوری خاک، بر اساس شاخص شوری ملایر و شاخص شوری استاندارد شده

#### مدل رگرسیونی چند متغیره فضایی

در بررسی‌های آمار فضایی موقعیت و مکان داده‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد، اینگونه داده‌ها، داده‌های فضایی نامیده می‌شوند. در آمار کلاسیک مشاهدات مستقل از هم و فارغ از موقعیت مکانی فرض می‌شوند، در نتیجه نظریه استنباط آماری آن‌ها ساده است؛ اما در نظر گرفتن موقعیت فضایی و هم‌چنین وابستگی فضایی بین مشاهدات، به شناخت بیشتر جامعه مورد بررسی کمک می‌کند (۱۳). در این مدل رگرسیونی شاخص شوری ماهواره‌ای شاخص‌های مورد مطالعه به عنوان متغیر وابسته و متغیرهای: نقشه شوری خاک، نقشه پراکنش منیزیم، کلسیم، سدیم، پتاسیم و نقشه پراکنش اسیدیته منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۱۴ به عنوان متغیرهای مستقل وارد معادله شده‌اند. این تحلیل رگرسیونی با استفاده از تصاویر TIF هشت بیتی انجام گردید. معادله رگرسیونی ارائه شده در جدول ۳ ضرایب هر یک از متغیرهای مستقل و ضریب ثابت را نشان می‌دهند؛ که در مورد شاخص شوری استاندارد شده برابر  $0.03$ ، شاخص شوری T برابر  $0.88$ ، شاخص شوری A برابر  $0.79$ ، شاخص شوری ۱ برابر  $1.02$ ، شاخص شوری ۲ برابر  $0.77$ ، شاخص شوری ۳ برابر  $0.90$ ، شاخص شوری ۵ برابر  $0.94$ ، شاخص شوری ۶ برابر  $0.99$ ، شاخص شوری برابر

$0.96$  و شاخص شوری ملایر برابر  $0.95$  است. ضرایب رگرسیونی نشان‌دهنده اثر هر یک از متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته هستند. نتایج حاصل از رگرسیون چندگانه بین شاخص‌های مورد مطالعه در منطقه با نقشه‌های پراکنش متغیرهای اندازه‌گیری شده در مطالعات میدانی نشان می‌دهد که متغیرهای غلظت منیزیم، پتاسیم و هدایت الکتریکی رابطه مثبت با همه‌ی شاخص‌های استخراج شده دارند، متغیر غلظت کلسیم رابطه مثبت با تمام شاخص‌ها به جز شاخص شوری T و شاخص شوری ۱ دارد. متغیر غلظت سدیم به میزان بسیار کم‌تری بر شاخص‌های شوری ۵ و ۳ اثر می‌گذارد و رابطه بهتری با شاخص شوری و شاخص شوری ملایر داشته و رابطه منفی با شاخص شوری استاندارد شده، شاخص شوری T، شاخص شوری A و شاخص‌های شوری ۱، ۲ و ۶ داشته است. متغیرهای اسیدیته نیز رابطه منفی با شاخص شوری استاندارد شده، شاخص شوری، شاخص شوری A، شاخص شوری ملایر و شاخص‌های شوری ۲، ۳، ۵ و ۶ داشته و رابطه مثبت با شاخص شوری ۱ و شاخص شوری T دارد. جدول ۳ ضرایب مربوط به معادله‌های رگرسیونی شاخص‌های شوری با داده‌های حاصل از مطالعات میدانی را نشان داده است.



جدول ۳. ضرایب مربوط به معادله‌های رگرسیونی شاخص‌های شوری با داده‌های حاصل از مطالعات میدانی

| معادله رگرسیونی  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> تصحیح شده |
|--|----------------|--------------------------|
| T شاخص شوری = $0.088 - 1.99X_1 + 12.80X_2 + 9.25X_3 + 24.19X_4 - 0.84X_5 + 0.07X_6$          | 0/81           | 0/81                     |
| شاخص شوری استاندارد شده = $0.03 + 0.44X_1 + 0.23X_2 + 0.17X_3 + 1.08X_4 - 0.45X_5 - 0.27X_6$ | 0/88           | 0/88                     |
| A شاخص شوری = $0.079 + 1.49X_1 + 15.84X_2 + 3.43X_3 + 25.49X_4 - 9.97X_5 - 9.58X_6$          | 0/75           | 0/75                     |
| 1 شاخص شوری = $1.02 - 7.18X_1 + 1.93X_2 + 10.96X_3 + 21.74X_4 - 3.25X_5 + 4.29X_6$           | 0/74           | 0/74                     |
| 2 شاخص شوری = $0.077 + 2.35X_1 + 0.79X_2 + 0.85X_3 + 27.76X_4 - 12.79X_5 - 11.76X_6$         | 0/74           | 0/74                     |
| 3 شاخص شوری = $0.09 + 9.51X_1 + 23.56X_2 + 7.72X_3 + 24.09X_4 + 0.17X_5 - 10.72X_6$          | 0/76           | 0/76                     |
| 5 شاخص شوری = $0.094 + 7.43X_1 + 25.76X_2 + 7.48X_3 + 24.37X_4 + 0.73X_5 - 10.46X_6$         | 0/79           | 0/79                     |
| 6 شاخص شوری = $0.099 + 14.39X_1 + 16.78X_2 + 4.17X_3 + 24.83X_4 - 2.07X_5 - 11.72X_6$        | 0/76           | 0/76                     |
| شاخص شوری = $0.096 + 6.13X_1 + 26.78X_2 + 8.34X_3 + 23.75X_4 + 3.23X_5 - 10.57X_6$           | 0/78           | 0/78                     |
| شاخص شوری ملایر = $0.096 + 6.72X_1 + 26.42X_2 + 8.13X_3 + 23.82X_4 + 2.80X_5 - 10.72X_6$     | 0/78           | 0/78                     |

در جدول X1 نشان دهنده غلظت کلسیم، X2 نمایانگر هدایت الکتریکی، X3 نشانگر غلظت پتاسیم، X4 نشان دهنده غلظت منیزیم، X5 نمایانگر غلظت سدیم و X6 نشان دهنده اسیدیته خاک است.

جدول ۴. مدل‌های بهینه استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای برای شناسایی مؤلفه‌های خاک در دشت ملایر

| مدل  | R    | R <sup>2</sup> | R تصحیح شده | سطح معناداری | میانگین خطا | انحراف معیار خطا |
|--|------|----------------|-------------|--------------|-------------|------------------|
| شاخص شوری $\times 0.03 + 0.01 =$ هدایت الکتریکی            | 0/49 | 0/24           | 0/24        | 0/01         | 0/38        | 0/44             |
| شاخص شوری ملایر $\times 0.03 + 0.01 =$ هدایت الکتریکی      | 0/48 | 0/24           | 0/24        | 0/01         | 0/38        | 0/44             |
| شاخص شوری $\times 0.02 + 0.05 =$ غلظت سدیم                 | 0/52 | 0/27           | 0/27        | 0/01         | 0/60        | 0/70             |
| شاخص شوری ملایر $\times 0.05 + 0.02 =$ غلظت سدیم           | 0/52 | 0/27           | 0/27        | 0/01         | 0/60        | 0/70             |
| شاخص شوری استاندارد شده $\times 0.68 + 0.15 =$ غلظت منیزیم | 0/93 | 0/87           | 0/87        | 0/01         | 0/71        | 1/98             |
| شاخص شوری استاندارد شده $\times 0.42 + 0.07 =$ غلظت کلسیم  | 0/80 | 0/64           | 0/64        | 0/01         | 0/85        | 1/44             |
| شاخص شوری $\times 0.11 + 0.14 =$ غلظت کلسیم                | 0/80 | 0/64           | 0/64        | 0/01         | 0/86        | 1/44             |
| شاخص شوری ملایر $\times 0.11 + 0.14 =$ غلظت کلسیم          | 0/79 | 0/64           | 0/64        | 0/01         | 0/86        | 1/44             |
| شاخص شوری ملایر $\times 0.11 + 0.13 =$ غلظت کلسیم          | 0/80 | 0/64           | 0/64        | 0/01         | 0/86        | 1/44             |
| شاخص شوری استاندارد شده $\times 0.63 + 0.18 =$ غلظت پتاسیم | 0/83 | 0/70           | 0/70        | 0/01         | 1/13        | 2/07             |
| شاخص شوری $\times 0.02 + 0.32 =$ غلظت پتاسیم               | 0/81 | 0/70           | 0/70        | 0/01         | 1/20        | 2/07             |

۰۷۵۱۶۷۰۶، ۰۲۱۱۲۹۰، ۰۳۳۸۵۷۴۱، ۰۳۲۹۰۸۲۹/۲۵  
 ۰۳۷۸۸۸۴۵/۵، ۰۴۳۸۲۶۱۱ و ۰۳۶۴۱۵۹۹/۲۵ است که نشان می‌دهد این معادله در سطح ۹۹٪ معنادار است. با استناد به نقشه پراکنش سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، هدایت الکتریکی و اسیدیته حاصل از اطلاعات میدانی و با ایجاد همبستگی بین

در مورد این معادله رگرسیونی پس از اصلاح اثرات مربوط به تعداد متغیرها تغییر چشم‌گیری در مقادیر R و R<sup>2</sup> مشاهده نمی‌شود. در این معادله ضریب معادله رگرسیونی دارای F-statistic، برای هر یک از شاخص‌های مورد مطالعه در این تحقیق به ترتیب برابر ۰۸۸۸۷۸۴۸، ۰۵/۴۲۸۱۸۹۹، ۰۵۰۵۵۵۲۰

بالا و مقایسه با نتایج محققان دیگر در زمینه شوری خاک، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، منطقه‌ای و وابسته به زمان و مکان مورد مطالعه است.

با توجه به جدول ۴، می‌توان استنباط نمود که شاخص شوری ملایر و شاخص شوری به منظور شناسایی و بررسی هدایت الکتریکی و سدیم خاک قابلیت بیشتری دارند. در این تحقیق استفاده از داده‌های سنجنده OLI تنها توانسته ۲۴ درصد از تغییرات هدایت الکتریکی سطحی خاک را توجیه نماید، علت آن می‌تواند پایین بودن میزان شوری منطقه باشد که در طبقه‌بندی اراضی، این منطقه جزء اراضی غیر شور طبقه‌بندی می‌شود، از طرفی داده‌های چند طیفی در شوری‌های کم قدرت تفکیک پایینی دارند و به دلیل پهنای باند بالا تغییرات جزئی را نمی‌تواند شناسایی کنند، بنابراین توصیه می‌شود برای تفکیک تغییرات جزئی از تصاویر فراطیفی استفاده شود (۲۲). نظر به اینکه عناصر منیزیم، کلسیم، پتاسیم نیز جزء عناصر ایجاد شوری می‌باشند، ارتباط این عناصر با شاخص‌های استخراج شده بررسی شد و با توجه به پایین بودن هدایت الکتریکی منطقه مورد مطالعه، این عناصر بیشترین همبستگی را با تصاویر ماهواره‌ای نشان دادند. ضریب تبیین شاخص شوری استاندارد شده در مدل‌های منیزیم و اسیدیتته خاک منطقه بالاتر از سایر شاخص‌ها است، لذا می‌توان این‌گونه اذعان کرد که بر اساس ضرایب این شاخص در جدول ۴، این شاخص بیشترین ارتباط را با منیزیم داشته و می‌تواند با دقت بیشتری این عنصر را شناسایی کند از طرفی با توجه به اینکه ضریب اسیدیتته خاک در ارتباط با شاخص شوری استاندارد شده منفی است (جدول ۴) بنابراین امکان مطالعه قلیائیت خاک در منطقه مورد مطالعه با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای وجود ندارد. چیت‌ساز (۲) با استفاده از باندهای TM، ۱، ۶ و ۷ به یک رابطه رگرسیون جهت تهیه نقشه قلیائیت خاک در منطقه اصفهان رسیده‌اند. همچنین کومارت‌تریپاتی و همکاران (۲۵) به یک رابطه خیلی کلی جهت تهیه نقشه قلیائیت خاک اشاره کرده است؛ اما در بررسی‌های زیادی رابطه معنی‌داری بین قلیائیت و اطلاعات ماهواره‌ای بیان نگردیده است (۱۶ و ۲۶). برای عنصر کلسیم و پتاسیم از بین

این نقشه‌ها و شاخص‌های ماهواره‌ای (جدول ۴) در کل بهترین شاخص برای آشکارسازی عناصر اندازه‌گیری شده شاخص شوری استاندارد شده است که ضریب همبستگی بسیار بالایی با عناصر اندازه‌گیری شده دارد.

## بحث و نتیجه‌گیری

شاخص شوری استاندارد شده حاصل اگرچه می‌تواند در کل، بیان‌کننده وضعیت شوری خاک منطقه باشد، ولی برای اعتبارسنجی و تهیه نقشه پراکنش هر یک از عناصر اندازه‌گیری شده‌ی خاک، لازم است ارتباط بین هر یک از عناصر اندازه‌گیری شده را با شاخص‌های موجود بررسی کرده و با توجه به میزان ضریب همبستگی، بهترین شاخص برای بررسی هر یک از عناصر انتخاب و این شاخص‌ها برای منطقه مورد مطالعه کالیبره گردند. بدین منظور باید با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی، اسیدیتته، سدیم، منیزیم، پتاسیم، کلسیم خاک هم‌زمان با تصویربرداری نسبت به برقراری ارتباط بین عناصر اندازه‌گیری شده و بهترین شاخص آشکارسازی این عناصر اقدام و پس از به دست آوردن این رابطه در تاریخ‌های بعدی تصویربرداری می‌توان با اعمال این رابطه و بدون نیاز به نمونه‌برداری‌های مجدد نقشه پراکنش هدایت الکتریکی، اسیدیتته، سدیم، منیزیم، پتاسیم، کلسیم خاک منطقه را مستقیماً از روی تصاویر ماهواره‌ای تهیه کرد. با توجه به ضرایب همبستگی به‌دست‌آمده برای منطقه مورد مطالعه، تهیه مدل و اعمال آن، می‌تواند نقشه‌ای از پارامترهای شوری خاک سطحی منطقه تولید نماید که از لحاظ سرعت، دقت، هزینه و بهنگام بودن، بسیار قابل توجه هستند. با توجه به مطالب فوق و بر اساس ضرایب همبستگی، روی هم‌رفته از ۶۰ مدل به‌دست‌آمده از مدل‌های رگرسیونی دو متغیره، ۱۱ مدل بهینه برای منطقه‌ی مطالعاتی انتخاب و در جدول ۴ ارائه شده است. محققانی از جمله درویش‌صفت (۷)، عبدی نام (۹) و فرناندز-بوسس و همکاران (۱۸) با استفاده از ضرایب همبستگی ارزش‌های طیفی تصاویر و هدایت الکتریکی و مدل‌های رگرسیونی مناسب، نقشه‌های شوری و قلیائیت را تهیه کرده‌اند. با توجه به تفاسیر

در مقیاس وسیع تر از فن سنجش از دور نیز بهره گرفته شود. استفاده از این فن در مطالعه خصوصیات مناطق خشک و نیمه خشک ضمن اینکه محدودیت‌های مکانی را کاهش می‌دهد، موجب صرفه‌جویی در زمان نیز می‌شود. در این پژوهش برای انتخاب بهترین شاخص ماهواره‌ای شوری از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ استفاده شد. به این منظور ابتدا با ۷۷ نقطه اندازه‌گیری، نقشه‌های پراکنش سدیم، پتاسیم، کلسیم، هدایت الکتریکی و اسیدیته در منطقه مورد مطالعه تهیه شد. سپس با استفاده از روش رگرسیون فضایی، همبستگی بین نقشه‌های تولید شده با ۱۰ متغیر به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، شامل شاخص‌های شوری بررسی شد.

نتایج نشان می‌دهد که از هر ده شاخص استفاده شده برای تشخیص شوری در منطقه مورد مطالعه، می‌توان برای جداسازی اراضی شور استفاده کرد، اما دقت و قدرت تفکیک آن‌ها متفاوت است. نتایج نشان داد که بهترین شاخص برای منطقه مورد مطالعه شاخص شوری استاندارد شده است، برای بررسی اسیدیته شاخص شوری و شاخص شوری ملایر مناسب است. همچنین امکان مطالعه قابلیت خاک منطقه مورد مطالعه، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای وجود ندارد. نتایج این تحقیق با مطالعات عبدی نام (۹)، درویش صفت (۷)، الحداد و گارسیا (۱۶)، فرناندز- بوسس و همکاران (۱۸)، خان و همکاران (۲۰)، رائو و همکاران (۲۳) و وود و همکاران (۲۶) همخوانی دارد. همچنین با نتایج تحقیق خواجه‌الدین (۶) در مورد ارتباط بین داده‌های ماهواره‌ای با غلظت کلسیم و پتاسیم مطابق نیست؛ اما با نتایج مربوط به هدایت الکتریکی و غلظت سدیم مطابقت دارد. با توجه به اینکه دشت ملایر جزء اراضی با شوری کم محسوب می‌شود، از نتایج این تحقیق می‌توان در پهنه‌بندی اراضی شور استفاده کرد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده ضمن افزایش دقت نمونه‌ها و استفاده از روش‌های دیگر درون‌یابی از تصاویر با قدرت تفکیک زمانی و مکانی بالاتری استفاده شود. از طرفی سنجنده‌ها تنها سطح خاک را اسکن می‌کنند در حالی که تمامی پروفیل خاک تحت تأثیر شوری است؛ این محدودیت ضرورت استفاده از سایر

مدل‌های موجود، به ترتیب ۴ و ۲ مدل به عنوان مدل بهینه انتخاب شده است با توجه به اینکه ضریب تبیین این مدل‌ها با هم برابر است، برای انتخاب بهترین مدل از میانگین خطا استفاده شد. میانگین خطا و انحراف معیار خطا، میزان اعتبار مدل را نشان می‌دهد. ریورو و همکاران (۲۴) در تخمین فسفر خاک با داده‌های ETM<sup>+</sup> به روش رگرسیون خطی به ترتیب مقادیر میانگین خطا و انحراف معیار خطای مدل برابر با ۱۳۳/۷ و ۳۵۶/۱ به دست آوردند. امینی (۱) برای نسبت جذب سدیم به روش کریجینگ مقادیر میانگین خطا و انحراف معیار خطای مدل معادل ۵۳ و ۸۵ به دست آورده و بالا بودن این مقادیر را به بالا بودن انحراف استاندارد و تغییرات شدید داده‌های سدیم قابل تبادل ارتباط داده است. در این مطالعه پایین بودن مقادیر میانگین خطا و انحراف معیار خطای مدل و همچنین ضریب همبستگی بالای عناصر منیزیم، پتاسیم و کلسیم، نشان می‌دهد مدل‌های به دست آمده بر اساس اطلاعات ماهواره‌ای تخمین‌گر خوبی برای برآورد عناصر ذکر شده است. همچنین پایین بودن میانگین خطا و انحراف معیار خطای مدل، می‌تواند به علت استفاده از روش رگرسیون فضایی باشد، در این روش اطلاعات موجود در هر پیکسل تبدیل به داده شده و تصاویر موجود پیکسل به پیکسل باهم مقایسه می‌شوند، این امر باعث کاهش خطای مدل‌های ارائه شده می‌گردد. با توجه به اینکه شاخص شوری استاندارد شده دارای کمترین میانگین خطا است، این شاخص به عنوان بهترین شاخص برای بررسی کلسیم و پتاسیم منطقه مورد مطالعه انتخاب شد.

شوری به عنوان یکی از عوامل مهم تخریب اراضی در مناطق خشک و نیمه خشک از طریق محدود کردن رشد گیاه باعث کاهش تولیدات کشاورزی می‌شود. خاک‌های شور دارای مقدار زیادی املاح محلول هستند. وجود این املاح موجب تغییراتی در خواص فیزیکی، شیمیایی و مرفولوژیکی آن‌ها می‌شود که در مجموع محیط را برای رشد گیاهان نامناسب می‌کند. برای شناخت بیشتر خاک‌های مناطق شور و قلیا تنها بررسی مشخصات فیزیکی، شیمیایی و مرفولوژیکی خاک‌ها کافی نیست، بلکه بهتر است جهت مطالعه و بررسی این مناطق

- ملی ژئوماتیک. تهران، سازمان نقشه‌برداری کشور. ۱ الی ۲ اردیبهشت ماه.
۸. دشتکیان، ک. م. پاک‌پرور و ج. عبدالهی. ۱۳۸۷. بررسی روش‌های تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست در منطقه مروس. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۵(۲): ۱۳۹-۱۵۷.
۹. عبدی‌نام، ع. ۱۳۸۳. بررسی تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از ایجاد همبستگی بین داده‌های ماهواره‌ای با مقادیر عددی شوری خاک در دشت قزوین. پژوهش و سازندگی (در زراعت و باغبانی)، ۱۷(۳): ۳۳-۳۸.
۱۰. فتاحی، م. م. ۱۳۹۰. کاربرد سنجش از دور و GIS در ارزیابی و طبقه‌بندی شوری‌زایی به روش FAO-UNEP (مطالعه موردی: حوضه آبخیز قمرود). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۲(۲): ۱۱۱-۱۲۱.
۱۱. کبیری، ک. ۱۳۸۰. بررسی اثرات خشک‌سالی بر پوشش گیاهی ایران در دهه ۹۰ میلادی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای NOAA. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی. ۱۲۰ صفحه.
۱۲. متکان، ع. ا. ا. نوحه‌گر، ب. میرباقری و ن. ترک‌چین. ۱۳۹۳. تحلیل نقش کاربری اراضی در شکل‌گیری جزایر حرارتی با استفاده از داده‌های چند زمانه سنجنده ASTER (مطالعه موردی: شهر بندرعباس). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۵(۴): ۱-۱۴.
۱۳. محمدزاده، م. ۱۳۹۱. آمار فضایی و کاربردهای آن. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۴۲۶ صفحه.
14. Bell D, Menges C, Ahmad W, Van Zyl J. 2001. The application of dielectric retrieval algorithms for mapping soil salinity in a tropical coastal environment using airborne polarimetric SAR. *Remote Sensing of Environment*, 75(3): 375-384.
15. Dwivedi R. 1996. Monitoring of salt-affected soils of the Indo-Gangetic alluvial plains using principal component analysis. *International Journal of Remote Sensing*, 17(10): 1907-1914.
16. Elhaddad A, Garcia L. 2006. Detecting soil salinity levels in agricultural lands using satellite imagery. In: *Proceedings of the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Annual Conference*.
- تکنیک‌ها و داده‌ها را در مطالعه شوری مشخص می‌کند. در مطالعات آینده می‌توان از ترکیب سنجش از دور با مدل‌سازی حرکت املاح و استفاده از روش‌های پیشرفته ژئوفیزیکی (EM)، برای پیشگویی و تعیین شوری استفاده کرد.
- ### منابع مورد استفاده
۱. امینی، م. ۱۳۸۷. بررسی زمین آماری شوری و قلیائیت خاک در خاک‌های انتخاب شده از منطقه رودشت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۱۹ صفحه.
  ۲. چیت‌ساز، و. ۱۳۷۸. بررسی امکان تهیه نقشه شوری و قلیائیت خاک در منطقه شرق اصفهان با استفاده از داده‌های رقومی TM. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۱۲ صفحه.
  ۳. حسونندی، ن. ا. لندی، ح. ر. متین‌فر و م. ح. طاهرزاده. ۱۳۹۳. تهیه نقشه شوری سطحی خاک با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره لندست ETM<sup>+</sup> در منطقه‌ای در جنوب اهواز. *مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی)*، ۳۷(۱): ۲۳-۳۳.
  ۴. خدادادی، م. م. ص. عسکری، ف. سرمیدان، ا. حیدری، ح. ع. رفاهی، ع. ا. نوروزی و ح. ر. متین‌فر. ۱۳۸۷. تهیه نقشه خاک‌های تحت تأثیر شوری و قلیائیت با استفاده از داده‌های سنجنده ETM<sup>+</sup> در بخشی از دشت قزوین. پژوهش و سازندگی (در زراعت و باغبانی)، ۸۰: ۷۷-۹۰.
  ۵. خنامانی، ع. ر. جعفری، ح. سنگونی و ع. شهبازی. ۱۳۹۰. ارزیابی وضعیت خاک با استفاده از فناوری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: دشت سگری اصفهان). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۲(۳): ۲۵-۳۷.
  ۶. خواجه‌الدین، س. ج. ۱۳۷۵. استفاده از داده‌های ماهواره Landsat MSS 5 در بررسی جوامع گیاهی و تعیین اراضی شور منطقه جازموریان. دومین همایش ملی بیابان‌زایی و روش‌های مختلف بیابان‌زدایی. کرمان، معاونت آموزش و تحقیقات وزارت جهاد سازندگی، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. ۱ الی ۲ شهریورماه.
  ۷. درویش‌صفت، ع. ا. ۱۳۸۱. ادغام داده‌های ماهواره‌ای. همایش

- Remote Sensing of Environment, 28: 327-337.
22. Metternicht G, Zinck J. 2009. Remote sensing of soil salinization: Impact on land management. CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC. 272 p.
  23. 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.
  24. Rivero R, Grunwald S, Bruland G. 2007. Incorporation of spectral data into multivariate geostatistical models to map soil phosphorus variability in a Florida wetland. *Geoderma*, 140(4): 428-443.
  25. Tripathi N, Rai BK, Dwivedi P. 1997. Spatial modeling of soil alkalinity in GIS environment using IRS data. In: *The 18th Asian Conference on Remote Sensing*, Kuala Lumpur, Malaysia, 20-25 October.
  26. Wood G, Loveland P, Kibblewhite M. 2004. The use of remote sensing to deliver soil monitoring. National Soil Resources Institute Cranfield University, Silsoe.
  17. Farifteh J, Farshad A. 2002. Remote sensing and modeling of top soil properties, a clue for assessing land degrading. 17<sup>th</sup> World Congress of Soil Science, Bangkok, Thailand, 14-20 August.
  18. Fernandez-Buces N, Siebe C, Cram S, Palacio J. 2006. Mapping soil salinity using a combined spectral response index for bare soil and vegetation: A case study in the former lake Texcoco, Mexico. *Journal of Arid Environments*, 65(4): 644-667.
  19. Goldshleger N, Ben-Dor E, Benyamini Y, Agassi M. 2004. Soil reflectance as a tool for assessing physical crust arrangement of four typical soils in Israel. *Soil Science*, 169(10): 677-687.
  20. Khan N, Rastoskuev V, Shalina E, Sato Y. 2001. Mapping salt-affected soils using remote sensing indicators-A simple approach with the use of GIS IDRISI. 22<sup>nd</sup> Asian Congress on Remote Sensing, 5-9 November, Singapore.
  21. Menenti M, Bastiaanssen W, Van Eick D. 1989. Determination of surface hemispherical reflectance with Thematic Mapper data.



## Soil salinity map preparation using spectral analysis of OLI sensor and field data (Case study: Southern parts of Malayer plain)

D. Akhzari <sup>1\*</sup>, A. Asadi Meyabadi <sup>2</sup>

1. Assis. Prof. College of Natural Resources and Environment, Malayer University

2. MSc. Student of Rangeland Sciences, Malayer University

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 21 June 2015

Accepted 10 March 2016

Available online 20 August 2016

#### Keywords:

Salinity index

OLI sensor

Interpolation

Spatial regression

Malayer plain

### ABSTRACT

Soil salinity in arid and semi-arid lands is one of the most important limiting factors which changes vegetation types and biomass due to natural resources production reduction. The Landsat 8 satellite images (2014) were used in this research to select the best satellite indices for soil salinity evaluation. All soil samples were conducted in September 2014. Based on 77 points of measurement the distribution maps of sodium, magnesium, potassium, calcium, electrical conductivity and soil acidity were prepared by Kriging interpolation method which was developed in ArcGIS<sup>®</sup>9.3 software. After that, the correlations between the produced maps and ten remote sensing indices have been investigated by use of spatial regression. Maps of the distribution of sodium, potassium, magnesium, calcium, soil conductivity, acidity, salinity and alkalinity also prepared and proper regression models were presented. The results show that for the detection of distribution of electrical conductivity and sodium, according to correlation coefficient, the Salinity Index and Malayer Salinity Index were suitable indices. In order to detect the distribution of magnesium, calcium and potassium in the study area due to the high correlation coefficient (0.88), the normalized difference salinity index can be used. Due to the not significant difference of spatial regression of soil alkalinity, it could not be used. The results showed that the normalized difference salinity index can be used for general measurement of all soil elements. According to the regression equation derived between indices and prepared maps of field studies, the optimal models for soil salinity mapping of the study area were determined and calibrated. Based on satellite data, obtained models of this study have suitable estimates of study elements because their coefficient of correlation is acceptable. With the completion, expansion and development of findings of this study, zonation lands without the need for sampling could be done. This method, while providing greater precision can also minimize the sample costs.

\* Corresponding author e-mail address: [d\\_akhzari@yahoo.com](mailto:d_akhzari@yahoo.com)