

## بررسی روشهای تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست در منطقه مروست<sup>۱</sup>

کاظم دشتکیان<sup>۱\*</sup>، مجتبی پاک‌پرور<sup>۲</sup> و جلال عبدالهی<sup>۳</sup>

\* نویسنده مسئول، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، ص.پ. ۸۹۱۶۵/۵۷۱ پست الکترونیک: dashtekian@yahoo.com

۲- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس.

۳- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد.

تاریخ دریافت: ۸۵/۱۱/۲۳ تاریخ پذیرش: ۸۶/۷/۲۳

### چکیده

بایش و مدیریت شوری یکی از مهمترین مسائل کشاورزی خصوصا در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. به منظور دستیابی به این هدف بهره‌گیری از ابزار نوین مانند سنسجش از دور و GIS اجتناب‌ناپذیر است. بیشتر دانشمندان با استفاده از روش طبقه‌بندی با الگوریتم حداکثر درست‌نمایی نقشه شوری خاک را تهیه نموده‌اند، ولی لازمه این روش عملیات میدانی و نمونه‌گیری صحرائی است. در این مطالعه از روشهای مختلف جهت تهیه نقشه شوری خاک برای منطقه مروست یزد استفاده گردید. این روشها عبارتند از: شاخص درجه‌روشنایی (BI)، شاخص شوری استاندارد شده (NDSI)، شاخص شوری (SI)، شاخص شوری برای منطقه یزد (YSI)، روش حداکثر درست‌نمایی و روش میانگین رگرسیون‌ها. پس از بررسی و مقایسه روشهای مختلف با نقشه شوری خاک حاصل از اطلاعات میدانی، مناسب‌ترین روش جهت تهیه نقشه شوری خاک، روش میانگین رگرسیونها با باندهای استاندارد شده ۲، ۱ و ۳ تشخیص داده شد و روش شاخص شوری در مرتبه دوم قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: شوری خاک، سنسجش از دور، یزد، GIS.

### مقدمه

امواج رادیویی، مادون قرمز، ماورای بنفش، ایکس و نور مرئی از شکلهای مختلف طیف الکترومغناطیسی هستند. خاک پدیده‌ای است که با پیچیدگی‌های زیاد فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی همراه است، بنابراین انتظار پیچیدگی‌های طیفی خاک نیز منطقی است (علوی‌پناه، ۱۳۸۲). به همین دلیل روش و یا رابطه ریاضی مشخص برای تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از اطلاعات سنسجش از دور وجود ندارد. دانشمندان مختلف هر کدام

مسائل شوری در کشاورزی در نقاط خشک و نیمه‌خشک شدیدتر است. این مناطق ۲۵ درصد سطح کل زمین را تشکیل می‌دهد (دیانت‌نژاد و بهفر، ۱۳۶۶). بر اساس برآوردهای انجام شده ۷ درصد از اراضی جهان (۰/۹۲×۱۰۹ هکتار) شور و ۳ درصد (۰/۴×۱۰۹ هکتار) بسیار شور یا قلیا هستند (علوی‌پناه، ۱۳۷۱).

سنسجش از دور عبارت است از شناسایی، جمع‌آوری و تفسیر داده‌ها از راه دور به وسیله سنجنده‌ها. سنجنده‌ها بازتاب امواج الکترومغناطیسی سطح زمین را اندازه‌گیری می‌کنند (Khaier, 2003).

-----  
- این مقاله حاصل بخشی از نتایج طرح تحقیقاتی است که در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد اجرا گردیده است.

را با استفاده از سنسور از دور بطور خلاصه بیان نموده است (Salman & Mubeen-Ul-Din, 2000). مسعود در یک بررسی با استفاده از روشهای معمول پردازش تصاویر، طبقه‌بندی تصاویر و تکنیک‌های بررسی اختلاف، تغییرات شوری خاک و پوشش سطح زمین را بررسی نمود (Masoud & Kolk, 2004). تا کنون از شاخص‌های مختلف مانند شاخص شوری (Salinity Index)، NDVI و NDSI (Normalized Difference Salinity Index) نیز به منظور تهیه نقشه شوری خاک استفاده شده است (Eldeiry et al., 2005, Garcia & Elhaddad, 2005, ) (Khaier, 2003 and Khan et al., 2001). مترنخت و زینک عکسهای هوایی، تصاویر سنجنده‌های چند طیفی فضایی، تصاویر سنجنده‌های امواج کوتاه، تصاویر ویدیویی و ژئوفیزیک هوایی را برای نمایش تغییرات شوری خاک مورد بررسی قرار دادند (Metternicht & Zinck, 2003).

هدف اصلی از انجام این مطالعه، بررسی روشهای موجود و یافتن روشی مناسب جهت تعیین شوری خاک در مناطق بیابانی است. از دیگر اهداف آن، می‌توان کمک به مسئولین جهت استفاده از روش اجرایی یاد شده برای پایش اراضی را نام برد.

## مواد و روشها

### ۱-۲- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه محدوده‌ای است چهارگوش به مساحت ۸۸۹۸۲ هکتار و عرض جغرافیایی ۳۰۱۵۰۰ تا ۳۰۳۰۰۰ و طول جغرافیایی ۵۴۰۰۰۰ تا ۵۴۲۰۰۰ (در سیستم UTM زون 40R). شکل شماره ۱، موقعیت محدوده مطالعاتی را نمایش می‌دهد. این محدوده شهر

با توجه به منابع و منطقه مورد مطالعه روشی را برای بررسی شوری خاک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بیان کردند. پاک پرور و ابطحی از روش حداکثر درست‌نمایی (Maximum Likelihood) برای نمایش شوری خاک استفاده کردند (Pakparvar & Abtahi, 2002). چیت‌ساز از داده‌های ماههای مختلف سال ۱۹۸۷ مربوط به سنجنده MSS برای بررسی فاکتورهای مختلف خاک در منطقه جازموریان استفاده کرده و رابطه‌ای بین EC و غلظت سدیم با داده‌های ماهواره‌ای ماه جولای محاسبه کرده و با تکنیک تفکیک تراکمی (Density Slicing) آنها را طبقه‌بندی کرد و رابطه مناسبی برای دیگر فاکتورهای خاک پیدا نکرد (چیت‌ساز، ۱۳۷۸).

دماوندی و همکاران با استفاده از داده‌های سنجنده TM در منطقه حوض سلطان قم، رابطه بین EC و داده‌های رقومی (DN: Digital Number) را بررسی نمود و از طریق تجزیه رگرسیون رابطه معنی‌داری بین EC و DN محاسبه نمود، ولی به دلیل پایین بودن ضریب همبستگی، از طریق طبقه‌بندی با الگوریتم حداکثر درست‌نمایی نقشه شوری منطقه را تهیه کرده است (دماوندی و درویش‌صفت، ۱۳۷۸). علوی پناه با استفاده از تصاویر ماهواره لندست، تغییرات شوری خاک را در پلاهای دامغان با استفاده از تفسیر بصری و پردازش رقومی انجام داده است (علوی‌پناه، ۱۳۷۹). وی همچنین شوری خاک و پوشش گیاهی را در حوزه رودخانه شور کرج با استفاده از سنسور از دور بررسی نمود و روش حداکثر احتمال را برای تهیه نقشه شوری استفاده نمود و نشان داد که باند حرارتی حاوی اطلاعاتی است که می‌تواند مکمل باندهای انعکاسی باشد. سلمان و همکاران در یک مرور کلی روشهای مختلف بررسی شوری خاک

سورفر نسخه ۷ (Surfer 7.0) و جهت پردازش اطلاعات و مقایسه‌های آماری از نرم‌افزارهای اکسل، اسپ‌اس‌اس (SPSS) و سس (SAS) استفاده گردید.

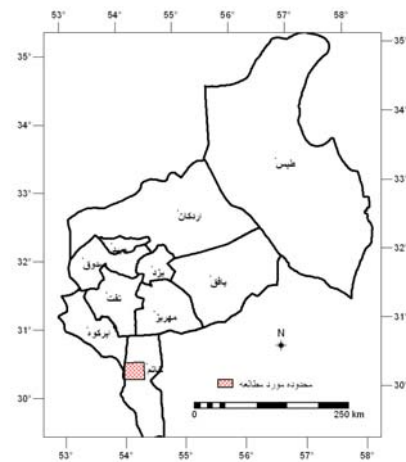
۲-۲-۱- پردازش اولیه و آماده سازی تصاویر

ابتدا داده‌ها از نظر مطابقت مختصات با نقاط زمینی، مورد تصحیح یا به اصطلاح زمین مرجع (Georeference) گردیدند. این کار با برداشت نقاط کنترل زمینی و استفاده از سیستم موقعیت یاب جهانی یا GPS انجام گردید. خطای بدست آمده در این مورد حدود ۰/۵۳۲ پیکسل بود. بقیه باندها نیز به روش نزدیکترین همسایه (Nearest Neighbour Resample Method) بر اساس باند اصلاح شده بازنویسی گردیدند. به منظور تهیه تصاویر کاذب و ترکیب باندها، عامل شاخص مطلوب یا OIF (Optimum Index Factor) مورد محاسبه قرار گرفت و تصویر رنگی کاذب یا FCC (False Color Composite) منطقه تهیه گردید. با توجه به وجود لکه‌های کوچک ابر در تصویر قرار گرفتن سایه آنها بر روی زمین و به منظور جلوگیری از بروز خطاهای احتمالی، نقاطی که شامل ابر یا سایه ابر بودند بر روی این تصویر مشخص و از محدوده مطالعاتی حذف گردیدند و محدوده مورد مطالعه مجدداً تعریف گردید.

۲-۲-۲- برداشت اطلاعات صحرائی و تهیه اطلاعات جانبی

با توجه به تاریخ تصویر، مراجعات صحرائی برای جمع‌آوری داده‌های صحرائی در تیر و مرداد انجام پذیرفت. نمونه‌برداری صحرائی با روش مختلط انجام گرفت، ابتدا تعدادی نقطه بصورت شطرنجی و تصادفی تعیین گردید، سپس مناطق همگن با دید چشمی روی تصویر کاذب از هم تفکیک گردید و روی این تصویر محدوده‌هایی که فاقد

مروست و قسمت عمده اراضی کشاورزی آن را شامل می‌شود. متوسط بارندگی ۱۵ ساله در محدوده ایستگاه هواشناسی مروست ۷۶/۸ میلی‌متر، متوسط دمای سالیانه ۱۸/۳ درجه سانتیگراد و اقلیم محدوده مورد مطالعه خشک سرد تا فراخشک سرد می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه در استان یزد و شهرستان خاتم

۲-۲- روش مطالعه

با توجه به اینکه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در ایران رایج‌تر است و با توجه به پوشش زمانی خوب این تصاویر، در این مطالعه از تصویر سنجنده ETM+ متعلق به لندست ۷ و تاریخ دهم جولای سال ۲۰۰۲ مطابق با ۱۹ تیر ۱۳۸۱ استفاده گردید. تصویر مورد نظر مربوط به مسیر ۱۶۲ و ردیف ۳۹ می‌باشد. اندازه پیکسل‌های این تصویر برای باند حرارتی ۵۷ متر، باند پانکروماتیک ۱۴/۲۵ متر و برای بقیه باندها ۲۸/۵ متر بود. به منظور انجام کارهای سنجنش از دور و GIS از نرم افزار ایلویس (Ilwis 3.3) نسخه ۳/۳، جهت تهیه نقشه‌های همسان و عملیات اینترپوله (Interpolation) از

تفکیک پدیده‌ها و واحدهای اراضی اقدام شد. پس از انتخاب نمونه‌های تعلیمی با استفاده از تمامی باندها و روش حداکثر درست‌نمایی، طبقه‌بندی منطقه از نظر کاربری اراضی صورت گرفت. بررسی منابع و مطالعات نشان داد که بیشتر قریب به اتفاق مطالعه کنندگان، مطالعه شوری خاک را با استفاده از نمونه‌های تعلیمی زمینی و سرانجام طبقه‌بندی تصاویر به کمک داده‌های زمینی تعیین نموده‌اند. باید به دنبال روشی باشیم که بدون استفاده از اطلاعات زمینی و فقط با استفاده از اطلاعات دورسنجی قادر باشیم تا نقشه شوری خاک تهیه کنیم. برای این منظور و جهت دستیابی به مناسب‌ترین روش سه مرحله به شرح زیر اجرا شد.

مرحله اول: تهیه نقشه شوری واقعی خاک با استفاده از داده‌های صحرایی

با توجه به اینکه هدف ما رسیدن به روشی است که با آن بتوانیم نقشه شوری برای تمامی منطقه تهیه کنیم و برای آنکه بتوانیم نقشه‌های تولیدی با روشهای مختلف را از نظر کارایی و دقت مقایسه کنیم، برای این منظور دو نقشه تهیه شد. ۱- نقشه طبقه‌بندی شده شوری با استفاده از روش حداکثر درست‌نمایی. ۲- نقشه رستری شوری خاک. برای تهیه این نقشه ابتدا نقشه خطوط همسان EC تهیه گردید و سپس با استفاده از آن نقشه رستری شوری خاک تهیه گردید. بدیهی است، هرچه تعداد نمونه بیشتر باشد دقت نیز افزایش می‌یابد، ولی با توجه به اینکه نمونه‌ها به روش تصادفی انتخاب شده بودند و با توجه به هزینه نمونه‌برداری، از نمونه‌های یادشده برای درون‌یابی استفاده گردید.

مرحله دوم: بررسی باندها، روشها یا شاخص‌ها و تعیین بهترین و مناسب‌ترین آنها  
برای این منظور، تمامی اطلاعات موجود برای هر یک از نقاط نمونه‌برداری جمع‌آوری و برای هر یک از نقاط

حداقل یک نمونه بودند برای آنها نیز یک نمونه در نظر گرفته شد. سرانجام تعداد ۱۰۷ نقطه جهت نمونه‌برداری روی تصویر مشخص گردید (شکل شماره ۲) و مختصات آنها نیز تعیین شد. با توجه به عدم امکان دسترسی به عمق کویر مرطوب و به دلیل عدم توجیه نمونه‌برداری در محدوده اراضی شهری و تأسیسات و به دلیل پیچیدگی مقوله خاک‌شناسی در اراضی کشاورزی و باتوجه به عدم نیاز به نمونه‌برداری در اراضی صخره‌ای و همچنین نقاطی که حاوی لکه‌های ابر بودند، طبیعی است که این مناطق از نمونه‌برداری حذف گردیدند. بنابراین تعداد نمونه‌های تکمیل شده به ۹۷ نقطه تقلیل یافت. این تعداد نمونه در حد استاندارد، تعداد نمونه برای مطالعات نیمه‌تفصیلی خاک‌شناسی است. نمونه‌برداری از خاک با انتخاب ۵ نقطه از هر مکان انجام شد، یکی از مرکز و ۴ نمونه در ۴ جهت با زاویه ۹۰ درجه و فاصله ۳۵ متر از مرکز. نمونه‌ها با هم مخلوط و یک نمونه مرکب تهیه گردید. نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۱۰ سانتیمتری صورت گرفت، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و بافت، EC، pH، گچ، آهک، SAR، میزان یونهای کلر، کلسیم، منیزیم، سدیم و درصد سنگریزه آنها اندازه‌گیری شد. در صحرا نیز درصد پوشش گیاهی، تیپ گیاهی غالب، درصد پوشش سنگ و سنگریزه، نوع کاربری زمین و شرایط خاص یادداشت شد. همبستگی هر یک از عوامل (خصوصاً EC) با داده‌های رقومی مورد بررسی قرار گرفت و از نتایج آن در مراحل بعدی جهت تهیه نقشه‌ها استفاده گردید.

۲-۳-۲- پردازش اطلاعات و تلفیق نقشه‌ها

بعد از آماده سازی تصاویر و پردازش اولیه و با استفاده از OIF، تصاویر کاذب تشکیل و به کمک اطلاعات حاصل از بازبندیهای صحرایی و مدارک موجود نسبت به شناخت و

نمونه برداری زمینی، اطلاعات رقومی باندهای مختلف نیز تعیین گردید. میانگین اعداد مربوط به ۹ پیکسل همجوار در هر نقطه به عنوان مقدار عددی داده‌های ماهواره‌ای (DN) برای هر یک از باندها منظور گردید. جدول ۱ متغیرهای مهم مورد اندازه‌گیری را نشان می‌دهد.

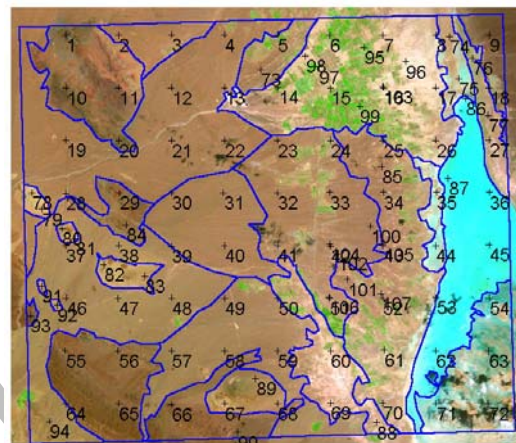
روش اول: روش شاخص شوری برای منطقه یزد اساس شاخص‌های اختلاف نرمال مثل NDVI بر تفاوت بازتاب طیفی اجسام در طول موجهای مختلف استوار است. به منظور بررسی میزان بازتاب طیفی خاک شور در طول موجهای مختلف در این منطقه، اراضی با شوری فوق‌العاده زیاد جدا گردید. این محدوده شامل بخشی از کویر مروست به مساحت تقریبی ۹۸۵۰ هکتار (مشمول بر ۱۲۱۲۶۳ پیکسل) بود. میانگین عددی داده‌های رقومی برای همه باندها در این محدوده مشخص گردید. با توجه به بازتاب طیفی منطقه کویر و میزان همبستگی بین داده‌های رقومی باندهای مختلف و شوری خاک سطحی، شاخص شوری برای منطقه یزد (Salinity Yazd Index) تعریف گردید؛ برابر است با  $YSI = \frac{band1}{band3 + band1}$  که band1 و band3 به ترتیب مقادیر عددی مربوط به باندهای ۳ و ۱ می‌باشد.

روش دوم: روش میانگین رگرسیونها

اجرای این روش به صورت خلاصه به شرح زیر می‌باشد:

الف- تهیه نقشه اطلاعات رقومی استاندارد شده برای هر یک از باندها

ب- اگر با استفاده از اطلاعات رقومی یکی از باندها در سال ۲۰۰۲ رابطه‌ای برای محاسبه شوری خاک بدست آوریم نمی‌توانیم با این رابطه شوری سطح خاک برای تاریخ دیگری بدست آوریم. زیرا مقادیر عددی باندها یک مقدار نسبی است. به عنوان مثال، اگر مقدار عددی یک پیکسل مشخص و ثابت را در نظر بگیریم این



شکل ۲- موقعیت نقاط نمونه برداری

به منظور بررسی روابط ابتدا ماتریس همبستگی برای تمامی متغیرها تشکیل شد. در این رابطه، چند شاخص موجود مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از هر کدام یک نقشه رستری تهیه گردید. مهمترین آن شاخص‌ها عبارتند از:

شاخص درجه روشنایی یا (Brightness Index) BI

$$BI = \sqrt{B_3^2 + B_4^2}$$

شاخص شوری استاندارد شده یا NDSI

$$\text{(Normalized Difference Salinity Index)} \\ NDSI = \frac{B3 - B4}{B3 + B4}$$

شاخص شوری یا (Salinity Index) SI

$$SI = \sqrt{B1 \times B3}$$

که در آنها B1، B3 و B4، مقادیر عددی اطلاعات

رقومی باندهای ۱، ۳ و ۴ است (Kappa et al., 2005)

ب- تلاقی نقشه‌های مرحله یک و دو و تشکیل بردار تلاقی و محاسبه روابط رگرسیونی بین آنها. برای این منظور ابتدا نقشه‌ها با هم تلاقی داده شدند. با توجه به اینکه تعداد پیکسل‌های موجود در محدوده مورد مطالعه بالغ بر یک میلیون عدد است و نظر به اینکه هر دو نقشه دارای دامنه عددی وسیع بودند، بنابراین تعداد حالت‌های ممکن در تلاقی دو نقشه می‌تواند زیاد باشد. جهت کاهش داده‌ها برای هر یک از مقادیر نقشه اول روی مقادیر نقشه دوم میانگین وزنی محاسبه شد. به عنوان مثال، به ازای نقشه اول برابر با ۲/۱۱- مقدار EC برابر با ۹/۶۷ خواهد شد. حاصل کار برای مثال مورد نظر، جدولی است با ۱۴۶ رکورد که به ازای هر مقدار DN استاندارد شده یک مقدار برای EC خاک وجود دارد. با استفاده از این داده‌ها رابطه رگرسیون بین DN استاندارد شده و شوری خاک محاسبه گردید. به این ترتیب، DN به عنوان متغیر مستقل و EC به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد.

مقدار در تصاویری که در تاریخ‌های بعدی تهیه می‌شود ثابت نیست.

با استفاده از معادله زیر که برای استاندارد کردن مقادیر در جوامع مختلف آماری به کار می‌رود اطلاعات رقومی باندهای مختلف استاندارد شدند.

$$Z_i = \frac{x - \bar{X}}{S}$$

که در آن  $Z_i$ : عدد استاندارد شده پیکسل نام

$\bar{X}$ : میانگین DN پیکسل نام

$S$ : انحراف معیار DN تمامی پیکسل‌ها در محدوده مورد مطالعه

مورد مطالعه

به این ترتیب، نقشه جدیدی برای هر یک از باندها تهیه شد که مقدار عددی پیکسل‌های آن دارای میانگین صفر و انحراف معیار یک خواهد بود.

مورد مطالعه

به این ترتیب، نقشه جدیدی برای هر یک از باندها تهیه شد که مقدار عددی پیکسل‌های آن دارای میانگین صفر و انحراف معیار یک خواهد بود.

جدول ۱- متغیرهای مهم اندازه‌گیری شده و مورد بررسی

نام متغیر	تشریح	نام متغیر	تشریح
PlantC	درصد پوشش گیاهی	Na	یون سدیم برحسب meq./lit.
GravelC	درصد پوشش سنگ و سنگریزه	S.A.R	نسبت جذب سدیم
EC	شوری اندازه‌گیری شده ۱۰ سانتیمتری سطح خاک	Band1	مقدار عددی باند ۱
Ph	واکنش گل اشباع	Band2	مقدار عددی باند ۲
T.N.V	درصد مواد خنثی شونده خاک	Band3	مقدار عددی باند ۳
CaSO4	گچ $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ برحسب meq/100g	Band4	مقدار عددی باند ۴
Sand	درصد شن	Band5	مقدار عددی باند ۵
Silt	درصد سیلت	Band61	مقدار عددی باند ۶ برداشت پایین
Clay	درصد رس	Band62	مقدار عددی باند ۶ برداشت بالا
Ca	یون کلسیم برحسب meq./lit.	Band7	مقدار عددی باند ۷
Mg	یون منیزیم برحسب meq./lit.	Band8	مقدار عددی باند ۸

هر سه مدل در سطح ۱٪ معنی دار بودند (جدول c-۴) ولی مدل ۳ دارای F بزرگتر بود و هر یک از ضرایب بطور جداگانه هم، معنی دار بودند (جدول d-۴)، بنابراین بهترین مدل برای این منظور عبارت است از:

$$EC = 235/871zdnb1 - 185/769zdnb2 + 53/331$$

که در آن EC: میزان شوری خاک سطحی

zdnb1: داده‌های رقومی استاندارد شده باند ۱ است.

zdnb2: داده‌های رقومی استاندارد شده باند ۲ است.

روابط هر یک از باندها به طور جداگانه نیز با شوری خاک سطحی مورد بررسی قرار گرفت که در این ارتباط ابتدا نقشه شوری واقعی خاک با نقشه داده‌های استاندارد شده هر یک از باندها تلاقی داده شد و میانگین وزنی هر یک از مقادیر شوری در ارتباط با مقادیر باندها محاسبه و در نتیجه بهترین معادله رگرسیون برای محاسبه شوری خاک سطحی از روی داده‌های استاندارد شده باندهای ۱، ۲ و ۳ بدست آمد (تصاویر ۳، ۴ و ۵).

تهیه نقشه‌های مختلف در ارتباط با شوری خاک

۱- نقشه‌های شوری خاک حاصل از اطلاعات صحرائی براساس نمونه‌برداری‌های انجام شده (مساحت و تعداد نمونه در بند ۲-۲-۲ تشریح شده) نقشه خطوط هم EC و نقشه رستری شوری خاک سطحی (شکل ۶) تهیه گردید. در این نقشه هر پیکسل  $30 \times 30$  متر دارای یک مقدار شوری است. روش دیگری که برای تهیه نقشه شوری خاک سطحی استفاده شد روش حداکثر درست‌نمایی بود که بر اساس آن نقشه طبقه‌بندی شده شوری منطقه تهیه گردید (شکل ۷). با محاسبه ماتریس اشتباه (جدول ۲)، مقدار دقت کلی نقشه یادشده ۵۴/۶۴ درصد و اطمینان متوسط (Average Reliability) آن ۶۲/۳۷ درصد محاسبه گردید.

مرحله سوم: بررسی و مقایسه نقشه‌های مختلف با نقشه حاصل از اطلاعات میدانی با محاسبه ماتریس همبستگی بین تمامی نقشه‌های تولیدی و شوری واقعی خاک در نقاط مورد مطالعه، روش‌هایی که بیشترین همبستگی معنی دار با شوری خاک را داشتند مشخص شدند و سرانجام این روشها با شوری واقعی خاک توسط آزمون t با هم مقایسه گردیدند.

## نتایج

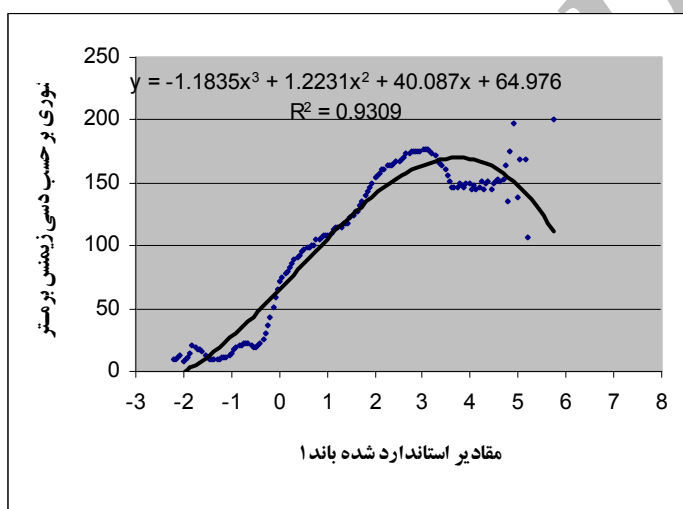
پردازش داده‌ها و تصاویر

با بررسی روابط موجود بین متغیرها با داده‌های باندهای مختلف در ۹۷ نقطه بازدیدی، مشخص شد که ضریب همبستگی شوری خاک با باندهای ۱، ۲، ۳، ۴ و ۸ معنی دار است. این ضریب برای باندهای ۱، ۲ و ۳ متوسط بود و برای بقیه باندها ضعیف تا خیلی ضعیف بود. چنین رابطه‌ای برای یون سدیم (بر اساس نتایج آزمایشهای ۱۵ ساله آزمایشگاه خاک‌شناسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد به عنوان آزمایشگاه مرجع، در استان یزد در بیش از ۹۰٪ مواقع منظور از یون سدیم، کلرور سدیم است.) و باندهای یاد شده بالا نیز برقرار بود (جدول ۳). بدیهی است؛ تمامی روابط بر اساس داده‌های رقومی محاسبه شده‌اند و در این خصوص تفسیر چشمی (رنگ ظاهری حاصل از تصویر کاذب) هیچ گونه نقشی، نداشته است.

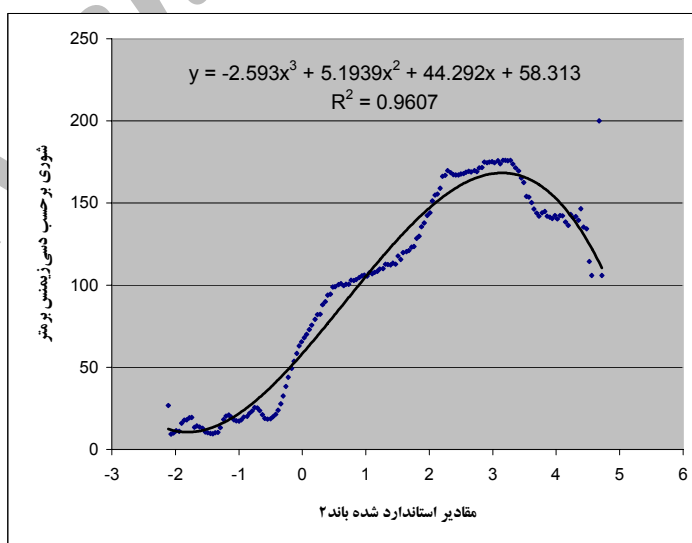
به منظور تهیه نقشه شوری با استفاده از باندهایی که بیشترین همبستگی با شوری خاک داشتند، روابط رگرسیونی بین چهار باند اول و میزان شوری خاک (جدول ۴) بررسی گردید. این کار با استفاده از روش برگشت (Backward method) انجام شد. مدل‌های مختلف  $R^2$  نزدیک به هم داشتند (جدول b-۴)، همچنین

جدول ۲- ماتریس اشتباه در ارتباط با تهیه نقشه شوری به روش حداکثر درست‌نمایی

طبقه بندی نشده	>۳۲	۱۶-۳۲	۸-۱۶	۴-۸	<۴	طبقات شوری	دقت
۰	۳۹	۳	۱۳	۶	۵۸۹	<۴	۰/۹۱
۰	۱۲۱	۱۴	۶	۱۲۴	۶۴	۴-۸	۰/۳۸
۰	۳۴۸	۶۲	۱۵۰	۲۲	۱۵۱	۸-۱۶	۰/۲
۰	۲۶۷	۲۶۴	۳۲	۴۵	۲۰۰	۱۶-۳۲	۰/۳۳
۰	۵۹۸	۱	۴	۵	۲۹	>۳۲	۰/۹۴
۰/۴۴	۰/۷۷	۰/۷۳	۰/۶۱	۰/۵۷	اطمینان		



شکل ۳- رابطه شوری خاک سطحی در ارتباط با داده‌های رقومی استاندارد شده باندا ۱



شکل ۴- رابطه شوری خاک سطحی در ارتباط با داده‌های رقومی استاندارد شده باندا ۲



جدول ۳- ضرایب همبستگی متغیرهای مورد بررسی

		BAND1	BAND2	BAND3	BAND4	BAND5	BAND61	BAND 62	BAND7	BAND8
PlantC	Pearson Correlation	-.226	-.202	-.177	-.152	-.007	-.068	-.057	.031	-.166
	Sig. (2-tailed)	.051	.082	.128	.193	.952	.560	.625	.795	.156
	N	75	75	75	75	75	75	75	75	75
GravelC	Pearson Correlation	-.687(**)	-.692(**)	-.676(**)	-.664(**)	-.443(**)	.059	.028	-.272(*)	-.680(**)
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.630	.817	.023	.000
	N	70	70	70	70	70	70	70	70	70
EC	Pearson Correlation	.563(**)	.500(**)	.458(**)	.389(**)	.177	-.078	-.082	.023	.442(**)
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.090	.458	.434	.828	.000
	N	93	93	93	93	93	93	93	93	93
pH	Pearson Correlation	.021	.044	.054	.076	.197	.022	.022	.251(*)	.060
	Sig. (2-tailed)	.849	.689	.628	.492	.073	.840	.844	.022	.586
	N	84	84	84	84	84	84	84	84	84
TNV	Pearson Correlation	-.069	-.060	-.041	-.023	.073	-.490(**)	-.498(**)	.000	-.031
	Sig. (2-tailed)	.531	.585	.714	.838	.512	.000	.000	.998	.779
	N	84	84	84	84	84	84	84	84	84
CaSO <sub>4</sub>	Pearson Correlation	.332(**)	.280(**)	.254(*)	.236(*)	.121	.192	.184	.012	.252(*)
	Sig. (2-tailed)	.002	.010	.020	.031	.273	.080	.094	.915	.021
	N	84	84	84	84	84	84	84	84	84
Sand	Pearson Correlation	-.424(**)	-.412(**)	-.404(**)	-.386(**)	-.314(**)	.130	.130	-.268(*)	-.402(**)
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.004	.241	.240	.014	.000
	N	83	83	83	83	83	83	83	83	83
Silt	Pearson Correlation	.363(**)	.367(**)	.368(**)	.360(**)	.320(**)	-.169	-.167	.293(**)	.369(**)
	Sig. (2-tailed)	.001	.001	.001	.001	.003	.128	.131	.007	.001
	N	83	83	83	83	83	83	83	83	83
Clay	Pearson Correlation	.449(**)	.409(**)	.380(**)	.351(**)	.251(*)	.031	.025	.201	.377(**)
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.001	.022	.780	.823	.068	.000
	N	83	83	83	83	83	83	83	83	83
Ca	Pearson Correlation	.380(**)	.344(**)	.334(**)	.314(**)	.128	-.048	-.043	-.030	.330(**)
	Sig. (2-tailed)	.000	.001	.002	.004	.249	.664	.698	.786	.002
	N	83	83	83	83	83	83	83	83	83
Mg	Pearson Correlation	.433(**)	.417(**)	.421(**)	.409(**)	.244(*)	-.094	-.082	.056	.422(**)
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.026	.396	.463	.616	.000
	N	83	83	83	83	83	83	83	83	83
Na	Pearson Correlation	.512(**)	.467(**)	.436(**)	.414(**)	.107	-.112	-.114	-.054	.440(**)
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.335	.314	.306	.629	.000
	N	83	83	83	83	83	83	83	83	83
SAR	Pearson Correlation	.443(**)	.401(**)	.367(**)	.350(**)	.094	-.055	-.058	-.012	.372(**)
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.001	.001	.398	.625	.603	.918	.001
	N	83	83	83	83	83	83	83	83	83

ادامه جدول ۳- ضرایب همبستگی متغیرهای مورد بررسی

	BAND1	BAND2	BAND3	BAND4	BAND5	BAND61	BAND 62	BAND7	BAND8	
BAND1	Pearson Correlation	1	.988(**)	.967(**)	.907(**)	.619(**)	.304(**)	.248(*)	.335(**)	.952(**)
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000	.002	.012	.001	.000
	N	102	102	102	102	102	102	102	102	102
BAND2	Pearson Correlation	.988(**)	1	.993(**)	.950(**)	.642(**)	.226(*)	.170	.343(**)	.983(**)
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000	.022	.088	.000	.000
	N	102	102	102	102	102	102	102	102	102
BAND3	Pearson Correlation	.967(**)	.993(**)	1	.972(**)	.668(**)	.181	.125	.351(**)	.995(**)
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000	.068	.210	.000	.000
	N	102	102	102	102	102	102	102	102	102
BAND4	Pearson Correlation	.907(**)	.950(**)	.972(**)	1	.696(**)	.150	.088	.363(**)	.990(**)
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000	.133	.379	.000	.000
	N	102	102	102	102	102	102	102	102	102
BAND5	Pearson Correlation	.619(**)	.642(**)	.668(**)	.696(**)	1	.362(**)	.339(**)	.871(**)	.683(**)
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.	.000	.000	.000	.000
	N	102	102	102	102	102	102	102	102	102
BAND61	Pearson Correlation	.304(**)	.226(*)	.181	.150	.362(**)	1	.992(**)	.426(**)	.173
	Sig. (2-tailed)	.002	.022	.068	.133	.000	.	.000	.000	.082
	N	102	102	102	102	102	102	102	102	102
BAND62	Pearson Correlation	.248(*)	.170	.125	.088	.339(**)	.992(**)	1	.432(**)	.114
	Sig. (2-tailed)	.012	.088	.210	.379	.000	.000	.	.000	.256
	N	102	102	102	102	102	102	102	102	102
BAND7	Pearson Correlation	.335(**)	.343(**)	.351(**)	.363(**)	.871(**)	.426(**)	.432(**)	1	.360(**)
	Sig. (2-tailed)	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.	.000
	N	102	102	102	102	102	102	102	102	102
BAND8	Pearson Correlation	.952(**)	.983(**)	.995(**)	.990(**)	.683(**)	.173	.114	.360(**)	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.082	.256	.000	.
	N	102	102	102	102	102	102	102	102	102

جدول ۴- بررسی روابط رگرسیون بین شوری خاک سطحی و باندهای ۱ تا ۴

## 4.a. Variables Entered/Removed(d)

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	DNZB4, DNZB1, DNZB3, DNZB2(a)	.	Enter
2	.	DNZB3	Backward (criterion: Probability of F-to-remove >= .100).
3	.	DNZB4	Backward (criterion: Probability of F-to-remove >= .100).

## 4.b. Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.654(a)	.428	.403	48.95256
2	.654(b)	.428	.410	48.69559
3	.647(c)	.419	.406	48.82989

## 4.c. ANOVA(d)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	165056.304	4	41264.076	17.220	.000(a)
	Residual	220464.473	92	2396.353		
	Total	385520.777	96			
2	Regression	164993.565	3	54997.855	23.194	.000(b)
	Residual	220527.212	93	2371.260		
	Total	385520.777	96			
3	Regression	161391.088	2	80695.544	33.844	.000(c)
	Residual	224129.689	94	2384.358		
	Total	385520.777	96			

## 4.d. Coefficients(d)

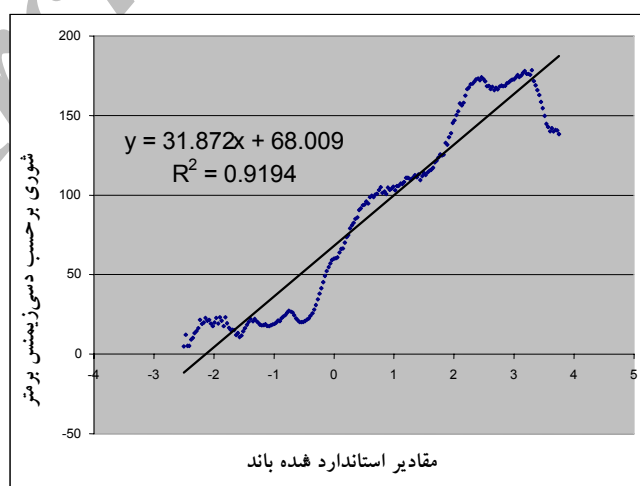
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error			
1	(Constant)	53.771	5.104		10.536	.000
	DNZB1	284.817	69.809	3.284	4.080	.000
	DNZB2	-251.278	135.593	-2.965	-1.853	.067
	DNZB3	-15.356	94.903	-.185	-.162	.872
	DNZB4	33.109	29.859	.426	1.109	.270
2	(Constant)	53.647	5.020		10.688	.000
	DNZB1	289.784	62.369	3.341	4.646	.000
	DNZB2	-268.914	80.236	-3.173	-3.352	.001
3	(Constant)	53.421	24.681	.391	1.233	.221
	DNZB1	30.421	24.681	.391	1.233	.221
	DNZB2	235.871	44.583	2.719	5.291	.000
	DNZB2	-185.769	43.564	-2.192	-4.264	.000

a Predictors: (Constant), DNZB4, DNZB1, DNZB3, DNZB2

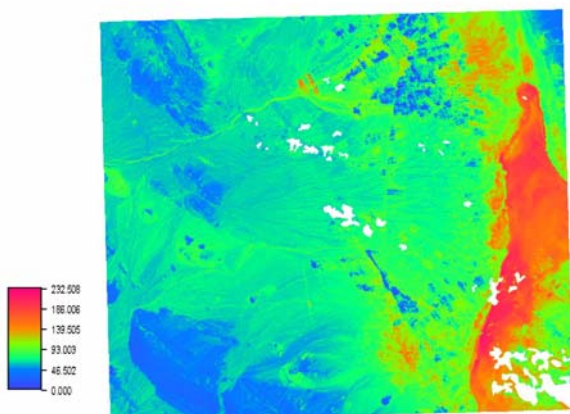
b Predictors: (Constant), DNZB4, DNZB1, DNZB2

c Predictors: (Constant), DNZB1, DNZB2

d Dependent Variable: EC



شکل ۵- رابطه شوری خاک سطحی در ارتباط با داده‌های رقومی استاندارد شده باند ۳



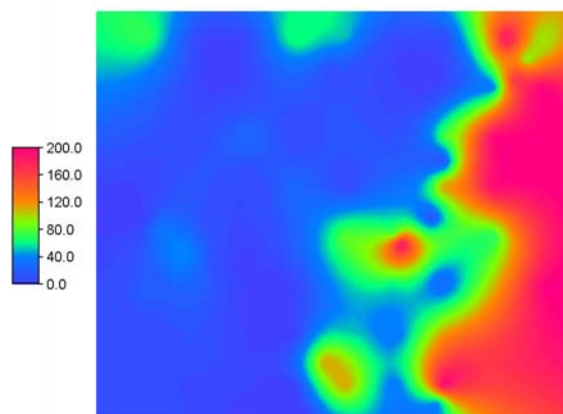
شکل ۹- نقشه شوری خاک، بر اساس شاخص SI

۲- نقشه‌های شوری خاک حاصل از شاخص‌های مرتبط با شوری

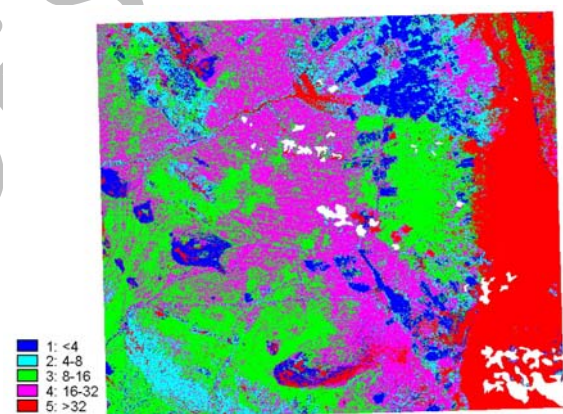
در این خصوص از شاخص‌های BI، SI و NDSI استفاده گردید و نقشه‌های مختلف تهیه گردید (شکل‌های شماره ۸، ۹ و ۱۰).

چون نقشه شماره ۱۰ دقیقاً برگرفته از شاخص NDVI است، نتوانسته شوری خاک سطحی را حتی با دقت کم نمایش دهد. نقشه‌های حاصل از دو شاخص دیگر قابل بررسی بیشتر هستند.

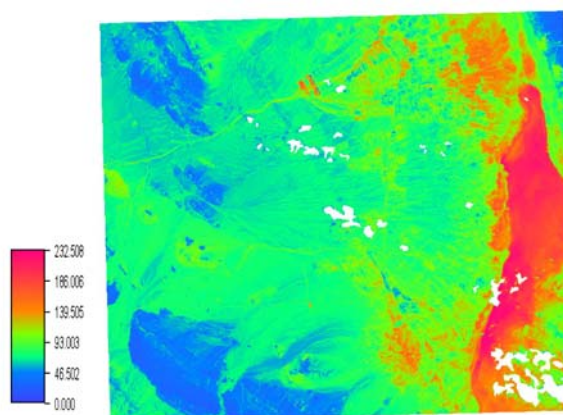
با توجه به عدم توانایی شاخص‌های یادشده برای تهیه نقشه شوری خاک در محدوده مورد مطالعه، محدوده کویر مروست از محدوده مطالعاتی جدا گردید و روند داده‌های ماهواره‌ای برای هر یک از باندها در محدوده کویر استخراج گردید. همان‌گونه که شکل شماره ۱۱ نشان می‌دهد رفتار باندهای مختلف در محدوده کویر که دارای شوری بسیار زیادی است با میانگین باندهای مختلف در کل محدوده مورد مطالعه تفاوت دارد. اختلاف بین باندهای ۳ و ۱ و ۲ در محدوده کویر خیلی بیشتر از همان باندها در کل محدوده است. بنابراین می‌توان با استفاده از باندهای ۳ و ۱ یک شاخص



شکل ۶- نقشه شوری خاک سطحی با استفاده از اطلاعات صحرایی و روش ایتروپولاسیون



شکل ۷- نقشه شوری خاک سطحی با استفاده از اطلاعات صحرایی و روش حداکثر درست‌نمایی



شکل ۸- نقشه شوری خاک، بر اساس شاخص BI

۳- نقشه‌های شوری خاک با روش میانگین رگرسیونها با استفاده از روابط بدست آمده بین شوری خاک و اطلاعات استاندارد شده، هر یک از باندهای ۱،۲ و ۳ به ازای هر باند یک نقشه شوری خاک تهیه شد و سپس از این سه نقشه میانگین گرفته شد و یک نقشه برای شوری خاک سطحی تهیه گردید (تصویر ۱۳).

جدیدی برای شوری خاک با استفاده از شاخص NDSI تعریف نمود. نام این شاخص را YSI نامیدیم و بر اساس آن نقشه شوری خاک تهیه نمودیم (شکل شماره ۱۲). بدیهی است که دامنه مقادیر نقشه‌هایی که بر اساس اختلافات نرمال حاصل شده‌اند بین صفر و یک است، در صورتی که همبستگی خوبی بین این مقادیر و شوری وجود داشت. با محاسبه یک ضریب به راحتی می‌توان این مقادیر را به مقادیر شوری تبدیل کرد.

جدول ۵- ضریب همبستگی بین مقادیر عددی حاصل از نقشه‌های مختلف و مقادیر اندازه‌گیری شده شوری خاک

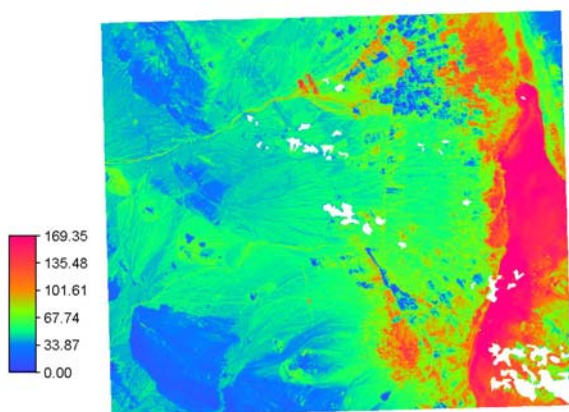
		REALEC <sup>1</sup>	AVGREG <sup>2</sup>	SI <sup>3</sup>	NDVI <sup>4</sup>	NDSI <sup>5</sup>	YSI <sup>6</sup>	BI <sup>7</sup>
REALEC	Pearson Correlation	1	.603(**)	.586(**)	-.016	.186	.282(*)	.491(**)
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.885	.097	.011	.000
	N	81	81	81	81	81	81	81
AVGREG	Pearson Correlation	.603(**)	1	.997(**)	.347(**)	-.193	.732(**)	.964(**)
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.002	.084	.000	.000
	N	81	81	81	81	81	81	81
SI	Pearson Correlation	.586(**)	.997(**)	1	.385(**)	-.228(*)	.740(**)	.974(**)
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.040	.000	.000
	N	81	81	81	81	81	81	81
NDVI	Pearson Correlation	-.016	.347(**)	.385(**)	1	-.689(**)	.440(**)	.508(**)
	Sig. (2-tailed)	.885	.002	.000	.	.000	.000	.000
	N	81	81	81	81	81	81	81
NDSI	Pearson Correlation	.186	-.193	-.228(*)	-.689(**)	1	-.504(**)	-.423(**)
	Sig. (2-tailed)	.097	.084	.040	.000	.	.000	.000
	N	81	81	81	81	81	81	81
YSI	Pearson Correlation	.282(*)	.732(**)	.740(**)	.440(**)	-.504(**)	1	.826(**)
	Sig. (2-tailed)	.011	.000	.000	.000	.000	.	.000
	N	81	81	81	81	81	81	81
BI	Pearson Correlation	.491(**)	.964(**)	.974(**)	.508(**)	-.423(**)	.826(**)	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.
	N	81	81	81	81	81	81	81

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

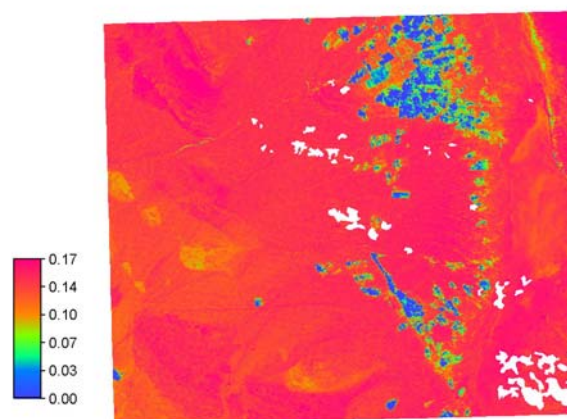
\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

- ۵- روش اختلافات نرمال شده شوری  
 ۶- روش شاخص شوری خاک برای یزد  
 ۷- روش شاخص روشنایی

- ۱- شوری واقعی خاک سطحی از طریق نمونه‌برداری و آزمایش  
 ۲- روش رگرسیون و محاسبه میانگین‌های آنها  
 ۳- روش شاخص شوری  
 ۴- مقادیر نقشه NDVI



شکل ۱۳- نقشه شوری خاک سطحی با استفاده از رگرسیون و معدل گیری

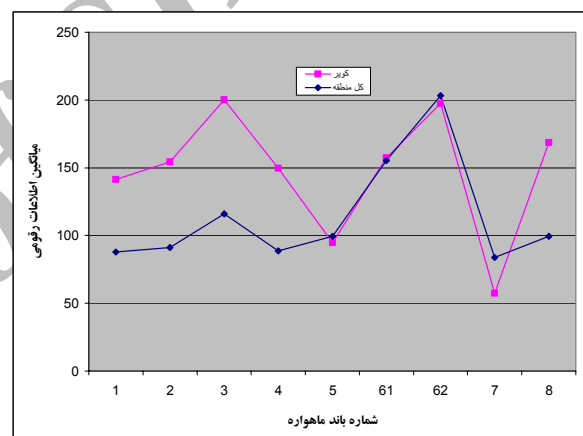


شکل ۱۰- نقشه شوری خاک، بر اساس شاخص NDSI

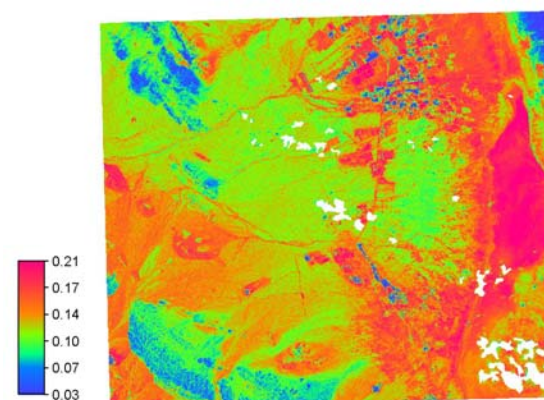
تعیین بهترین روش جهت تهیه نقشه شوری خاک با استناد به نقشه شوری خاک حاصل از اطلاعات میدانی و با توجه به بازدهیهای صحرایی و محاسبه ماتریس همبستگی (جدول ۵)، فقط ضریب همبستگی شوری محاسبه شده دو تا از روشها با شوری واقعی بیش از ۰/۵ بود و در سطح یک درصد معنی دار هم بودند. بنابراین روش میانگین نقشه‌های شوری حاصل از باندهای ۱، ۲ و ۳ مناسب‌ترین روش ( $R^2 = 0.603^{**}$ ) و روش شاخص شوری (SI) به عنوان روش بعدی ( $R^2 = 0.586^{**}$ ) برای این منطقه مناسب بود.

### بحث

مطالعه سطح خاک با استفاده از دورسنجی بسیار پیچیده است. تغییرات زمانی و مکانی باعث شده تا هر یک از دانشمندان مختلف روش متفاوتی را برای تهیه نقشه شوری با استفاده از اطلاعات سنجنش از دور پیشنهاد کنند (Salman & Mubeen-UL-Din, 2000). اصولاً تاکنون کسی نتوانسته روشی فراگیر جهت این کار معرفی کند. خاک، پدیده‌ای است که با پیچیدگی‌های زیاد



شکل ۱۱- میانگین اطلاعات رقومی باندهای مختلف در محدوده کویر مروست و کل منطقه



شکل ۱۲- نقشه شوری خاک، بر اساس شاخص YSI

تغییر می‌گردد، بنابراین تفاوت زمانی بین تصویر و نمونه برداری می‌تواند باعث کاهش دقت گردد.

### ج - اختلاط اثر شوری با دیگر عوامل : چون‌که

اطلاعات حاصل از سنجش از دور انعکاس سطح زمین را اندازه‌گیری می‌کند، بنابراین هر عاملی که باعث پوشش سطح خاک گردد می‌تواند در کار تداخل ایجاد کند. در مطالعه حاضر پوشش سنگریزه‌ای سطح خاک یا سنگفرش بیابانی (Desert pavement) از جمله عواملی بود که دخالت مستقیم در تعیین شوری خاک با استفاده از سنجش از دور داشت. این سنگ‌فرش‌ها گاهی مشکلاتی در مطالعه پدیده‌های سطح زمین به ویژه مطالعه خاک بر اساس داده‌های ماهواره‌ای ایجاد می‌کنند (علوی‌پناه، ۱۳۸۲). درصد پوشش سنگفرش در محدوده مطالعاتی از صفر تا نزدیک به صد درصد در نوسان بود. طبیعی است که در درصدهای بالای سنگ‌فرش، بیشتر رنگ و جنس سنگ قابل مطالعه است تا ترکیب خاک.

در رابطه با پوشش گیاهی، وضعیت متفاوت است و کمتر باعث ایجاد خطا در رابطه با شوری می‌گردد، چرا که میزان تاج پوشش در این مناطق کم و در عین حال قابل اندازه‌گیری است.

با توجه به موقعیت منطقه مورد مطالعه، PH نمونه‌ها دارای نوسان بسیار کم و عموماً مقدار آن بالای ۷ است. ضریب همبستگی آن تنها با EC خاک معنی‌دار است که آن هم دارای مقدار ۰/۳۰۷ یعنی همبستگی پایین است. میانگین PH برای تمامی نقاط نمونه‌برداری شده برابر با ۷/۷ با انحراف معیار کم بود. بنابراین امکان مطالعه قلیائیت خاک در محدوده مورد مطالعه ضعیف ارزیابی شد.

چیت ساز و همکاران با استفاده از باندهای TM ۱، ۶ و ۷ به یک رابطه رگرسیون جهت تهیه نقشه قلیائیت خاک

فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی همراه است، به همین دلیل انتظار پیچیدگی‌های طیفی خاک نیز منطقی است (علوی‌پناه، ۱۳۸۲). مهمترین مشکلات در ارتباط با تهیه نقشه شوری با استفاده از سنجش از دور را می‌توان رفتار طیفی نمکهای مختلف، تغییرات زیاد شوری در سطح، تغییر شوری بر اثر گذشت زمان، تداخل با پوشش گیاهی و اختلاط با دیگر عوامل سطحی نام برد (Metternicht & Zink, 2003). آنچه که در بررسی حاضر نمایان بود، می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود.

### الف - تغییرات فوق‌العاده زیاد شوری در محدوده:

مقدار شوری اندازه‌گیری شده خاک سطحی از  $0/7dS/m$  در نقطه شماره ۳۹ تا بیش از  $200 dS/m$  در محدوده کویر در نوسان است. مقدار انحراف معیار شوری خاک نیز حدود ۶۴ است. این در حالی است که مقدار تغییرات یا انحراف معیار در هیچ یک از باندها بیش از ۵۰ نبود به جز در یک مورد که متعلق به باند حرارتی بود. بنابراین جهت افزایش دقت در این‌گونه مطالعات بهتر است محدوده مطالعاتی حتی‌الامکان از نظر شوری یکنواخت‌تر انتخاب گردد.

به جز واحدهای مختلف اراضی که باعث تغییرات شوری می‌شوند، در یک واحد یکنواخت اراضی شوری نیز بسیار متغیر است.

### ب : هم‌زمان نبودن تاریخ تصویر و نمونه‌برداری :

با توجه به محدودیتهای اجرایی به ناچار امکان هم‌زمان نمودن نمونه‌برداریها و تصویر وجود نداشت. برداشت نمونه‌ها حداقل یک ماه طول می‌کشد، در صورتی‌که اطلاعات ماهواره متعلق به یک لحظه است. با توجه به اینکه مطالعه بر روی خاک سطحی صورت می‌گیرد و چون شوری خاک سطحی بر اثر عوامل متعدد دستخوش

دقیق شوری خاک با استفاده از نمونه‌های زمینی است (علوی‌پناه، ۱۳۸۲ و Metternicht & Zink, 2003). تغییرات زیاد شوری خاک در سطح، باعث کاهش دقت نقشه‌های شوری خاک که با عملیات زمینی تهیه شده است میگردد و در این‌گونه نقشه‌ها معمولاً نقشه‌های پایه دخالت زیادی دارند. در حالی‌که با اهمیت روزافزون کشاورزی دقیق به عنوان علم جدید، نیاز به نقشه‌های رستری رو به افزایش است (نیکبخت و زکی دیزجی، ۱۳۸۴). بهترین وسیله‌ای که در این رابطه میتواند به انسان کمک کند، اطلاعات ماهواره‌ایست. به طوریکه در یک محدوده وسیع با گرفتن تعدادی نمونه و استفاده از آنها به عنوان نمونه‌های تعلیمی قادر هستیم با روشهای طبقه‌بندی مانند روش حداکثر درست نمایی نقشه‌هایی مثلا با دقت  $30 \times 30$  متر تهیه کنیم.

بنابراین بهترین استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای در رابطه با شوری، تهیه نقشه‌های دقیق شوری با استفاده از اطلاعات زمینی است و این اطلاعات قادرند دقت نقشه‌های نهایی را به مراتب افزایش دهند. با توجه به اینکه روش ریاضی و رقومی دقیق یا شاخص معینی به منظور تهیه نقشه شوری خاک با استناد به تصاویر ماهواره‌ای برای مناطق بیابانی و به‌ویژه منطقه مورد مطالعه وجود نداشت؛ بنابراین تعیین روش مناسب جهت منطقه مورد مطالعه می‌تواند کمک شایانی به پژوهشگران در این زمینه باشد. همان‌گونه که در نتایج ذکر گردید روش میانگین نقشه‌های شوری حاصل از باندهای ۱، ۲ و ۳ مناسب‌ترین روش جهت تهیه نقشه شوری خاک در این منطقه بود و روش شاخص شوری (SI) در رده بعدی قرار داشت. دلیل اصلی مناسب‌تر بودن روش میانگین نسبت به روش SI، می‌تواند دخالت ۳ باند در

در منطقه اصفهان رسیده‌اند (چیت‌ساز، ۱۳۷۸). همچنین کومارتریپاتی و همکاران به یک رابطه خیلی کلی جهت تهیه نقشه قلیائیت خاک اشاره کرده است (Tripathi et al., 1997). اما در بررسی‌های زیادی رابطه معنی‌داری بین قلیائیت و اطلاعات ماهواره‌ای بیان نگردیده است (El-Haddad & Garcia, 2005, Wood et al., 2004).

از بین تمامی اطلاعات، همبستگی بین باندهای انعکاسی با درصد سنگ‌فرش خوب تا متوسط است. هر چقدر که این همبستگی زیاد باشد از توانایی تهیه نقشه‌های خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای کاسته می‌شود. با توجه به اینکه باندهای انعکاسی حاصل بازتاب نور از سطح هستند و چون سنگ‌فرش مستقیماً در بازتاب سطح خاک دخالت دارد، بنابراین می‌تواند درصد قابل توجهی از این بازتاب را به خود اختصاص دهد. در نقطه‌ای که سنگ‌فرش ۵۰ درصد سطح خاک را پوشانده تنها ۵۰ درصد اطلاعات باندها می‌تواند متعلق به خاک باشد. بنابراین یک رابطه معکوس بین درصد پوشش سنگریزه و میزان اطلاعات باندهای انعکاسی در رابطه با خاک وجود دارد.

با بررسی کامل و دقیق منابع مشخص گردید که بیشتر مطالعات در رابطه با شوری خاک با استفاده از سنجش از دور، پیرامون امکان تهیه نقشه شوری خاک در یک مقطع زمانی بوده است. برای این منظور در بیشتر موارد از روشهای طبقه‌بندی نظارت شده استفاده شده است. مطالعه حاضر نیز این روش را تأیید می‌نماید. اما روش یادشده برای همیشه مفید نیست، به دلیل اینکه با این روش ما قادر نیستیم در مقاطع زمانی گذشته که نمونه صحرائی نداریم نقشه تهیه کنیم. به عبارت دیگر، یکی از بهترین موارد استفاده از این روش تهیه نقشه‌های



- علوی پناه، س. ک.، ۱۳۷۹، بررسی و ارزیابی کاربری نقشه شوری خاک، مجله بیابان، ۱۵(۱): ۱-۱۴.
- علوی پناه، س. ک.، ۱۳۷۱، احیاء مناطق شور، سازمان جنگلها و مراتع کشور.
- علوی پناه، س. ک.، ۱۳۷۹، ارزیابی کارایی باندهای طیفی ماهواره لندست در مطالعات کویرهای ایران، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۳(۱): ۶۷-۷۷.
- علوی پناه، س. ک.، ۱۳۸۲، کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک). انتشارات دانشگاه تهران. ۴۷۸ صفحه.
- نیکبخت، ع. م. و دیزجی، ح. ز.، ۱۳۸۴، کشاورزی دقیق، چالش‌ها و دورنمای آن در ایران، فصلنامه نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، ۳(۱۰): ۳۴-۴۰.

- Eldeiry, A., Garcia, L. and Reich, R. m., 2005, Estimating soil salinity from remote sensing data in corn fields, Colorado state University.
- El-haddad, A. and Garcia L.A., 2005, detecting soil salinity levels in agricultural lands using satellite imagery., presented in hydrology days, Colorado.
- Garcia, L. and Elhaddad E. A., 2005, Estimating soil salinity using remote sensing data, proceedings for 2005 central plains Irrigation conference, stersing, Colorado, Feb 16-17, pp 1-10.
- Kappa, M., Shawan, A. and Erasmi S., 2005, Remote sensing based classification of salt affected soils as an indicator for landscape degradation in the south of Aleppo, Syria. UN convention to combat desertification, Trier, Germany, 7-9 sep. 2005.
- Khaier, F., 2003, soil salinity detection using satellite remote sensing, M.S. Thesis, ITC, Netherlands.
- Khan, N.M., Rastokuev, V.V., Shilina, E.V. and Yohei S., 2001, Mapping salt affected soils using remote sensing indicators – A simple approach with the use of GIS IDRIST, 22th Asian conference on remote sensing, 5-9 november 2001, Singapore.
- Masoud, A.A and Kolk, K., 2004, Soil salinity induced land cover change detection and analysis in siwa region, NW Egypt. Informational symposium on geoinformatics for spatial Infrastructure development in earth and allied sciences.
- Metternicht, G.I. and Zinck, J.A., 2003, Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints. Remote sensing of Environment, 85(1): 1-20.
- Pakparvar, M. and Abtahi, M., 2002, GIS based monitoring of soil salinity by remotely sensed data.
- Paudyal, K.R. and Erenstein, Q., 2005, Multi-stakeholder program to accelerate technology adoption to improve rural livelihoods in rainfed eastern Gangetic plains (IFAD TAG634). Annual

روش اول باشد، در حالی که در روش SI فقط دو تا از همان باندها در محاسبات دخالت دارند.

مهمترین مزیت استفاده از روشهای فوق جهت تهیه نقشه شوری خاک، امکان تهیه نقشه شوری خاک سطحی برای تاریخهای مختلف بدون در اختیار داشتن اطلاعات میدانی است. حتی می‌توانیم برای تاریخهای گذشته که اطلاعات ماهواره‌ای آنها موجود است نقشه شوری خاک تهیه کنیم. هرچند که روشهای فوق کمک شایانی به مبحث خاک‌شناسی در مناطق بیابانی است، اما پیشنهاد می‌شود روشهای مورد بحث در مناطق دیگر نیز مورد آزمون قرار گیرد تا دقت و کارایی روشها افزایش یابد.

## سپاسگزاری

پژوهش حاضر به همت جمع زیادی به اجرا درآمده و با سعی آنان به نتیجه رسیده است. بر خود لازم میدانم از ارشاد و راهنماییهای مسئولین در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد و از همکاری آقایان مهندس محمدرضا میرجلیلی، عباس زارع‌زاده و دکتر علوی پناه و دیگر عزیزانی که نامی از آنها ذکر نگردیده، سپاسگزاری نمایم.

## منابع مورد استفاده

- چیت ساز، و. ۱۳۷۸، بررسی امکان تهیه نقشه شوری و قلیائیت خاک در منطقه شرق اصفهان با استفاده از داده‌های رقومی TM، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد.
- دماوندی، ع. ا. و. درویش صفت، ع. ا.، ۱۳۷۸، بررسی امکان کاربرد داده های ماهواره‌ای در شناسایی و طبقه بندی اراضی شور، به روش رقومی، همایش نقشه برداری.
- دیانت نژاد. ح. و بهفر، ع. ا.، ۱۳۶۶. بیابان، بررسی‌های بوم شناسی گیاهان در محیط‌های شور، انتشارات دانشگاه تهران. ۲۶۵ صفحه.

- Wood G.A., Love land P.J. and Kibblewhite, M.G., 2004, The use of remote sensing to deliver soil monitoring. A report prepared for the department, Food and rural affairs, national soil resources institute, Granfield University, Silsoe, Bedfordshire, UK.
- Zinck. J.A., 2001, monitoring soil salinity from remote sensing data, 1st workshop EARSeL special interest group on remote sensing for developing countries, soil and soil salinity pages 357-408.
- technical progress report. By: International Maize and wheat improvement center.
- Salman A. and Mubeen-Ul-Din, A., 2000, Using state of the art RS and GIS for monitoring water logging and salinity. proceeding of a roundtable meeting, Lahor, Pakistan, 10 –11 Nov.2000, IPTRID: FAO.
- Tripathi, N.K., RAI, B.K. and Dwivedi, P., 1997, spatial modeling of soil salinity in GIS environment using IRS data, proc. 18th asian conference on remote sensing (ACRS ), PP 20-24.

Archive of SID

## Study of soil salinity preparing methods by using landsat images in Marvast.

K. Dashtekian<sup>1\*</sup>, M. Pakparvar<sup>2</sup> and J. Abdollahi<sup>1</sup>

1\*- Corresponding author, Scientific board, Yazd province of agricultural and natural resources research center, Yazd, Po. Box: 89165/571. Email: dashtekian@yahoo.com

2- Scientific board, Fars province of agricultural and natural resources research center.

Received:12.02.2007

Accepted: 15.10.2007

### Abstract

Managing and monitoring of salinity is one of the most important affair in agriculture, specially in arid and semi arid area. For this purpose we have to use new technology like remote sensing and GIS. Most of scientist use maximum likelihood algorithm for mapping soil salinity, but in this method field sampling is necessary. In this study several methods were used for producing soil salinity map. These methods are Brightness Index (BI), Normalized Difference Salinity Index (NDSI), Salinity Index (SI), Yazd Salinity Index (YSI), maximum likelihood and average of regression with some Bands. By analyzing and comparing methods with real soil salinity map, suitable method for this region were: 1. Average of regression with standardized band 1,2 and 3. 2. salinity index method.

**Key words:** soil salinity, remote sensing, Yazd, GIS.

Archive of SID