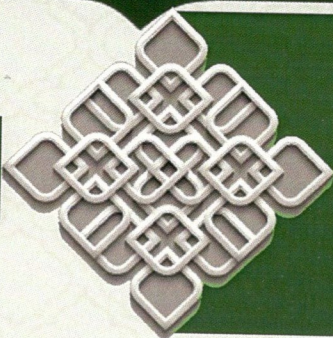
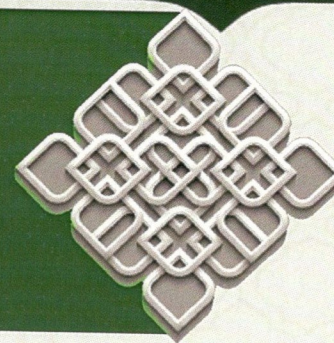




اولین کنفرانس بین المللی محیط زیست و منابع طبیعی

The 1st International Environment and Natural Resources Conference

(موسسه عالی علوم و فناوری خوارزمی شیراز- ۱۶ شهریور ماه ۱۳۹۴)



شماره: ۲۰۰-۲۶۲۷-۹۴/۷

تاریخ: ۱۳۹۴/۰۶/۱۵

گواهینامه پذیرش مقاله

پژوهشگر/پژوهشگران محترم:

مینا شیروی ، عادل سپهرمساعدی ، ناصر پرویان

بانظر هیات محترم داوران مقاله شما تحت عنوان :

تغییرات مکانی و زمانی شوری در استان خراسان رضوی با استفاده از داده های رقومی

در اولین کنفرانس بین المللی محیط زیست و منابع طبیعی که در تاریخ ۱۶ شهریور ماه ۱۳۹۴ توسط موسسه عالی علوم و فناوری خوارزمی شیراز برگزار گردید ، به صورت ارائه سخنرانی مورد پذیرش قرار گرفته و در مجموعه مقالات علمی- پژوهشی این کنفرانس به چاپ رسیده است .

امید است همواره با خلق پژوهش های ارزشمند خود در مسیر اعتلای ایران عزیز موفق و موید باشید.

سیدرضا جعفری
دبیر اجرایی

دکتر کامران رحمانی
دبیر علمی

دکتر محمد رضا کاوه پشقدم
رئیس کنفرانس

www.khhist.ir

www.hamayeshcenter.com



تغییرات مکانی و زمانی شوری در استان خراسان رضوی با استفاده از داده‌های رقومی

مینا شیروی^۱، عادل سپهر^{۲*}، ابوالفضل مساعدی^۳، ناصر پرویان^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه فردوسی مشهد، mi-sh90@hotmail.com

^۲ عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، (نویسنده مسئول)، adelsepehr@um.ac.ir, *mosaedi@yahoo.com

^۳ کارشناس ارشد محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، na_parvian@yahoo.com

چکیده

شوره‌زایی یکی از عوامل مهم تخریب اراضی در مناطق خشک و نیمه خشک است. پایش وضعیت فرآیند شوره‌زایی به منظور پیشگیری و کاهش تخریب سرزمین در این مناطق بسیار حائز اهمیت می‌باشد، از طرفی مطالعه در این زمینه با استفاده از روش‌های سنتی و عملیات میدانی فرآیندی دشوار و هزینه‌بر است. در حال حاضر استفاده از داده‌های سنجش از دوری امکان ارزیابی دقیق‌تر و سریع‌تر فرآیند شوره‌زایی را فراهم نموده است. در این راستا شاخص‌های سنجش از دوری مختلفی جهت ارزیابی وضعیت شوره‌زایی ارائه گردیده است. هدف از این مطالعه ارزیابی وضعیت و تغییرات شوره‌زایی استان خراسان رضوی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دوری می‌باشد. به این منظور میزان شوری سطح خاک با استفاده از شاخص شوری SI، NDSI و BI برای سال ۲۰۱۳ و شاخص SI برای سال ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ برآورد گردید. سپس تغییرات مکانی و زمانی شوری در دوره‌ی آماری ۱۳ ساله مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج مطالعه نشان‌دهنده کاهش ۲۶ درصدی سطوح تحت تاثیر شوری زیاد و افزایش ۹ درصدی و ۱۷ درصدی شوری متوسط و کم در استان خراسان رضوی بوده است.

واژه‌های کلیدی:

تصاویر ماهواره‌ای، پایش شوره‌زایی، شاخص SI، NDSI و BI، استان خراسان رضوی.

مقدمه

شوره‌زایی یکی از عوامل موثر بر روند تخریب خاک و بیابان‌زایی است که در اثر فرآیندهای طبیعی و انسانی ایجاد شده و بواسطه کاهش پوشش گیاهی، بازده تولیدات کشاورزی و کیفیت آب و خاک موجب فرسایش و تخریب خاک می‌گردد. فرآیند شوره‌زایی از طریق هوازدهی مواد مادری، فرسایش بادی، آب‌های زیرزمینی و آبیاری اراضی با آب شور و روش‌های نامناسب آبیاری ایجاد می‌گردد. از آنجایی که تبخیر و تعرق یکی از فاکتورهای اقلیمی موثر در فرآیند شوره‌زایی است وقوع این پدیده در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک مخاطره‌ای قابل انتظار و پیش‌بینی است که تاثیرات زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی مهمی بر اکوسیستم خواهد داشت. به منظور مدیریت بهتر خاک‌های تحت تاثیر شوری ابتدا بایستی وضعیت شوری خاک مورد ارزیابی و پایش قرار گیرد. در مانیتورینگ شوری

خاک ابتدا مناطق تجمع نمک شناسایی، سپس تغییرات زمانی و مکانی در این مناطق مورد بررسی قرار می‌گیرد. پایش وضعیت شوری خاک بطور مستقیم با استفاده از داده‌های سنجش از دوری بواسطه خصوصیات نمایان در سطح خاک (وجود قشر نمک بر سطح خاک) [۱ و ۲] و بطور غیر مستقیم از معیارهایی مثل حضور پوشش گیاهی هالوفیت یا محصولات سازگار با شوری [۳] امکان‌پذیر می‌باشد. شناسایی و پهنه‌بندی خاک‌های شور غالباً، به دلیل تغییرپذیری زمانی و مکانی آن امری دشوار است که عموماً با استفاده از نمونه‌های خاک برداشت شده از منطقه، تجزیه و تحلیل نمونه‌ها در آزمایشگاه و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (EC_e) قابل ارزیابی است. در حالیکه روش‌های سنتی ذکر شده برای ارزیابی وضعیت شوری در مقیاس منطقه‌ای بسیار پیچیده، هزینه‌بر و زمان‌بر می‌باشند، در دو دهه اخیر تصاویر سنجش از دوری بخوبی قابلیت خود را در مانیتور کردن وضعیت شوری خاک در مقیاس‌های مختلف نشان داده‌اند [۴]. اما در صورت بالا بودن میزان رطوبت خاک و یا عدم وجود قشر نمک بر سطح خاک و ترکیب آن با ساختارهای دیگر خاک، دقت استفاده از روش‌های سنجش از دوری به علت تاثیر عوامل مذکور در بازتاب طیفی از سطح خاک کاهش می‌یابد. هدف از مقاله حاضر، بررسی وضعیت شوری خاک با استفاده از سه شاخص شوری (SI^2 ، $NDSI^3$ و BI^4) و پایش تغییرات زمانی و مکانی شوری سطحی خاک با استفاده تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس ماهواره ترا و شاخص سنجش از دوری (SI) ارائه شده توسط خان و همکاران (۲۰۰۵) برای یک دوره‌ی آماری ۱۳ ساله (سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳) در استان خراسان رضوی می‌باشد.

تابحال شاخص‌های مختلفی برای شناسایی و تهیه نقشه شوری خاک با بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای همانند شاخص‌های پوشش گیاهی ارائه گردیده است، تحقیقات متعددی به منظور ارزیابی کارایی شاخص‌های سنجش از دوری در پهنه‌بندی شوری خاک صورت گرفته است:

خان و همکاران (۲۰۰۱) معضلات و مشکلات پایش خاک‌های شور را با استفاده از داده‌های سنجنده LISS-II ماهواره IRS-۱B و

^۱ Electrical Conductivity of the extract

^۲ Salinity Index

^۳ Normalized Differential Salinity Index

^۴ Brightness Index

توابع GIS-IDRISI در منطقه فیصل آباد (پاکستان) مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش کارایی شاخص‌های SI، NDSI، BI، NDVI^۵ و نسبت باند سه به چهار سنجنده LISS-II در پهنه‌بندی شوری خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. کارایی شاخص‌های مذکور در تفکیک مناطق تحت تاثیر شوری، به شدت وابسته به فصل مورد بررسی می‌باشد، بیشترین کارایی مربوط به فصل خشک (March-April) است اما در فصل‌های مرطوب یا خیلی خشک (با درجه حرارت زیاد) کارایی این شاخص‌های سنجنش از دوری در تفکیک اراضی تحت تاثیر شوری نسبت به سایر کاربری‌ها بویژه مناطق مسکونی به شدت کاهش می‌یابد [۵].

عبدالقادر و بنی (۲۰۱۰) با استفاده از تصاویر سنجنده‌های MSS، TM و ETM⁺ ماهواره لندست، داده‌های شوری اندازه‌گیری شده در منطقه و شاخص‌های SI، BI، NDSI تغییرات زمانی و مکانی شوری خاک را برای دوره‌ی آماری ۱۹۷۲، ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ در دشت بین النهرین مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش ضریب همبستگی بالای میان مقادیر EC و طول موج مادون قرمز نزدیک را نشان داد، با افزایش میزان EC خاک تا بیش از 70 ds.m^{-1} این ضریب همبستگی از ۸۷ درصد به ۹۵ درصد افزایش می‌یابد. همچنین شاخص BI، SI و NDSI بترتیب بیشترین همبستگی را با طول موج مادون قرمز نزدیک دارند و شاخص‌های مناسبی برای شناسایی توزیع مکانی شوری خاک در منطقه مورد مطالعه می‌باشند [۶].

جبار و ژو (۲۰۱۲) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، تصاویر ماهواره‌ای سنجنده TM و ETM⁺ و شاخص‌های سنجنش از دوری SI، NDSI و NDVI روند شوره‌زایی را در استان بصره در یک دوره آماری ۱۳ ساله مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دهنده افزایش روند شوره‌زایی بویژه در مناطق زهکشی شده طی دوره آماری مورد بررسی بود [۷].

مهتا و همکاران (۲۰۱۲) سطوح مختلف شوری خاک و سطوح اشباع از آب را با استفاده از باندهای مرئی و حرارتی سنجنده ETM⁺ ماهواره لندست ۷ و شاخص‌های مختلف از جمله BI، NDSI، SI، NDVI، ^۶WI، ^۷VTCl و ^۸TVDI پهنه‌بندی و نقشه تخریب سرزمین منطقه اوتر پراداش هندوستان را با صحت ۹۵ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۴ تهیه نمودند. نتایج نشان داد که با استفاده از شاخص BI می‌توان سطوح اشباع از آب، مناطق مسکونی و سطوح خاکی را از پوشش گیاهی و توده‌های آبی جدا نمود و برای جداسازی سطوح اشباع از آب از مناطق مسکونی می‌توان از شاخص‌های VTCl و TVDI استفاده نمود. همچنین می‌توان از شاخص SI و NDSI به ترتیب برای تفکیک مناطقی که تحت تاثیر شوری زیاد و کم هستند، استفاده نمود [۸].

آلبد و کومار (۲۰۱۳) پس از مروری بر معیارهای شوری به کار گرفته شده برای مانیتورینگ شوری خاک، مهم‌ترین محدودیت‌های استفاده از تکنیک سنجنش از دور را برای تهیه نقشه شوری خاک بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک مورد بررسی قرار دادند. در حالیکه داده‌های چند طیفی به سبب قدرت تفکیک زمانی و مکانی خود قابلیت‌های محدودی در پهنه‌بندی شوری خاک دارند، تصاویر فراطیفی با تفکیک مکانی و زمانی مناسب خود امکان نقشه‌برداری دقیق‌تر از وضعیت شوری خاک را فراهم می‌آورند. با توجه به اینکه بازتاب طیفی از سطح خاک تحت تاثیر محتویات رطوبتی، شوری، رنگ و زبری سطح خاک می‌باشد شاخص‌های مختلف عملکرد متفاوتی در ارزیابی وضعیت شوری منطقه داشته بنابراین بایستی با توجه به شرایط منطقه مورد مطالعه مناسب‌ترین شاخص جهت ارزیابی انتخاب گردد [۹].

نوروزی و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از داده‌های هدایت الکتریکی خاک بدست آمده از ۲۳۶ نقطه در دشت گرمسار اقدام به بررسی رابطه‌ی همبستگی بین مقادیر هدایت الکتریکی با ۲۷ متغیر بدست آمده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (شاخص‌های پوشش گیاهی، شوری، باندهای ۱ تا ۷ ماهواره، شاخص مولفه‌های اصلی و شاخص انتقال طیفی) نمودند. همه شاخص‌ها همبستگی معنی‌داری در سطح یک درصد با ضریب هدایت الکتریکی خاک نشان دادند. نتایج بدست آمده نشان داد که کاربرد داده‌های ماهواره‌ای روشی مناسب و کم‌هزینه برای برآورد شوری خاک سطحی می‌باشد [۱۱].

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

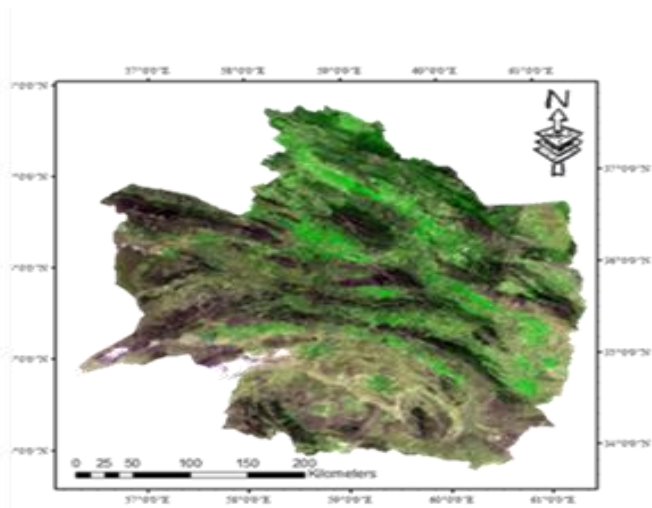
منطقه مورد مطالعه استان خراسان رضوی با وسعت ۱۱۷۷۶۹ کیلومتر مربع در شمال شرقی کشور و از نظر موقعیت جغرافیایی بین طول‌های ۵۶ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض‌های ۳۳ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). متوسط بارندگی سالیانه بخش‌های شمالی و شمال غربی استان بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ میلیمتر و متوسط بارندگی مناطق جنوبی، شرقی و مرکزی استان تقریباً معادل ۱۵۰ میلیمتر می‌باشد. براساس طبقه‌بندی اقلیمی دوسمارتن این استان جزء مناطق خشک و نیمه خشک کشور محسوب می‌گردد.

^۵ Normalized Differential Vegetation Index

^۶ Wetness Index

^۷ Vegetation Temperature Condition Index

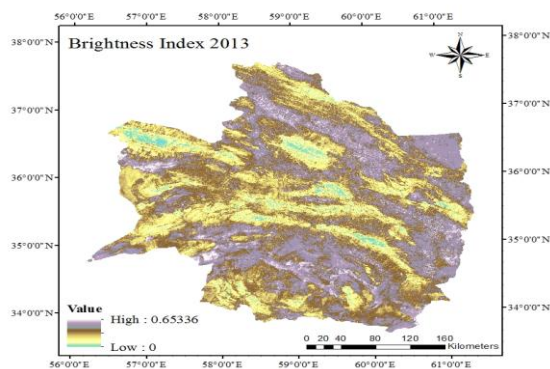
^۸ Temperature Vegetation Dryness Index



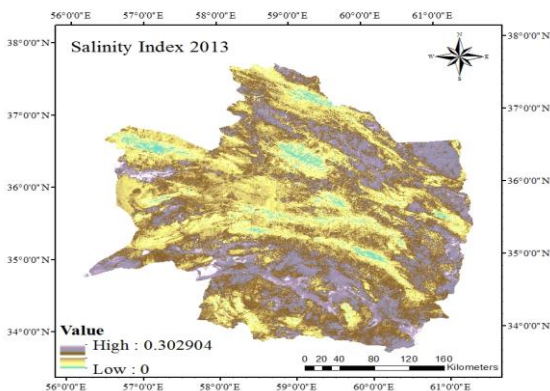
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان خراسان رضوی

نتایج و بحث

در این پژوهش سعی شد وضعیت کنونی و تغییرات زمانی و مکانی شوری سطحی خاک استان خراسان رضوی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور طی یک دوره‌ی آماری ۱۳ ساله مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرد. در این راستا مقدار سه شاخص شوری SI، NDSI و BI با استفاده از روابط ذکر شده برای سالهای ۲۰۱۳ محاسبه گردید (شکل ۲، ۳ و ۴).



شکل ۲- نقشه شاخص BI استان خراسان رضوی سال ۲۰۱۳



شکل ۳- نقشه شاخص SI استان خراسان رضوی سال ۲۰۱۳

تهیه تصاویر ماهواره‌ای و استخراج شاخص طیفی

در این پژوهش به منظور تهیه نقشه شوری سطحی خاک، ابتدا تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس ماهواره ترا (MODIS Q1) برای ماه آگوست سال ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ تهیه گردید. این تصاویر دارای قدرت تفکیک مکانی و زمانی ۲۵۰ متر و ۳۰ روز و ۱۲ باند طیفی می‌باشند. پس از تهیه موزاییک و برش تصاویر، با استفاده از نرم‌افزار ۲۰۱۳ ERDAS IMAGIN لایه‌های مورد نظر (باند قرمز، مادون قرمز نزدیک و آبی) تفکیک و با استفاده از رابطه ۱، ۳ [۵] و ۲ [۱۰] میزان سه شاخص شوری SI، NDSI و BI در منطقه مورد نظر برای سال ۲۰۱۳ محاسبه گردید.

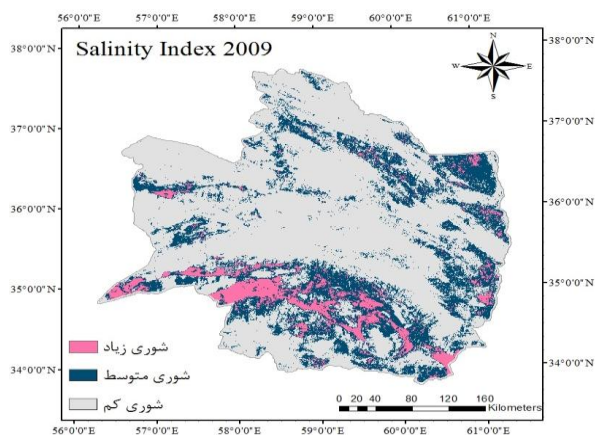
$$SI = \sqrt{BLUE * RED} \quad (1)$$

$$NDSI = (R - NIR) / (R + NIR) \quad (2)$$

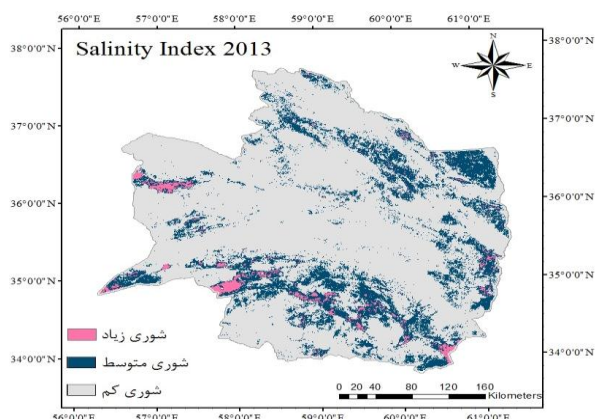
$$BI = \sqrt{(R^2 + NIR^2)} \quad (3)$$

در این روابط BLUE، RED و NIR به ترتیب باند آبی (۴)، قرمز (۴) و مادون قرمز نزدیک (۵) تصاویر ماهواره‌ای مودیس می‌باشند.

سپس میزان شاخص SI برای سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ با استفاده از رابطه ۱ محاسبه و براساس طبقه‌بندی ارائه شده توسط مهتا و همکاران [۸] میزان شوری سطحی خاک در سه کلاس شوری کم (< 0.17)، شوری متوسط ($0.17 - 0.2$) و شوری زیاد (> 0.2) در محیط نرم‌افزار IDRISI طبقه‌بندی و نقشه طبقه‌بندی شده شوری خاک برای سالهای مذکور تهیه گردید. در مرحله بعد با استفاده از نرم‌افزار ۲۰۱۳ ERDAS IMAGIN، تابع Image Difference (Change Detection) تغییرات مکانی و زمانی شوری خاک در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۱-۲۰۱۳ ارزیابی گردید.

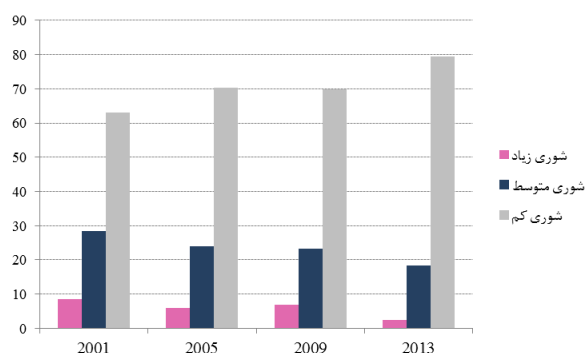


شکل ۷- نقشه کلاس‌بندی شده شاخص SI سال ۲۰۰۹



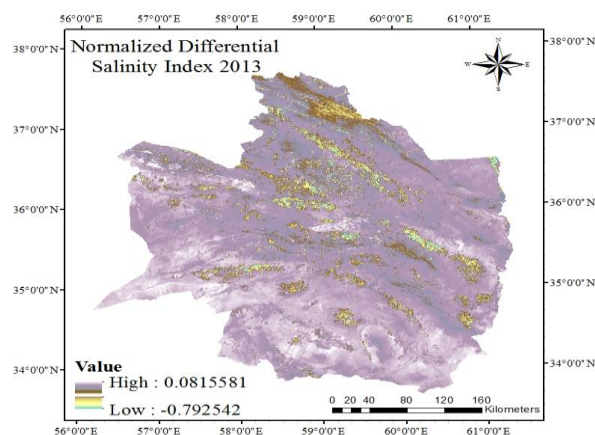
شکل ۸- نقشه کلاس‌بندی شده شاخص SI سال ۲۰۱۳

تغییرات مربوط به مساحت مناطق تحت تاثیر شوری زیاد، متوسط و کم در نمودار شماره ۱ و تغییرات این کلاس‌ها طی دوره‌ی آماری مورد بررسی در نمودار شماره ۲ نشان داده شده است.



نمودار ۱- درصد مناطق تحت تاثیر کلاس‌های شوری زیاد، متوسط و کم

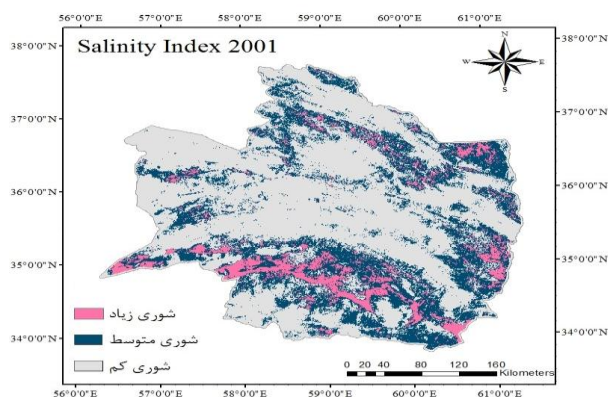
نتایج حاصل از طبقه‌بندی میزان شوری خاک در سال ۲۰۰۱ و ۲۰۱۳، ابتدا و انتهای دوره‌ی آماری نشان داد که در سال ۲۰۰۱، ۲۸ درصد از سطح استان در کلاس شوری زیاد، ۹ درصد در کلاس شوری متوسط و ۶۳ درصد در کلاس شوری کم و در سال ۲۰۱۳، ۲ درصد از سطح استان در کلاس شوری زیاد، ۱۸ درصد در کلاس شوری متوسط و ۸۰ درصد در کلاس شوری کم قرار گرفت. نتایج حاکی از کاهش ۲۶ درصدی در کلاس شوری زیاد، افزایش ۹



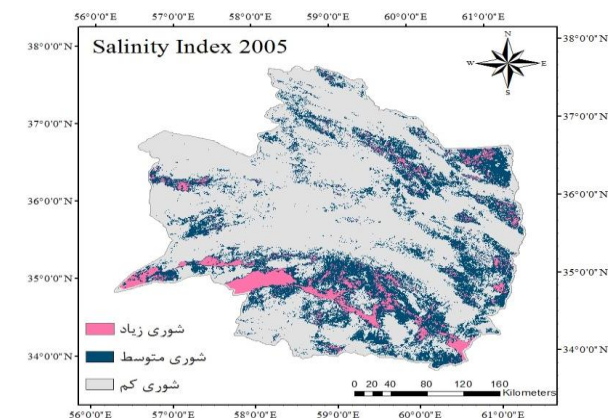
شکل ۴- نقشه شاخص NDSI استان خراسان رضوی سال ۲۰۱۳

مقدار شاخص BI، SI و NDSI به ترتیب دامنه‌ی ۰ تا ۰/۶۵، ۰/۷۹ تا ۰/۸۰ را در منطقه مورد مطالعه به خود اختصاص داد. همانگونه که مشاهده می‌گردد شاخص SI و BI با تفاوت اندکی نتایج تقریباً یکسانی را ارائه نمودند، اما شاخص NDSI همانگونه که قبلاً اشاره شد بیشتر برای تفکیک مناطق تحت تاثیر شوری کم مناسب می‌باشد.

در مرحله بعد میزان شاخص SI برای منطقه مورد مطالعه محاسبه، طبقه‌بندی و نقشه نهایی شوری خاک برای سال ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۳ تهیه گردید (شکل ۵، ۶، ۷ و ۸).

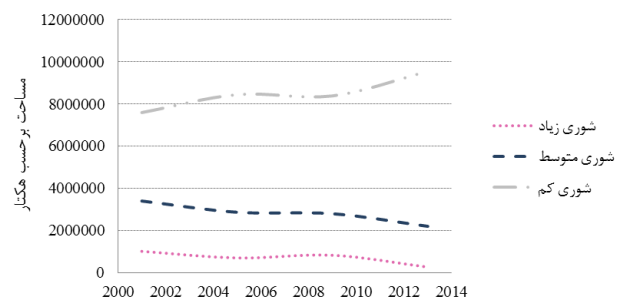


شکل ۵- نقشه کلاس‌بندی شده شاخص SI سال ۲۰۰۱



شکل ۶- نقشه کلاس‌بندی شده شاخص SI سال ۲۰۰۵

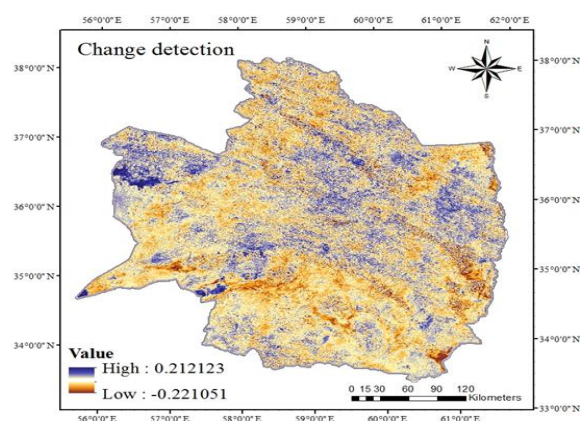
درصدی کلاس شوری متوسط و ۱۷ درصدی را در کلاس شوری کم در سطح استان خراسان رضوی نشان می‌دهد.



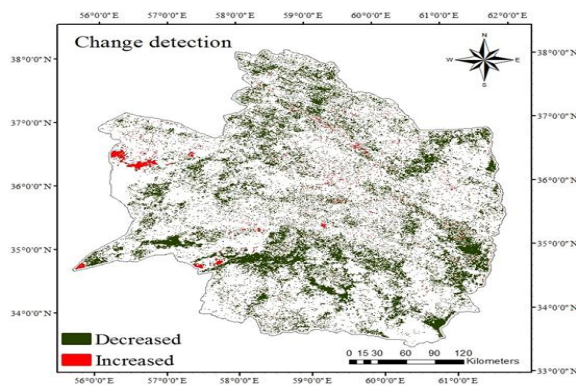
نمودار ۲- روند تغییرات کلاس‌های شوری در ۴ دوره‌ی آماری ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳

با تحلیل روند تغییرات در دوره‌ی آماری مورد بررسی می‌توان اذعان داشت که از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۳ به تدریج از وسعت مناطق تحت تاثیر شوری زیاد و متوسط کاسته و بر وسعت مناطق با شوری کم اضافه گردیده است.

نتایج حاصل از بررسی میزان تغییرات شوری سطح خاک با استفاده از تابع Change Detection در شکل شماره ۹ و ۱۰ ارائه گردیده است. دامنه تغییرات شوری در منطقه مورد مطالعه بین ۰/۲۲- تا ۰/۲۱ متغیر بود. مناطقی که با رنگ آبی و نارنجی تیره در نقشه مشخص گردیده‌اند به ترتیب نشان‌دهنده بخش‌هایی از استان هستند که در آن میزان شوری طی دوره‌ی آماری مورد بررسی افزایش و کاهش یافته است. با توجه به اینکه متوسط بارش سالیانه در سال ۲۰۰۱، ۱۵۰ میلیمتر و در سال ۲۰۱۳، ۲۲۳ میلیمتر بوده یکی از دلایل اصلی افزایش شوری سطح خاک در سال ۲۰۰۱ شرایط اقلیمی و وقوع خشکسالی شدید در آن سال بوده است. در شکل شماره ۱۰ مناطقی که با رنگ سبز و قرمز مشخص شده‌اند به ترتیب نشان‌دهنده بخش‌هایی هستند که بیش از ۱۰ درصد کاهش و افزایش شوری داشته‌اند. افزایش شوری در بخش شمال غربی شهرستان سبزوار و بخش‌هایی از شهرستان بردسکن محسوس می‌باشد.



شکل ۹- نقشه تغییرات شوری سطحی خاک استان خراسان رضوی



شکل ۱۰- نقشه درصد تغییرات شوری خاک استان خراسان

مراجع

- [۱] Matinfar, H.R., et al.; Detection of Soil Salinity Changes and Mapping Land Cover Types Based upon Remotely Sensed Data, Arabian Journal of Geosciences, Vol. ۶, ۲۰۱۳, pp. ۹۱۳-۹۱۹.
- [۲] Teggi, S. et al.; SPOT ۵ Imagery for Soil Salinity As assessment in Iraq, Proceedings of SPIE Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications III, Vol. ۸۵۳۸, ۲۰۱۲, pp. ۸۵۳۸۰V-۸۵۳۸۰V-۱۲.
- [۳] Alhammadi, M.S. and Glenn, E.P.; Detecting Date Palm Trees Health and Vegetation Greenness Change on the Eastern Coast of the United Arab Emirates Using SAVI, International Journal of Remote Sensing, Vol. ۲۹, ۲۰۰۸, pp. ۱۷۴۵-۱۷۶۵.
- [۴] Nawar, S., Buddenbaum, H., Hill, J. and Kozak, J.; Modeling and Mapping of Soil Salinity with Reflectance Spectroscopy and Landsat Data Using Two Quantitative Methods (PLSR and MARS), Remote sensing, Vol. ۶, November ۲۰۱۴, pp. ۱۰۸۱۳-۱۰۸۳۴.
- [۵] Khan, N.M., Rastokuev, V.V., Shalina, E.V. and Sato, Y.; Mapping Salt-affected Soils Using Remote Sensing Indicators – A Simple Approach With the Use of GIS IDRISI, ۲۲nd Asian Conference on Remote Sensing, November ۲۰۰۱, Singapore.
- [۶] Abdul-Qadir, A.M. and Benni, T.J.; Monitoring and Evaluation of Soil Salinity in Term of Spectral Response Using Landsat Images and GIS in Mesopotamian Plain/ Iraq, Journal of Iraqi Desert Studies, Vol. ۲, ۲۰۱۰, pp. ۱۹-۳.
- [۷] Jabbar, M. and Zhou, J.; Assessment of Soil Salinity Risk on the Agricultural Area in Basrah Province, Iraq: Using Remote Sensing and GIS Techniques, Journal of Earth Science, Vol. ۲۳, December ۲۰۱۲, pp. ۸۸۱-۸۹۱.
- [۸] Mehta, M., Anh, V.L., Saha, S.K. and Agrawal, Sh.; Evaluation of Indices and Parameters Obtained from Optical and Thermal Bands of Landsat ۷ ETM+ for Mapping of Salt- Affected Soils and Water-Logged Areas, Asian Journal of Geoinformatics, Vol. ۱۲, ۲۰۱۲, pp. ۹-۱۶.
- [۹] Allbed, A. and Kumar, L.; Soil Salinity Mapping and Monitoring in Arid and Semi-Arid Regions Using Remote Sensing Technology: A Review,

آمار کلاسیک با مدل‌های آمار مکانی، نشریه مرتع و آبخیزداری،
شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، صفحات ۶۰۹-۶۲۰.

Advances in Remote Sensing, Vol. ۲, December ۲۰۱۳,
pp. ۳۷۳-۳۸۵.

[۱۰] Major, D., Baret, F. and Guyot, G.; A Ratio
Vegetation Index Adjusted for Soil Brightness,
International Journal of Remote Sensing, Vol. ۱۱, ۱۹۹۰,
pp. ۷۲۷-۷۴۰.

[۱۱] نوروزی، علی اکبر؛ همایی، مهدی و فرشاد، عباس؛ برآورد
شوری خاک سطحی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست: مقایسه