پهنه‌بندی شوری خاک‌های منطقه جنوب شرق استان اصفهان با استفاده از داده‌های زمینی و سنجنده TM ماهواره‌ای

فرید محمودی، رضا جعفری*، حمیدرضا کریم‌زاده و نفیسه رمضانی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۹/۳)

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.4.2]

[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.31]

چکیده

هدف تحقیق حاضر ارزیابی قابلیت داده‌های ماهواره‌ای لندست TM مربوطه به شهریورماه ۱۳۸۸ در شناسایی و تفکیک اراضی شور منطقه ورزنه واقع در جنوب‌شرقی استان اصفهان می‌باشد. داده‌های زمینیEC با استفاده از روش نمونه‌برداری تصادفی از ۵۳ سایت نمونه‌برداری با سطحی حدود ۸۱۰۰ مترمربع (۹ پیکسل تصویر) جمع‌آوری گردید. شاخص‌های طیفی مانند باندهای TM، BI، SI_1، SI_2، و SI_3، مؤلفه‌های PC_1، PC_2، PC_3 و همچنین مدل‌سازی رگرسیون چندمتغیره خطی و روش طبقه‌بندی نظارت شده بر تصویر زمین مرجع شده اعمال شد. نتایج آنالیز رگرسیونی نشان داد که باند TM۴ رابطه قوی با EC زمینی دارد (R^2=۰/۴۸). همچنین تصویر مدل‌سازی با استفاده از باند ۳، ۴ و ۵ و PC_3 در سطح ۹۹٪ معنی‌دار بود. ارزیابی صحت نقشه‌های طبقه‌بندی باند ۴ و تصویر مدل‌سازی با ۵ کلاس شوری شامل ۴-۰، ۲۰-۴، ۶۰-۲۰، ۱۰۰-۶۰ و بیشتر از ۱۰۰ دسی‌زیمنس بر متر نشان داد که به‌طورکلی بیش از ۸۶٪ توافق بین نقشه‌ها و داده‌های زمینی EC وجود دارد. بنابراین، با توجه به صحت بالای تصاویر طبقه‌بندی شده نسبت به روش‌های رگرسیون در تفکیک خاک‌های پهناور شور می‌توان از آنها به‌عنوان ابزار مناسب در جهت مدیریت و مبارزه با شوره‌زایی استفاده نمود.

کلمات کلیدی: شوری خاک، سنجش از دور، شاخص شوری، رگرسیون چندمتغیره خطی

۱. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: reza.jafari@cc.iut.ac.ir

مقدمه

شوری خاک از جمله مشکلات کشاورزی و زیست محیطی جدی در سراسر جهان، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. بارندگی کم و تبخیر و تعرق بالا در این مناطق باعث افزایش غلظت کاتیون‌هایی چون سدیم، منیزیم و کلسیم می‌شود که عامل تشکیل سولفات‌ها و کلریدها در لایه‌های سطحی و نزدیک سطح خاک‌های این مناطق است و تأثیر مستقیمی بر خاک و رشد و نمو گیاهان دارد به‌علاوه موجب کاهش محصولات زراعی، حاصلخیزی زمین و نهایتاً تخریب اراضی می‌گردد (۲۸، ۳۰ و ۳۱). غلظت بالای نمک در خاک منطقه ریشه، بهره‌وری نزدیک به ۹۵۳ میلیون هکتار از زمین‌های تولیدی جهان را محدود کرده است (۲۸). در مقیاس جهانی برآورد شده است که شوره‌زارهای طبیعی سطحی حدود یک میلیارد هکتار را در بر می‌گیرد و بیشترین سطح اراضی شور و قلیایی در استرالیا و آسیا قرار گرفته دارد (۲۸). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، حدود ۵۰٪ اراضی کشاورزی آبی مشکل شوری خاک با درجات مختلف را دارند و سالانه حدود ۴۰۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی به‌دلیل مشکلات شوری دراین مناطق رها می‌شوند (۳۰ و ۳۱). بنابراین کاهش، کنترل و پهنه‌بندی شوری خاک از چالش‌های اساسی کشاورزی در قرن ۲۱ می‌باشد.

پراکنش مکانی و زمانی املاح و نمک‌ها در خاک، تعیین دقیق این پارامترها را در مطالعات میدانی با مشکل مواجه کرده است. اکثر مطالعات انجام شده در ارزیابی شوری در مطالعات پیشین، براساس مطالعات غیرمستقیم، در مقیاس کوچک و در دوره‌های زمانی کوتاه انجام گرفته است (۲۱). مشخص‌کردن تغییرات زمانی و مکانی خصوصیات خاک در حوزه‌های بزرگ‌تر اهمیت بسیاری در رفع مشکلات کشاورزی، زیست‌محیطی و برنامه‌های توسعه پایدار دارد (۳۰ و ۳۱). بنابراین به‌منظور شناسایی تغییرات مکانی مقدار نمک خاک و رابطه آن با ساختارهای چشم‌انداز در مناطق وسیع‌تر باید به فناوری‌هایی با مقیاس زمانی و مکانی مناسب مجهز شد. فناوری سنجش از دور با قابلیت بالا در تولید به‌روز تصاویر ماهواره‌ای چند طیفی، با پوشش وسیع و دامنه متنوع قدرت تفکیک مکانی، طیفی و زمانی، پتانسیل ویژه‌ای در برطرف کردن نگرانی‌های دانشمندان علوم خاک‌شناسی و مدیران اجرایی در تهیه نقشه‌های دقیق از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با هزینه کم دارد (۱۱، ۱۷ و ۳۲).

بیش‌از ۹۰ درصد سطح کشور ایران در مناطق فرا خشک، خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است که تبخیر سالانه آن از ۷۰۰ میلی‌متر در کناره دریای خزر تا بیش‌از ۴۰۰۰ میلی‌متر در بیابان‌ها و جنوب‌شرقی استان خوزستان تغییر می‌کند (۱۶). خاک‌های مناطق خشک ایران در بعضی نقاط تحت تأثیر شوری و قلیائیت بوده و گاهی شدت آن به‌حدی است که مانع رشد گیاهان می‌شود (۱۲). علاوه بر آن در اثر ازدیاد جمعیت، آب‌های زیرزمینی با پمپ‌های قوی برای آبیاری، استفاده شهری، صنعتی و شرب، با حفر چاه‌های مجاز و غیرمجاز استخراج می‌گردند؛ گزارش‌های متعدد از افت سطح آب زیرزمینی در کل کشور وجود دارد که از چند متر به بیش‌از ۱۰۰ متر در اطراف اصفهان رسیده است، این افت سطح آب، میانگین تراز منفی ٦ تا ۸ میلیارد مترمکعب را در کشور موجب شده است و استخراج این‌گونه آب‌های زیرزمینی باعث افزایش تبخیر از آن و درنتیجه بالا آمدن و تجمع نمک و بروز پدیده شوری ثانویه در سطح خاک شده است (۵ و ١٦). تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از فناوری سنجش از دور در بعضی استان‌های خشک و نیمه‌خشک کشور از جمله خراسان، بوشهر، قزوین، کاشان، یزد، گلستان انجام گرفته است (٦، ۸، ۱۰، ۱۴ و ۱۵). نتایج این‌مطالعات نشان می‌دهد که نه فقط مقدار شوری خاک به‌خوبی با استفاده از سنجش از دور قابل تشخیص است بلکه الگوهای مکانی و زمانی آن نیز قابل پهنه‌بندی می‌باشد. عبدی نام (۱۰) با استفاده از همبستگی بین داده‌های ماهواره لندست (Enhanced Thematic Mapper Plus, ETM^+) سال ۲۰۰۰ و مقادیر شوری خاک نقشه شوری دشت قزوین را تهیه کرد؛ نتایج وجود همبستگی بالا (R^2=۰/۵۲) بین ارقام رقومی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.31]

باند ۷ تصویر فوق با مقادیر شوری خاک را نشان داد. دشتکیان و همکاران (۸) با استفاده از داده‌های رقومی لندست ETM^+ نقشه شوری خاک منطقه مروست را با استفاده از شاخص‌های مختلف شوری (Salinity Index, SI)، شاخص روشنایی (Brightness Index, BI)، روش حداکثر احتمال (Maximum Likelihood) و روش میانگین رگرسیون‌ها تهیه کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که مناسب‌ترین روش جهت تهیه نقشه شوری خاک، روش میانگین رگرسیون‌ها با باندهای استاندارد شده ۱، ۲ و ۳ است و روش شاخص شوری در مرتبه دوم قرار دارد. تاج گردان و همکاران (۴) با استفاده از تصویر سنجنده ETM^+ نقشه شوری خاک سطحی آق‌قلا گرگان را با استفاده از روش رگرسیونی تهیه کردند؛ نتایج همبستگی بالای شوری خاک را با باند ۴ سنجنده فوق در سطح ۱ درصد نشان داد.

بخش وسیعی از خاک‌های منطقه جنوب‌شرق استان اصفهان همان‌طوری‌که در شکل ۱ نشان داده شده است در سطح به‌صورت رخساره‌های شوری پف‌کرده و زرده می‌باشد که دارای پوشش گیاهی فقیر است و موجب شور شدن آب‌های منطقه می‌گردد. بالا بودن هدایت‌الکتریکی (Electrical Conductivity, EC) آب‌های زیرزمینی منطقه بیش از حد مجاز تا ۱۱۰۰۰ میلی‌موس بر سانتی‌متر از عواملی است که کشاورزی را در منطقه با مشکل روبرو ساخته است. در بسیاری از اراضی کشاورزی رها شده، املاح و نمک‌ها به‌صورت گسترده‌ای در سطح خاک تجمع و نمایان شده است (۱۳). همچنین بسیاری از زمین‌های کشاورزی به‌علت آبیاری با پساب‌ها و آب‌های شور پس از چندین سال کشت رها شده و به شوره‌زارها تبدیل شده‌اند. بنابراین، در این‌منطقه علاوه‌بر وجود محدودیت طبیعی خاک از نظر غلظت زیاد املاح، پدیده شوری ثانویه نیز مزید بر علت شده و گسترش روز افزون سطح اراضی شور در منطقه را موجب شده است. از این رو تهیه نقشه‌های خصوصیات خاک سطحی جهت شناسایی وضعیت کنونی منطقه از نظر میزان املاح در جهت مدیریت طرح‌های کشاورزی و بیابان‌زدایی حائز اهمیت می‌باشد (۱). مطالعه ذیل با هدف بررسی کارایی روش‌های مختلف پردازش داده‌های ماهواره‌ای در تعیین مقادیر شوری خاک‌های مناطق خشک جنوب‌شرقی استان اصفهان انجام شده است.

مواد و روش‌ها

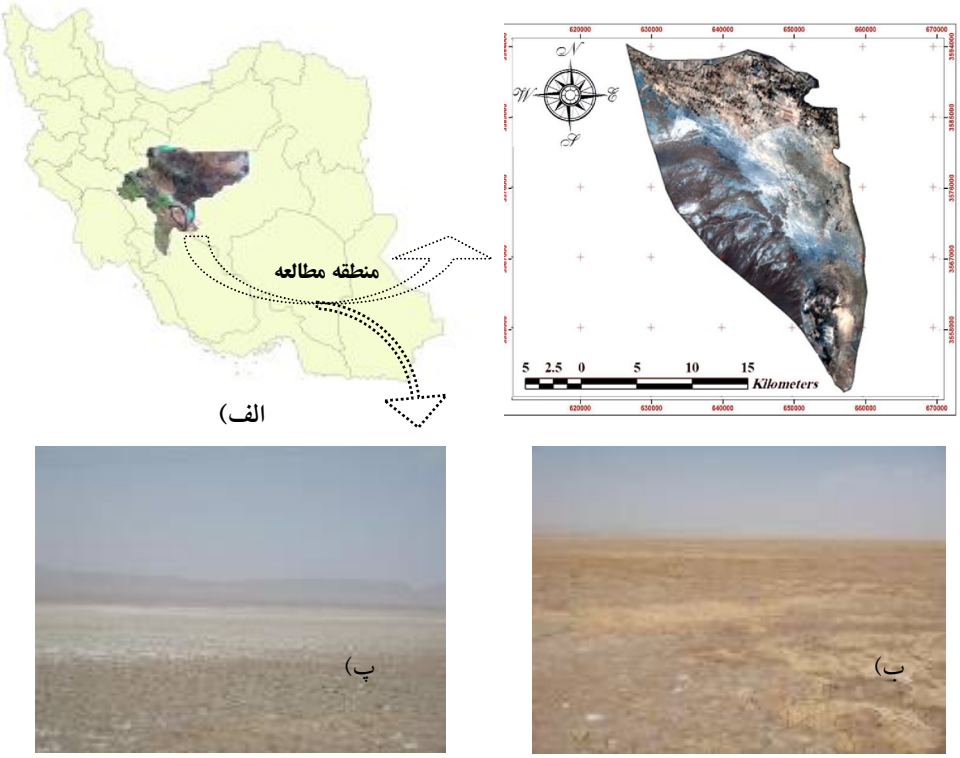
منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با مساحتی حدود ۷۵۲۰۰ هکتار بین عرض جغرافیایی ۳۵۵۰۲۳۴ متر تا ۳۵۹۴۳۰۹ متر شمالی و طول جغرافیایی ۶۲۶۵۳۰ متر تا ۶۵۸۳۳۸ متر شرقی در جنوب‌شرقی استان اصفهان واقع است. این‌منطقه که پلایای نسبتاً همواری می‌باشد بخش کوچکی از منطقه وسیع ایران مرکزی متعلق به زون سنندج- سیرجان است، از قسمت شرقی به تپه‌های ماسه‌ای ارگ ورزنه ختم می‌شود، مرز شمالی آن رودخانه زاینده رود و از جنوب تا مالواجرد ادامه دارد. اقلیم منطقه براساس روش اصلاح شده کوپن، "گرم و خشک با تابستان‌های خشک و بسیار گرم و زمستان‌های سرد" می‌باشد (۱ و ۱۲). همچنان که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد قسمت عمده منطقه را شوره‌زارها تشکیل می‌دهد که در بخش جنوبی ورزنه واقع شده است. از جمله کاربری‌های موجود می‌توان به اراضی کشاورزی (گندم، پنبه و محصولات جالیزی)، اراضی کشاورزی رها شده و باغ‌زارهای دست‌کاشت اشاره کرد. در شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.

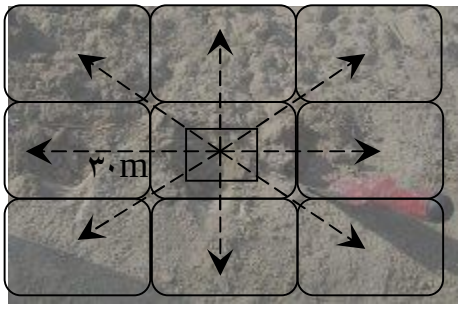
مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی

برای انجام مطالعات میدانی و آزمایشگاهی ابتدا باکمک روش طبقه‌بندی نظارت نشده نقشه ۶ نوع تیپ و رخساره‌های موجود در منطقه شامل ۱- اراضی لخت و فاقد پوشش ۲- اراضی بایر نسبتاً شور ۳- شوره زار سله بسته ۴- اراضی شنی ۵- مراتع فقیر و اراضی بایر ۶- اراضی کشاورزی شناسایی گردید؛ سپس در داخل هر تیپ اراضی، نمونه‌برداری از خاک سطحی به روش تصادفی- سیستماتیک انجام گرفت. روش کار بدین‌صورت بود که ابتدا به‌صورت تصادفی در داخل تیپ یک

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.31]



شکل ۱. الف) موقعیت و تصویر منطقه مورد مطالعه، ب) آغاز شور شدن اراضی پ) اراضی شور پف کرده و زرده



شکل ۲. روش نمونه‌بردای صحرایی

نقطه مشخص گردید و مختصات آن توسط سامانه موقعیت‌یاب جهانی (Global Positioning System, GPS) ثبت شد. سپس این نقطه به‌عنوان مرکز یک دایره فرضی به‌شعاع ۳۰ متر لحاظ گردید و در ۸ جهت متفاوت و به‌فاصله ۳۰ متری از نقطه مرکزی، مرکز دایره فرضی، از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام شد که این نمونه‌ها در ۸ پیکسل اطراف نمونه اصلی بود (شکل ۲). در مرحله آخر ۸ نمونه را با نمونه مرکزی مخلوط کرده که وزنی به‌اندازه ۳-۲/۵ کیلوگرم از هر نقطه مورد نظر برداشت شد. نمونه‌برداری با پراکنش مناسب در کل منطقه و با توجه به وسعت هر یک از کلاس‌ها صورت گرفت و از کلاس‌های دارای وسعت زیاد نمونه‌های بیشتری برداشت شد. به‌طورکلی تعداد ۵۳ نمونه خاک در تاریخ ۲۰ شهریور تا ۱۰ مهرماه ۱۳۸۸ با این روش برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه ابتدا نمونه‌ها کاملاً خشک و کوبیده شدند و پس از عبور از الک ۲ میلی‌متری، هدایت الکتریکی عصاره‌ی گل اشباع آن توسط دستگاه هدایت‌سنج مدل ۴۳۱۰ برحسب میلی‌زیمنس بر متر اندازه‌گیری شد سپس برای دمای ۲۵°C اصلاح گردید.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.31]

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.4.2]

[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.31]

جدول ۱. مشخصات شاخص‌های پهنه‌بندی شوری مورد استفاده در منطقه مطالعاتی

ردیف	نام شاخص	فرمول	منبع شاخص
۱	شاخص شوری اول	$SI1=(G^{*}\times R^{*})^{0/5}$	Kappa et al (2005)
۲	شاخص شوری دوم	$SI2=(G^{2}+R^{2}+NIR^{*2})^{0/5}$	Kappa et al (2005)
۳	شاخص شوری سوم	$SI3=(G^{2}+R^{2})^{0/5}$	Kappa et al (2005)
۴	شاخص روشنایی	$BI=(R^{2}+NIR^{2})^{0/5}$	Kappa et al (2005)

*: به‌ترتیب باندهای طیفی شماره ۲ (سبز Green)، ۳ (قرمز Red) و ۴ (مادون قرمز NIR) سنجنده لندست

آماده‌سازی تصویر ماهواره‌ای

جهت تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از سنجش از دور، تصویر سنجنده (Thematic Mapper, TM) ماهواره لندست با باندهای مختلف در طول موج‌های مرئی، مادون‌قرمز نزدیک، میانی و حرارتی در تاریخ ۱۳۸۸/۰۴/۰۵ که با زمان نمونه‌برداری صحرایی بیشترین انطباق زمانی را داشت از آرشیو انتخاب گردید. ابتدا تصویر مذکور به روش نزدیک‌ترین همسایه در سیستم مختصات متریک (UTM zone 39N) با ۴۰ نقطه کنترل زمینی با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ با میزان خطای کمتر از ۰/۵ پیکسل (RMSe=۰/۳) زمین مرجع شد. در مرحله بعد، از آنالیز ترکیب رنگی کاذب، آنالیز مؤلفه اصلی و شاخص‌های شوری و روشنایی جهت پهنه‌بندی شوری استفاده گردید. شاخص شوری و شاخص روشنایی با استفاده از باندهای ۲، ۳ و ۴ سنجنده با توجه به روابط تجربی موجود در جدول ۱ محاسبه گردید (۳، ۱۷، ۲۰ و ۲۶).

تهیه نقشه شوری به روش برازش مدل‌های رگرسیونی و طبقه‌بندی نظارت شده

پس از آنکه نتیجه نهایی آنالیز EC نمونه‌های خاک در آزمایشگاه تعیین شد، جهت پهنه‌بندی نقشه شوری خاک با استفاده از تصویر ماهواره‌ای، از سه روش شاخص‌های شوری و روشنایی، برازش مدل رگرسیونی و طبقه‌بندی نظارت شده استفاده گردید. جهت برازش مدل رگرسیونی ابتدا نقاط نمونه‌برداری صحرایی برروی تصاویر ۳ مؤلفه PC_1، PC_2 و PC_3 حاصل از آنالیز مؤلفه اصلی و تصاویر حاصل از ۴ شاخص SI_1، SI_2، SI_3 و BI مشخص گردید و مقدار ارزش پیکسل مرکزی و ۸ پیکسل اطراف آن تعیین و از ۹ پیکسل مشخص شده میانگین‌گیری به‌عمل آمد. اعداد میانگین پیکسل‌ها برای مطالعه‌ی همبستگی و مدل‌سازی به‌عنوان متغیر (X) و عدد مربوط به آنالیز آزمایشگاهی EC به‌عنوان متغیر وابسته (Y) درنظر گرفته شد. علاوه‌بر این لگاریتم طبیعی، توان دوم و جذر متغیرهای مستقل و وابسته نیز به‌عنوان متغیرهای تغییرشکل یافته به‌منظور دست‌یابی به مدل‌هایی با ضریب همبستگی بالاتر محاسبه و وارد نرم‌افزار SPSS گردید. سپس در مرحله‌ی مدل‌سازی، روش‌های رگرسیون اجباری، پله به پله، پیش‌رونده و پس‌رونده برروی داده‌ها اعمال شده تا بهترین مدل برازش یافته با بالاترین ضریب همبستگی و کمترین خطا انتخاب شود. مدل‌های انتخابی از لحاظ اعتبار رگرسیونی، ضرایب رگرسیون و ثابت بودن واریانس و نرمال بودن توزیع باقیمانده‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفتند.

به‌منظور تهیه نقشه شوری با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده از الگوریتم حداکثر احتمال استفاده گردید. به‌این منظور ابتدا میزان همبستگی متغیر موردنظر با ۷ باند سنجنده لندست TM، تصاویر ۳ مؤلفه PC_1، PC_2 و PC_3 و شاخص‌های شوری و روشنایی در نرم‌افزار SPSS مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس ۴۰ نقطه از نقاط نمونه‌برداری به‌عنوان مناطق آموزشی روی باندی که بیشترین همبستگی را با داده‌های زمینی پارامتر مورد نظر نشان داده بود انتخاب شد و اطراف ۹ پیکسلی که در هر

جدول ۲. همبستگی نتایج آزمایشگاهیEC با باندها و شاخص‌های مختلف شوری مستخرج از داده‌های TM

شماره باندهای ماهواره	EC	شاخص شوری، روشنایی و مؤلفه‌های PC	EC
B_1	$-0/39^{**}$	B_I	$-0/38^{*}$
B_2	$-0/33^{*}$	SI_1	$-0/30$
B_3	$-0/28$	SI_2	$-0/38^{*}$
B_4	$-0/48^{**}$	SI_3	$-0/30$
B_5	$-0/40^{*}$	PC_1	$-0/38^{*}$
B_6	$0/23$	PC_2	$0/35^{*}$
B_7	$-0/28$	PC_3	$0/05$

*: معنی‌داری در سطح ۵٪ و **: معنی‌داری در سطح ۱٪

نقطه نمونه‌برداری شده بودند پلیگون بسته شد. سپس پلیگون حول هر محل نمونه‌برداری بر حسب مقدار پارامتر مورد نظر در نمونه‌ی خاک مربوط به آن نقطه، کدبندی مجدد شدند و به‌عنوان فایل نشانه به نرم‌افزار معرفی شد. سپس با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال، اقدام به طبقه‌بندی همه پیکسل‌های تصویر در طبقات درنظر گرفته شده گردید و نهایتاً نقشه پراکنش شوری منطقه تهیه شد. سپس نقشه‌های شوری تهیه شده با دو روش مدل‌سازی رگرسیونی چندمتغیره و طبقه‌بندی نظارت شده جهت برآورد صحت و بررسی میزان تطابق آنها با واقعیت موجود در منطقه با محاسبه ماتریس خطا مورد آزمون قرار گرفتند. به‌همین منظور از تعداد ۵۳ نقطه نمونه‌برداری شده، ۴۰ نقطه به‌طور تصادفی به‌منظور مدل‌سازی‌ها و تهیه نقشه و ۱۳ نقطه‌ی باقی‌مانده به‌منظور تعیین صحت نقشه‌ها انتخاب گردید و ماتریس خطا برای طبقات ایجاد شده محاسبه شد.

نتایج

نقشه شوری خاک سطحی

همبستگی نتایج حاصل از آنالیز شوری آزمایشگاهی نمونه‌های خاک سطحی با باندهای تصویر سنجنده TM، شاخص‌های شوری (SI_1، SI_2، SI_3) و آنالیز مؤلفه اصلی (PC_1 ، PC_2 و PC_3) در جدول ۲ آمده است که نشان از همبستگی بالای EC خاک سطحی با داده‌های ماهواره‌ای می‌باشد. از بین شاخص‌های شوری مورد استفاده شاخص SI_2 همبستگی بیشتری با EC خاک نشان داد که ازآن برای تهیه نقشه شوری خاک منطقه استفاده شد (شکل ۳). لازم به ذکر است که در بخش بحث تغییرات کمی و مکانی آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. با توجه به ارتباط نزدیک EC نمونه‌ها با باندها، مؤلفه‌ها و شاخص‌های به‌کار برده شده در این مطالعه از تصاویر حاصل از داده‌های ماهواره‌ای به‌منظور مدل‌سازی چندمتغیره استفاده گردید که در بخش تهیه نقشه شوری خاک سطحی به روش مدل‌سازی آورده شده است. در جدول ۳ مساحت طبقات مختلف شوری در منطقه نشان داده شده است که بیش از ۵۰ درصد منطقه شامل کلاس‌های شوری ۴ و ۵ می‌باشد.

نقشه شوری خاک سطحی با روش مدل‌سازی

جهت تهیه نقشه شوری از روش رگرسیون خطی چندمتغیره استفاده شد. معادله باندها، مؤلفه‌ها و شاخص‌ها در نرم‌افزار SPSS به روش پس‌رونده به‌دست آمد و مدل مربوط به EC با استفاده از معادله ذیل باروش نزدیک‌ترین همسایه در تصاویر باندها، مؤلفه‌ها و شاخص‌ها اعمال شد (معادله ۱). این معادله که براساس آنالیزهای رگرسیونی به‌دست آمده است، بیانگر

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.31]

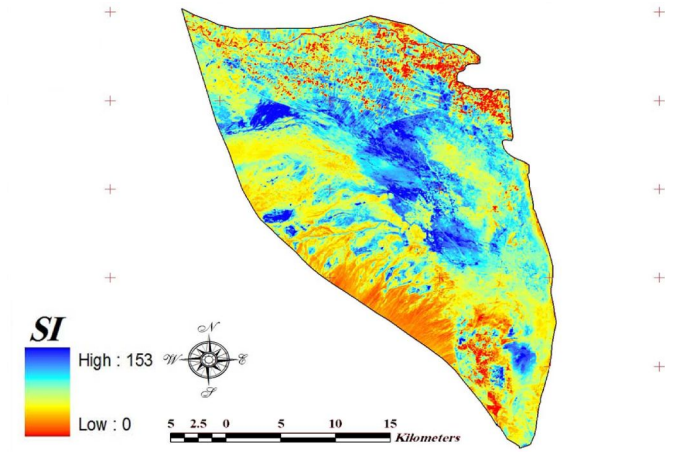
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.4.2]

[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.31]

جدول ۳. مساحت کلاس‌های مختلف شوری در منطقه مطالعه

کلاس‌های شوری (ds/m)	مساحت (ha)	درصد مساحت
۰-۴	۱۳۷۵۴/۰۸	۱۸/۲۹
۴-۲۰	۴۲۵۶/۳۲	۵/۶۶
۲۰-۶۰	۱۶۹۵۷/۶	۲۲/۵۵
۶۰-۱۰۰	۲۲۰۰۳/۵۲	۲۹/۲۶
>۱۰۰	۱۸۲۲۸/۴۸	۲۴/۲۴
جمع	۷۵۲۰۰	۱۰۰



شکل ۲. نقشه شوری خاک حاصل از شاخص شوری SI_2

جدول ۴. ضرایب همبستگی مدل EC سطحی

R^2 تصحیح شده	R^2	R
۰/۵۱	۰/۶۰	۰/۷۹

بیانگر بهترین باندها و ترکیبات باندی است که می‌تواند تغییرات شوری خاک سطحی را برآورد کند. ضرائب همبستگی مدل EC منطقه در جدول ۴ نشان داده شده است.

$$EC = ۵۱۹/۲۸ + (۸/۳۹ \times Band۳) - (۳/۲۳ \times band۴) - (۵/۴۰ \times Band۵) + (۱۳۰/۸۳ \times PC_۳) \quad [۱]$$

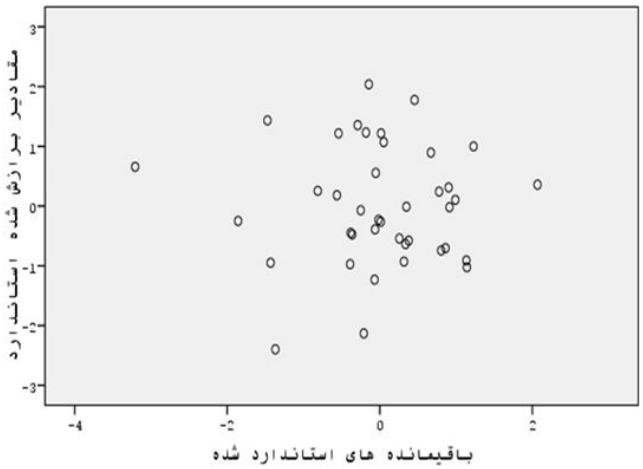
با توجه به جدول آنالیز واریانس (جدول ۵) معادله EC از لحاظ آماری در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشد. همچنین برای استفاده از باندها و ترکیبات باندی این معادله معنی‌دار بودن ضرائب رگرسیونی یعنی برابر بودن این ضرائب با یک مقدار ثابت (B) مورد آزمون قرار گرفت. همان‌طور که جدول ضرائب رگرسیونی نشان می‌دهد (جدول ٦) متغیرهای به‌کار رفته در معادله EC که شامل باند ۳، باند ۴، باند ۵ و $PC_۳$ است در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار بوده و از این متغیرها می‌توان جهت تولید نقشه پیوسته EC خاک سطحی منطقه با ضریب تعیین و همبستگی به‌ترتیب ۰/٦۰ و ۰/۷۹ استفاده کرد. جهت ارزیابی اعتبار فرض‌های رگرسیون، آزمون Q-Q Plot به‌کار گرفته شد که نتایج آن در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌طوری که ملاحظه

جدول ۵. آنالیز واریانس مدل EC سطحی

	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌داری
رگرسیون	۷۹۰۷۹/۲۳	۴	۱۹۷۶۹/۸۰	۱۰/۴۴	۰/۰۰۱
مانده‌ها	۶۶۲۲۵/۱۴	۳۵	۱۸۹۲/۱۵		
کل	۱۴۵۳۰۴/۳۷	۳۹			

جدول ۶. ضرائب رگرسیونی مدل EC سطحی

	B	Std. Error	Beta	t	سطح معنی‌داری
ثابت معادله	۵۱۹/۲۸	۷۴/۷۵		۶/۹۴	۰/۰۰۰
باند ۳	۸/۳۹	۱/۷۳	۲/۲۵	۴/۸۳	۰/۰۰۰
باند ۴	-۳/۲۳	۰/۴۴۲	-۰/۷۱	-۳/۱۶	۰/۰۰۳
باند ۵	-۵/۴۰	۰/۵۳۴	-۲/۰۶	-۴/۳۴	۰/۰۰۰
PC_3	۱۳۰/۸۳	۰/۹۸۶	۰/۸۷	۳/۴۲	۰/۰۰۲



شکل ۳. نمودار مانده‌ها در مقابل مقادیر برازش شده مدل EC

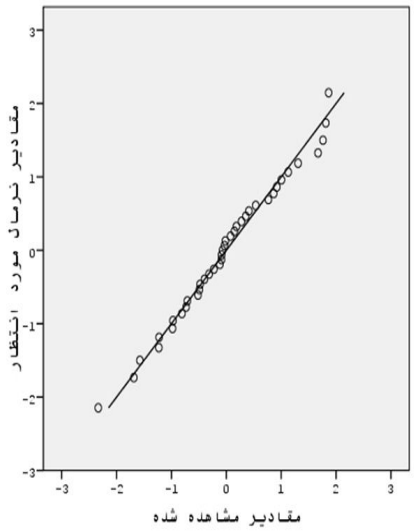
می‌گردد نمودار مربوطه، تبعیت باقیمانده‌ها از توزیع نرمال را نشان می‌دهد. نمودار مانده‌ها در مقابل مقادیر برازش یافته نیز ترسیم شد که انحرافی از فرض‌های مدل را نشان نمی‌دهد (شکل ۵).

در پایان تصویر پیوسته EC به‌دست آمده از کل منطقه با روش حداکثر احتمال طبقه‌بندی شد و به ۵ کلاس شوری به‌صورت ۴-۰، ۲۰-۴، ۶۰-۲۰، ۱۰۰-۶۰ و بیشتر از ۱۰۰ دسی‌زیمنس بر متر مجزا گردید (شکل ٦).

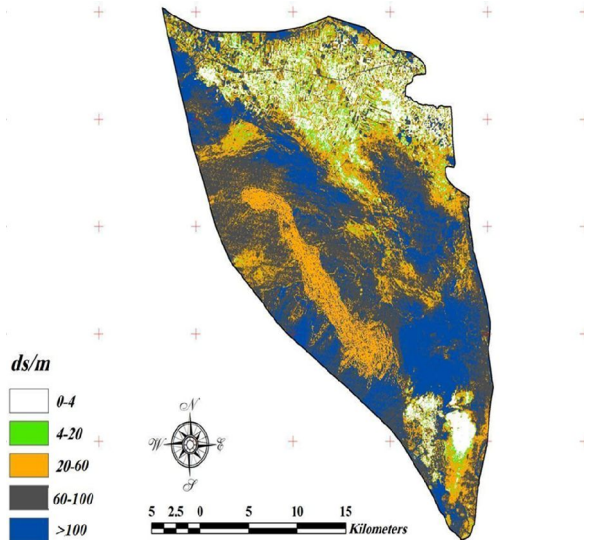
نقشه شوری خاک سطحی با روش طبقه‌بندی نظارت شده

به‌منظور تهیه نقشه شوری به‌روش طبقه‌بندی نظارت شده از الگوریتم آماری حداکثر احتمال و باند ۴ سنجنده TM که بیشترین همبستگی را با EC منطقه در سطح ۹۹ درصد داشت مطابق جدول ۲ استفاده گردید. نقشه نهایی شوری خاک سطحی در ۵ کلاس شوری مشابه کلاس‌های استفاده شده در روش مدل‌سازی به‌صورت ۴-۰، ۲۰-۴، ۶۰-۲۰، ۱۰۰-۶۰ و بیشتر از ۱۰۰ دسی‌زیمنس بر متر طبقه‌بندی و نقشه شوری به‌دست

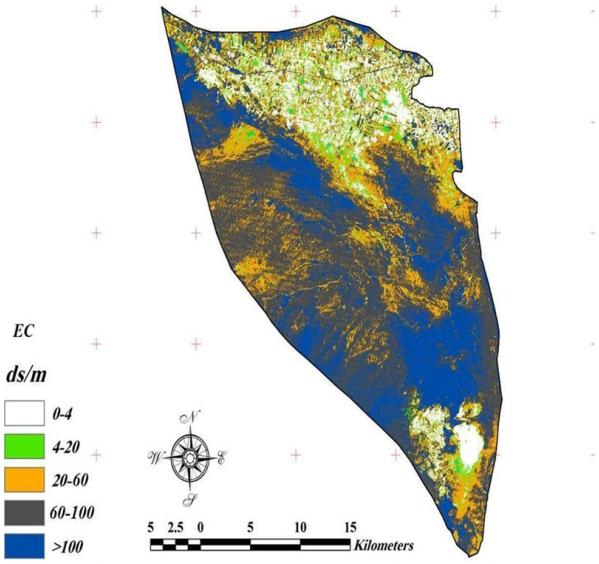
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.31]



شکل ۴. نمودار احتمال نرمال مانده‌های مدل EC



شکل ۵. نقشه شوری خاک سطحی به روش مدل‌سازی



شکل ٦. نقشه شوری خاک سطحی به روش طبقه‌بندی نظارت شده

آمد (شکل ۷).

همان‌طورکه در جدول ۷ ملاحظه می‌گردد به‌طورکلی صحت طبقه‌بندی دو روش در سطح خوبی قرار دارد اما صحت کلی و ضریب کاپای به‌دست آمده در روش طبقه‌بندی نظارت شده بیشتر از روش رگرسیونی چندمتغیره می‌باشد که کارایی بالاتر این روش در تهیه نقشه شوری را در منطقه نشان می‌دهد.

بحث

جهت به‌دست آوردن نقشه‌های پیوسته از شوری خاک سطحی منطقه مورد مطالعه از سه روش شاخص‌های شوری، مدل‌سازی تجربی و طبقه‌بندی نظارت شده، استفاده شد. مدل‌های رگرسیونی اعمال شده با درنظر گرفتن ارتباط بین EC اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه و خصوصیات طیفی باندها و شاخص‌های به کار رفته، تعیین شد و ضریب همبستگی مربوط به هر یک از این مدل‌ها از لحاظ آماری مورد بررسی قرار

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.31]

جدول ۷. ماتریس خطای طبقه‌بندی

روش طبقه‌بندی	مدل‌سازی رگرسیونی		طبقه‌بندی نظارت شده	
کلاس شوری (ds/m)	صحت کاربر	صحت تولید کننده	صحت کاربر	صحت تولید کننده
۰-۴ds/m	۷۹/۸۵	۷۴/۶۷	۷۸/۳۱	۷۹/۸۷
۴-۲۰ds/m	۸۳/۰۸	۸۳/۰۴	۸۴/۵۰	۸۱/۹۴
۲۰-۶۰ds/m	۸۷/۱۵	۸۴	۹۱/۷۵	۹۲/۷۰
۶۰-۱۰۰ds/m	۸۸/۷۴	۹۴/۳۱	۹۳/۱۶	۹۲/۸۰
>۱۰۰ds/m	۹۳/۴۸	۹۷/۹۳	۹۶/۰۴	۹۷/۰۶
	صحت کلی: ۸۶ درصد		صحت کلی: ۸۹ درصد	
	ضریب کاپای کلی: ۷۷ درصد		ضریب کاپای کلی: ۸۰ درصد	

گرفت. با استفاده از مدل‌های به‌دست آمده می‌توان بهترین باندها و یا ترکیبات باندی سنجنده TM را که توانایی تخمین روند تغییرات شوری در سطح منطقه مورد مطالعه را دارند، تعیین نمود. همچنین از نقشه شوری طبقه‌بندی نظارت شده برای مقایسه و ارزیابی کارایی روش مدل‌سازی نیز استفاده گردید.

همبستگی نتایج حاصل از آنالیز شوری آزمایشگاهی نمونه‌های خاک سطحی با شاخص‌های شوری (SI_1، SI_2، SI_3) در جدول ۲ نشان می‌دهد که از بین سه شاخص شوری استفاده شده شاخص SI_2 با میزان ضریب همبستگی ۰/۳۸- بیشترین همبستگی را با EC منطقه دارد. این شاخص مقداری بین صفر تا ۱۵۳ دارد که براساس طبقات شوری به‌دست آمده از نتایج آزمایشگاهی به‌صورت ۴-۰، ۲۰-۴، ۶۰-۲۰، ۱۰۰-۶۰ و بیشتر از ۱۰۰ دسی‌زیمنس بر متر برای منطقه کلاس‌بندی و تفسیر گردید. هرچه مقدار این شاخص به ۱۵۳ نزدیک‌تر شود شوری منطقه بیشتر است. براین اساس اراضی کشاورزی موجود در حاشیه شمالی منطقه دارای طبقه بدون شوری یا شوری اندک، اراضی شوره‌زار در حاشیه بخش شرقی و مرکزی منطقه دارای شوری زیاد و اراضی رها شده، تپه‌های ماسه‌ای، اراضی مرتعی با پوشش فقیر جز مناطقی با شوری متوسط مشخص شده‌اند. شاخص شوری کارایی خود را در مطالعه دشتکیان و همکاران (۸) با ضریب تعیین نسبتاً بالای R^2= ۰/۵۸ نیز نشان داده است. دائم‌پناه و همکاران (۷) نیز با دو روش شاخص شوری و زمین آمار نقشه شوری خاک منطقه مه ولات را تهیه کردند. نتایج مطالعه آنان شاخص شوری (SI_1) با همبستگی در سطح ۱ درصد را روش مناسب‌تر معرفی نمود.

نقشه EC خاک سطحی به‌روش رگرسیونی که معرف شوری منطقه مورد مطالعه می‌باشد، تغییرات شوری را در بخش‌های مختلف با ضریب تعیین R^2= ۰/۶۰ و ضریب همبستگی ۰/۷۹ نشان می‌دهد. براساس این نقشه طبقه غیرشور بیشتر در مناطق کشاورزی و پراکنده در بخش‌های دیگر مشخص شده است و هر چه به‌سمت مرکز و حاشیه شرقی منطقه که در مجاور باتلاق گاوخونی قرار دارد، نزدیک می‌شویم میزان شوری نیز به حداکثر خود می‌رسد. محقیق دیگر نیز استفاده از مدل‌های رگرسیونی را جهت تهیه نقشه‌های شوری خاک سطحی با مقدار ضریب تعیین همبستگی بیش از R^2=۰/۵۰ مناسب دانسته‌اند (۸، ۱۰، ۱۴، ۱۸، ۱۹ و ۲۹). با توجه به نتایج آزمون همبستگی، EC سطحی با باند ۴ سنجنده TM در این مطالعه همبستگی بیشتری نسبت به سایر باندهای این سنجنده دارد که با نتایج مطالعات فرناندز بوسز (۱۹)، الدیری (۱۸) و تاج‌گردان و همکاران (۴) مطابقت دارد. روش رگرسیونی به‌کاررفته با ضریب تشخیص ۶۰ درصد در مقایسه

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.31]

با مطالعات فوق معتبر می‌باشد. اما جهت بررسی صحت نتایج این همبستگی عددی بین نتایج آزمایشگاهی EC و بازتاب تصویر، صحت نقشه هدایت الکتریکی خاک سطحی با محاسبه ماتریس خطای این نقشه در ۵ کلاس به‌دست آمده مورد آنالیز قرار گرفت و میزان اعتبار هر یک از کلاس‌های ۴-۰، ۲۰-۴، ۶۰-۲۰، ۱۰۰-۶۰ و بیشتر از ۱۰۰ دسی‌زیمنس بر متر، صحت کلی نقشه و ضریب کاپا آن محاسبه گردید.

همان‌طوری که در جدول ۷ مشخص است صحت کلی این نقشه معادل ۸۶ درصد و کاپای کلی ۷۷ درصد محاسبه شد که نشان از کارایی مطلوب روش مدل‌سازی رگرسیونی در تهیه نقشه شوری در منطقه مورد مطالعه دارد. بیشترین خطای به‌دست آمده از محاسبه ماتریس خطا مربوط به طبقه بدون شوری در منطقه می‌باشد که برخی از مناطق کشاورزی و مسکونی را شامل می‌شود و بیشترین صحت مربوط به‌کلاس‌های ۱۰۰-۶۰ و بیشتر از ۱۰۰ دسی زیمنس بر متر به‌ترتیب با میزان صحت کاربر ۸۸/۷۴ و ۹۳/۴۸ درصد می‌باشد.

صحت کلی نقشه شوری به‌دست آمده از روش طبقه‌بندی نظارت شده ۸۹ درصد و کاپای کلی آن ۸۰ درصد به‌دست آمد که تا حدودی نسبت به روش رگرسیون دارای صحت بیشتری است. طبقات متوسط، زیاد و بسیار زیاد شوری در منطقه با صحت کاربر بیش از ۹۰٪ بیشترین صحت را نشان‌می‌دهد. ثناعی‌نژاد و همکاران (۲۷) با به‌دست آوردن صحت کلی ۸۰/۵ درصد در روش طبقه‌بندی نظارت شده و به‌کارگیری باند مادون قرمز نزدیک صحت این روش در تهیه نقشه شوری خاک را بیان می‌کنند.

دادرسی و همکاران (۶) با بیان صحت ۸۱/۴۵ درصد و کاپای ۷۷ درصد، ریاحی (۹) با بیان صحت کلی ۵۶ درصد و کاپای کلی ۴۶ درصد نقشه شوری خاک سطحی را در تصاویر لندست TM و به روش رقومی نظارت شده به دست آوردند.

نتیجه دیگر به‌دست آمده در این مطالعه مطابق با جدول ماتریس خطا نشان داد که صحت نتایج طبقه‌بندی در خاک‌هایی با شوری کم، نسبت‌به خاک‌های با شوری زیاد پایین می‌باشد. این‌مطلب در ارتباط با بازتاب نمک خالص در شوری زیاد و نمک ناخالص در شوری پایین می‌باشد. به‌عبارت دیگر هرچه شوری خاک زیاد می‌گردد، صحت پهنه‌بندی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای نیز افزایش می‌یابد. به‌طورکلی آشکارسازی شوری سطح خاک تحت تأثیر رفتار شاخصه‌های طیفی، مکانی و زمانی سنجنده‌ها و همچنین عوامل مختلفی چون رطوبت خاک، ترکیبات معدنی، مقدار هوموس، نوع و بافت خاک می‌باشد. با افزایش میزان نمک در خاک منحنی طیفی بازتابی خالص‌تر می‌شود و تشخیص نمک دقیق‌تر است. اما با کاهش نمک خاک و حضور شاخصه‌های دیگر سطح که دارای انعکاس مشابه نمک باشند، اغتشاشات طیفی ایجاد می‌شود و برآورد دقیق نمک در سطوح پایین کاهش می‌یابد (۱۷، ۲۱ و ۲۴). هرچه قدرت تفکیک مکانی و طیفی و پهنای باند سنجنده مورد استفاده بالاتر باشد برآورد نمک در غلظت‌های پایین دقیق‌تر خواهد بود (۱۷). در تصویر سنجنده TM مورد استفاده در این مطالعه با ۷ باند طیفی با قدرت تفکیک زمینی متوسط ۳۰ متر و عرض باند ۱۸۵ کیلومتر تشخیص نمک در غلظت‌های کم در اثر اختلالات طیفی کاهش یافته است. بنابراین جهت رفع این مشکل استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالاتر و روش‌های طبقه‌بندی دقیق‌تر از جمله روش‌های زیر یا تحت پیکسل پیشنهاد می‌گردد.

مقایسه سه‌روش شاخص شوری، رگرسیونی و طبقه‌بندی نظارت شده در تهیه نقشه شوری خاک نشان می‌دهد که روند تغییرات شوری در هر سه نقشه تولید شده تقریباً مشابه بوده و همان گونه که مشاهده می‌شود در بخش شمالی منطقه و در اکثر اراضی کشاورزی، هدایت الکتریکی مطابق اندازه‌گیری در آزمایشگاه ۴-۰ دسی‌زیمنس بر متر بوده و هرچه به‌سمت مناطق دشتی مرکز، حاشیه شرقی و جنوب شرقی منطقه حرکت می‌کنیم شوری افزایش می‌یابد. EC مربوط به اراضی کشاورزی تحت کشت پنبه در ورزنه به‌علت آبیاری نامناسب در محدوده ۲۰-۴ دسی‌زیمنس بر متر از آنالیز آزمایشگاهی به‌دست آمد. همچنین

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.31]

اراضی کشاورزی رها شده EC ۱۰۰-۶۰ دسی‌زیمنس بر متر را نشان داد. اراضی دشتی مجاور باتلاق گاوخونی دارای شوری بسیار زیاد و EC بیشتر از ۱۰۰ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. مطابق نتایج به‌دست آمده از این مطالعه و نتایج سایر تحقیقات در زمینه شوری خاک، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، منطقه‌ای بوده و وابسته به زمان و مکان مورد مطالعه است. به‌همین دلیل محققان باندهای مختلفی را برای ارزیابی شوری خاک مناسب دانسته‌اند. اگرچه ممکن‌است یک باند در منطقه‌ای اهمیت نداشته باشد، اما مناسب بودن آن در مناطق دیگر گزارش شده است (۴ و ۲۲). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در مناطق مختلف، با درجات متفاوت شوری و نسبت‌های متنوع از نمک‌ها، شرایط اقلیمی، جغرافیایی و زمین‌شناسی مختلف، باندهای مختلفی می‌تواند تغییرات شوری و EC خاک‌های سطحی آن منطقه را توصیف نمایند. در این تحقیق در منطقه ورزنه باند ۴ و ۵ سنجنده در روش مدل‌سازی و باند ۴ در روش طبقه‌بندی نظارت شده جهت تهیه نقشه شوری مورد استفاده قرار گرفتند. این باندها از نظر طول موج در محدوده مادون‌قرمز نزدیک و مادون‌قرمز میانی قرار می‌گیرند و با توجه به بازتاب مناسب خاک خشک در محدوده طیفی ۲/۵-۰/۴ میکرومتر نقش این باندها را در طبقه‌بندی اراضی شور آشکار می‌سازد (۲۳، ۲۴ و ۲۵). با توجه به کارایی بالای تصاویر سنجنده TM در تهیه نقشه شوری منطقه مطالعاتی حاضر استفاده از این داده‌ها جهت تهیه نقشه خصوصیات دیگر خاک از قبیل آهک، گچ و قلیایت در منطقه پیشنهاد می‌گردد.

نتیجه‌گیری

از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در بیابان‌زایی منطقه جنوب‌شرق استان اصفهان شوری بالای خاک سطحی می‌باشد. از اینرو تهیه نقشه‌های خصوصیات خاک سطحی جهت شناسایی وضعیت کنونی منطقه از نظر غلظت نمک درجهت مدیریت طرح‌های کشاورزی و بیابان‌زدایی حائز اهمیت می‌باشد. با توجه به کارایی بالای روش‌های مدل‌سازی و طبقه‌بندی نظارت شده در تهیه نقشه‌های شوری خاک علاوه‌بر صحت و دقت بالا و هزینه کم نسبت به روش‌های میدانی در انجام عملیات صحرایی، پروژه حاضر باهدف ارزیابی قابلیت داده‌های ماهواره‌ای در تهیه نقشه شوری خاک منطقه ورزنه با استفاده از دو روش فوق تعریف گردید. نقشه‌های تهیه شده برای شوری در منطقه مورد مطالعه در این تحقیق مطابق جدول ۳ نشان می‌دهد که میزان نمک در سطح منطقه بسیار بالا است و بیش‌از ۵۰٪ درصد منطقه دارای غلظت نمک بیش از ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد.

از دلایل بالا بودن نمک علاوه بر شرایط طبیعی اکوسیستم منطقه، کاربری نامناسب و روش‌های نامناسب آبیاری اراضی کشاورزی را می‌توان نام برد. به‌طوری که EC مربوط به اراضی کشاورزی تحت کشت پنبه در ورزنه به‌علت آبیاری نامناسب در محدوده ۲۰-۴ دسی‌زیمنس بر متر قرار داشته و اراضی کشاورزی رها شده EC ۱۰۰-۶۰ دسی‌زیمنس بر متر را نشان داد. ازدلایل افزایش شوری در اراضی کشاورزی رها شده می‌توان به روش‌های آبیاری غرقابی، عدم تخصیص حقابه منطقه از سد زاینده‌رود و خشکسالی‌های اخیر اشاره نمود. برداشت روزافزون از حوزه و سد زاینده‌رود برای کشاورزی، صنعت، شرب و مصارف شهری موجب زیر پا گذاشتن قوانین توزیع عادلانه آب و تضییع حقوق حق آبه‌داران شده و انگیزه را برای سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی کاهش داده است، بنابراین موجب رهاسازی اراضی و مهاجرت و فرار نیروهای کارآمد از بخش کشاورزی شده است. علاوه‌بر آن افت سطح آب زیرزمینی و پیشروی آب شور و در نتیجه آبیاری با آب شور موجب ازبین‌رفتن خاک‌های مرغوب منطقه شده و کویرزایی در منطقه را تشدید نموده است. این اثرات وقوع مشکلات زیست‌محیطی مهمی از جمله طوفان‌های گرد و غبار را موجب می‌گردد که تهدیدی جدی برای اکوسیستم منطقه و همچنین سلامت مردم اصفهان در آینده خواهد بود (۲).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.31]

منابع مورد استفاده

۱. اداره کل منابع طبیعی استان اصفهان. ۱۳۷۳. گزارش نهایی طرح بیابان‌زدایی دشت سگزی. انتشارات سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران.

۲. امینی، ا. ۱۳۸۹. سد زاینده‌رود و آثار آن بر کشاورزی حوضه‌ی زاینده‌رود از منظر حق آبه‌داران. مجموعه مقالات اولین همایش ناگفته‌های سدسازی. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲۹ اردیبهشت ۱۳۸۹.

۳. آستارایی، ع.، س. ح. ثنایی‌نژاد، ع. کشاورزی، پ. میرحسینی و م. قائمی. ۱۳۸۷. مقایسه شاخص‌های شوری خاک با استفاده از داده‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: دشت نیشابور، استان خراسان‌رضوی). مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه فردوسی مشهد. ۶ تا ۷ شهریور ۱۳۸۷.

۴. تاج‌گردان، ت.، ش. ایوبی، ش. شتایی و ف. خرمالی. ۱۳۸۸. تهیه نقشه شوری سطحی خاک با استفاده از داده‌های دورسنجی ETM (مطالعه موردی: شمال آق‌قلا، استان گلستان). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک ۱۶ (۲): ۱–۱۸.

۵. خواجه الدین، س. ج. ۱۳۸۵. روند بیابان زایی در ایران. مجله جنگل و مرتع ۷۴: ۴۲– ۴۵

۶. دادرسی، ا.، م. یمانی، م. پاک‌پرور و ز. داورزنی. ۱۳۸۵. بررسی روند تغییرات شوری خاک با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در ناحیه گرم و خشک جنوب‌شرقی شهرستان سبزوار. مجله جغرافیا و توسعه ۷: ۱۷۳–۱۸۴.

۷. دائم‌پناه، ر.، غ. ح حق‌نیا، ا. علیزاده و ع. کریمی کارویه.۱۳۹۰. تهیه نقشه شوری و سدیمی خاک سطحی با روش‌های دورسنجی و زمین‌آماری در جنوب شهرستان مه‌ولات. نشریه آب و خاک، علوم و صنایع کشاورزی ۲۵ (۳): ۴۹۸–۵۰۸.

۸. دشتکیان، ک.، م. پاک‌پرور و ج. عبداللهی. ۱۳۸۷. بررسی روش‌های تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست در منطقه مروست. مجله پژوهش تحقیقات مرتع و بیابان ایران ۱۵: ۱۳۹–۱۵۷.

۹. ریاحی بختیاری، ح. ۱۳۷۹. تعیین مناسب‌ترین روش تهیه نقشه پوشش منابع طبیعی در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در منطقه دشت ارژن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۱۰. عبدی نام، ع. ۱۳۸۳. بررسی تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از ایجاد هبستگی بین داده‌های ماهواره‌ای با مقادیر عددی شوری خاک در دشت قزوین. مجله پژوهش و سازندگی ۶۴: ۳۳–۳۸.

۱۱. علوی‌پناه، س. ک. ۱۳۸۲. *کاربرد سنجش از دور در علوم زمین*. چاپ اول، فصل دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

۱۲. کریم‌زاده، ح. ر. ۱۳۸۱. چگونگی تکوین و تکامل خاک‌ها در لندفرم‌های مختلف و منشاءیابی رسوبات فرسایش یافته بادی در منطقه شرق اصفهان. رساله دکترای خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۱۳. مهندسین مشاور نشتاک. ۱۳۸۴. گزارش نهایی طرح اجرای بیابان‌زدایی منطقه جرقویه سفلی در استان اصفهان. اداره کل منابع طبیعی استان اصفهان، اصفهان.

۱۴. نائیج نوری، ر. ۱۳۸۰. بررسی امکان تفکیک اراضی شور و گچی منطقه دشت کاشان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

15. Abdelfattah, M. A., S. A. Shahid and Y. R. Othman. 2009. Soil salinity mapping model developed using RS and GIS - a case study from Abu Dhabi, United Arab Emirates. European J. of Sci. Res. 26 (3): 342-351.

16. Amiraslani, F. and D. Dragovich. 2011. Combating desertification in Iran over the last 50 years: An overview of changing approaches. Journal of Environmental Management 92 (1): 1-13.

17. Ben-Dor, E., G. Metternicht, N. Goldshleger, E. Mor, V. Mirlas and U. Basson. 2008. Review of remote sensing-based methods to assess soil Salinity, in Remote sensing of soil salinization impact on land management, Graciela Metternicht, J. and A. Zinck, Eds. New York: CRC Press.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.4.2]

[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.31]

18. Eldeiry, A., A. G. Luis and M. R. Robin. 2008. Soil salinity sampling strategy using spatial modeling techniques, Remote Sensing, and field data. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 134: 768-777.
19. Fernandez-Bucesa, N., C. Siebea, S. Cramb and J. L. Palacio. 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 Environment 65: 644-667.
20. Kappa, M., A. Shawan and S. Erasmi. 2005. Remote sensing based classification of salt affected soils as an indicator for landscape degradation in the south of Aleppo, Syria, in UN convention to combat desertification, Trier, Germany.
21. Lesch, S. M. 2005. Sensor-directed response surface sampling designs for characterizing spatial variation in soil properties. Computers, and Electronics in Agriculture 46 (1-3): 153-179.
22. Lesch, S. M., D. L. Corwin and D. A. Robinson. 2005. Apparent soil electrical conductivity mapping as an agricultural management tool in arid zone soils. Computers and Electronics in Agriculture. 46: 351-378.
23. Metternicht, G. I. and J. A. Zinck. 1997. Spatial discrimination of salt- and sodium-affected soil surfaces. International J. of Remote Sensing 18: 2571–2586.
24. Metternicht, G. I. and J. A. Zinck. 2003. Remote sensing of soil salinity: Potentials and constraints. Remote Sensing of Environment 85: 1-20.
25. Moreau, S. S. 1996. Application of remote sensing and GIS to the mapping of saline/sodic soils and evaluation of villarroel, central Altiplano, Boivia. 4th International Symposium on High Mountain Remote Sensing and Cartography, 19-21 Augest Karlstad, Kiruna.
26. Odeh, I. O. A. and A. Onus. 2008. Spatial analysis of soil salinity and soil structural stability in a semiarid region of New South Wales, Australia. Environmental Management 42: 265-278.
27. Sanaeinejad, S. H., A. Astaraei, P. Mirhoseini.Mousavi and M. Ghaemi. 2009. Selection of best band combination for soil salinity studies using ETM+ satellite images (a case study: Nyshaboor region, Iran). World Academy of Science, Engineering and Technology 54: 519-521.
28. Singh, G. 2009. Salinity-related desertification and management strategies: Indian experience. Land Degradation & Development 20 (4): 367-385.
29. Taghizade Mehrjardi, R., S. Mahmoodi, M. Taze and E. Sahebjalal. 2008. Accuracy assessment of soil salinity map in Yazd-Ardaakan plain, central Iran, based on Landsat ETM+ imagery. American-Eurasian J. of Agric. & Environ. Sci. 3 (5): 708-712.
30. Wang, Y. and Y. Li. 2013. Land exploitation resulting in soil salinization in a desert oasis ecotone. Catena 100: 50-56.
31. Wang, Y., Y. Li and D. Xiao. 2008. Catchment scale spatial variability of soil salt content in agricultural oasis, Northwest China. Environmental Geology 56 (2): 439-446.
32. Zaady, E., S. Arbel, D. Barkai and S. Sarig. 2013. Long-term impact of agricultural practices on biological soil crusts and their hydrological processes in a semiarid landscape. J. of Arid Environ. 90: 5-11.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-25]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.31]