"مقاله پژوهشی"

بررسی امکان تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از داده‌های رقومی لندست -۸ (مطالعه موردی: بخش داشلی برون- استان گلستان)

حمیدرضا عسگری[۱]، الهام رشنو[۲]، چوقی بایرام کمکی[۳] و عبدالحسین بوعلی[۴]

۱- دانشیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،
(نویسنده مسوول: hras2010@gmail.com)
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۳- استادیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۴- دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
تاریخ دریافت: ۹۹/۶/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۹/۸/۱۸
صفحه: ۷۲ تا ۸۱

چکیده

شوری خاک یکی از عوامل اصلی بیابان‌زایی است که خاک‌های نواحی مناطق خشک و نیمه خشک را بیشتر تحت تأثیر قرار داده است. روش‌های سنتی جمع‌آوری داده در مطالعات خاکشناسی دارای مشکلات زیادی است که به وسیله فن‌آوری سنجش از دور قابل رفع است. بنابراین، تحقیق حاضر با هدف بررسی امکان تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از داده‌های رقومی لندست در منطقه داشلی‌برون انجام شد. در این پژوهش ٤٧ نمونه سطحی خاک را به صورت تصادفی تهیه و پس از آماده‌سازی نمونه‌ها در آزمایشگاه، هدایت الکتریکی عصاره اشباع نمونه‌های خاک اندازه‌گیری شد. پس از تعیین باندهای مناسب برای شرکت در مدل، نتایج اولیه نشان داد که بین مقادیر هدایت الکتریکی سطحی با باند اصلی B5 و باندهای ترکیبی SI1، SI2 و SI3 ارتباط معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد. به منظور مدل‌سازی شوری خاک از مدل‌های رگرسیونی استفاده شد. داده‌ها به دو سری آموزشی (۸۰٪) و ارزیابی (۲۰٪) تقسیم شد. نتایج ارزیابی مدل‌ها بر اساس شاخص‌های ریشه‌ی مربعات خطا و میانگین خطا نشان داد که مدل رگرسیون چند متغیره دارای دقت بالاتری نسبت به مدل رگرسیونSI3 در پیش‌بینی شوری خاک هستند. نتایج ضریب کاپا و صحت کلی حاصل از دو مدل نشان داد که مدل رگرسیون چند متغیره با دارا بودن درصد ضریب کاپا (۷۱) و صحت کلی (۷۳) میزان توافق بیشتری با شوری خاک منطقه داشته است. نتایج نشان داد بیشترین میزان شوری خاک در مناطق شمالی و شرقی می‌باشد. نتایج نشان داد که در منطقه داشلی‌برون استفاده از داده‌های رقومی TM و مشتقات آن، می‌تواند به‌منظور پهنه‌بندی تغییرات شوری موثر باشد. با تکمیل، گسترش و بسط یافته‌های این تحقیق می‌توان به پهنه‌بندی اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و به حداقل رساندن نیاز به نمونه برداری پرداخت.

واژه‌های کلیدی: ارزش‌های رقومی، اعتبارسنجی، رگرسیون چند متفیره، شوری خاک

مقدمه

شوری خاک یکی از مشکلات مهم زیست محیطی بوده که نواحی گسترده‌ای را در بسیاری از کشورها تحت تأثیر قرار می‌دهد (۷). افزایش نمک‌های محلول در سطح خاک نیز پدیده‌های اصلی تخریب خاک مانند انتشار ذرات خاک، تخریب ساختمان و سله بستن خاک را که منجر به ایجاد خاک‌های ناپایدار و فشرده می‌شود را شدت می‌بخشد (۷). علاوه بر این شوری خاک، توالی و توسعه اقتصادی را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد (۵). در پروژه جهانی ارزیابی تخریب خاک به ۱۲ زیر گروه از فعالیت‌های بشر که باعث تخریب خاک می‌شود، اشاره شده که براساس این گزارش، توزیع مکانی تخریب اراضی یا خاک، حدود ۱۹۶۴ میلیون هکتار از اراضی سطح زمین (۱۵٪) در معرض فعالیت‌های انسانی است که حدود ۷۶ میلیون هکتار آن در نتیجه شور شدن خاک ایجاد شده است (۲). همچنین با استناد به گزارش مرکز اطلاعات بین‌المللی خاک هر ساله بیش از ۱/۷ میلیون هکتار از زمین‌ها در سراسر جهان در معرض شوری قرار می‌گیرند (۸). در ایران نیز مساحت خاک‌های متأثر از شوری ۱۵ تا ۱۸ میلیون هکتار برآورد شده است این خاک‌ها در مساحت‌های متفاوت در نقاط مختلف کشور پراکنده است و اراضی مجاور خود را در اثر گسترش شوری مورد تهدید جدی قرار می‌دهند (۲۰،۱۸) برای تداوم پایدار کشاورزی، پدیده شوری خاک بخصوص در اراضی کشاورزی باید شناسایی، پایش و مدیریت شود. اولین گام در این خصوص، شناسایی مناطق شور و تهیه نقشه شوری خاک‌های کشور است. اقدامات انجام شده برای پایش، ارزیابی و تهیه نقشه شوری خاک، به طور فزاینده‌ای، در سطح دنیا در حال گسترش است (۲۲،۲). این در حالی است که نمونه‌برداری مستقیم همراه با اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی یا صحرایی معمولاً، پُرهزینه و وقت‌گیر بوده و در نتیجه، برای اهداف کاربردی دارای محدودیت است. بنابراین، برای تخمین شوری خاک از روش‌های غیرمستقیم استفاده می‌شود (۱۷). تا به حال روش‌های متعددی برای پیش‌بینی و تخمین مکانی کلاس‌های شوری خاک ارائه شده است. که از جمله این روش‌ها می‌توان به روش‌های سنجش از دور اشاره کرد (۱۳). در چند دهۀ گذشته استفاده از داده‌های سنجش از دور برای تهیۀ نقشه شوری خاک و پایش تغییرات آن توسعه

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-02]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.10.9]

یافته است. سنجش از دور حجم زیادی از اطلاعات را تولید می‌کند و این اطلاعات نه فقط در یک زمان بلکه در دوره‌ها و زمان‌های مختلف، تولید و جمع آوری می‌شوند و می‌توان از آن‌ها برای کشف و مطالعه پدیده‌ها استفاده کرد (۹). تلفیق GIS و RS پتانسیل استفاده از داده‌های سنجش از دور را به بهترین نحو افزایش می‌دهد (۱۰،۱۲). بناری و همکاران (۶) در مطالعاتی که در مراکش انجام دادند با استفاده از داده‌های میدانی و نقشه‌های توپوگرافی از روش طبقه‌بندی نظارت شده، نقشه شوری خاک منطقه را تهیه کردند. علت اصلی پیشرفت شوری‌زایی خاک را عدم مدیریت آب زیرزمینی و آبیاری با آب با املاح زیاد دانستند و اشاره کردند که سنجش از دور نسبت به دیگر روش‌های متداول تهیه نقشه شوری خاک در پیش‌بینی خطر شوری‌زایی کاربردی‌تر است. عبدالفتاح و همکاران (۳) یک مدل برای تهیه نقشه شوری با استفاده از ادغام داده‌های سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منطقه‌ای در ابوظبی ارائه دادند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از اطلاعات سنجش از دور همراه با مشاهدات زمینی یک ابزار قدرتمند برای شناسایی مناطق شور است. یو و همکاران (۲۱) با استفاده از داده‌های سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ به بررسی میزان شوری خاک با استفاده از مدل رگرسیونی حداقل مربعات جزئی (PLSR)[1]، شاخص‌های گیاهی (SAVI، EVI، DVI، NDVI) و شوری خاک (SI1، SI، SI2، SI3، SI4، SRSI) پرداختند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که شاخص SI3 و باند سبز مؤثرترین متغیرها در مدل رگرسیونی برآورد بوده‌اند. آلبد و همکاران (۱)، در مطالعه‌ای در آل حثای عربستان سعودی به بررسی سطوح شوری خاک با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی و شاخص شوری خاک پرداختند. در این مطالعه از ۱۳ شاخص پوشش گیاهی و شوری خاک که از تصاویر IKONOS استخراج شدند استفاده شد. با توجه به نتایج بدست آمده شاخص SAVI، برای اراضی تحت کشت و شاخص‌های SIT و NDSI برای اراضی دارای خاک لخت و پوشش گیاهی کم متراکم به ترتیب دارای بالاترین ضریب همبستگی بودند. حسنوند و همکاران (۱۱)، با استفاده از رگرسیون چند متغیره بین داده‌های طیفی و مقادیر عددی شوری خاک، نقشه شوری منطقه‌ای در جنوب اهواز را تهیه نمودند. این پژوهشگران از آنالیز مؤلفه‌های اصلی، شاخص روشنایی، شاخص سبزینگی، شاخص خیسی خاک و شاخص پوشش گیاهی استفاده کردند و رابطه رگرسیونی را بر این شاخص‌ها بنا کردند. ایشان مدل رگرسیون چند متغیره خطی با ضریب همبستگی ۰/۷۷ نسبت به مقادیر زمینی را روش خوبی جهت برآورد میزان شوری خاک اعلام کردند. تشکیل و تکامل خاک‌های دشت گرگان عمدتا با پیشروی و پسروی‌های متعدد دریای خزر در دوره کواترنری در ارتباط بوده است (۲). تناوب تغییر سطح آب باعث برجای ماندن لایه‌هایی از رسوبات شور دریایی گردیده است. همزمان با این فرایند، ریزش‌های جوی و جریان سیلابی رودخانه اترک نیز آبرفت‌های محموله خود را دائما بر جای گذاشته است به طوری که تناوبی از رسوبات دریایی و آبرفت‌های رودخانه‌ای وجود دارد (۲). این فرایند در طول زمان به کرات تکرار شده و از طرف دیگر تحت تاثیر عوامل مختلفی از قبیل اقلیم، وضعیت توپوگرافی و دخالت‌های انسان قرار گرفته است و آن چه تاکنون به عنوان خاک در منطقه مطرح است در واقع تکامل نسبی نتایج حاصل از تلفیق عوامل فوق می‌باشد (۲). منطقه مورد مطالعه بخش داشلی برون در استان گلستان می‌باشد که یکی از اکوسیستم‌های منحصر به فرد از جهت شوری و بالا بودن سطح ایستابی می‌باشد. این ناحیه در چند سال گذشته تحت فشار بیش از حد بهره‌برداری، قدرت تولید به شدت کاهش یافته و همین امر باعث تشدید فرسایش و از بین رفتن خاک منطقه شده است. هدف از این تحقیق ارزیابی کارایی داده‌های رقومی ماهواره لندست ۸ و یافتن بهترین شاخص و مناسب‌ترین رابطه جهت برآورد شوری خاک و تهیه نقشه آن با استفاده از داده‌های سنجش از دور در منطقه داشلی برون استان گلستان است.

مواد و روش

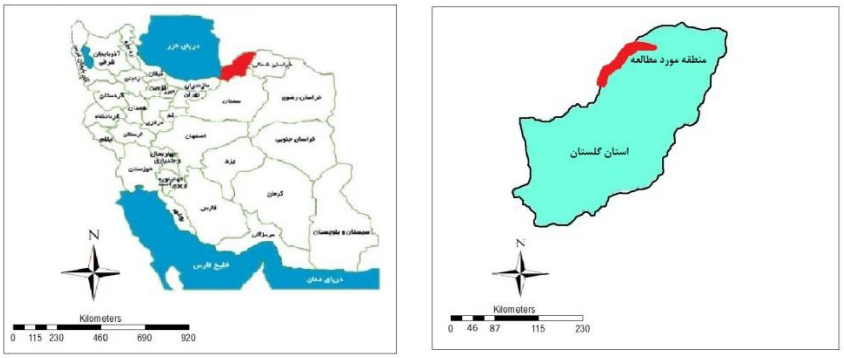
منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در شرق شهرستان اینجه‌برون با مساحت ۵۳۵۰۸ هکتار ما بین کرند تا روستای داشلی‌برون، شامل اراضی مرتعی چات و خیرخوجه در اراضی تراس فوقانی رودخانه اترک واقع شده است. منطقه در طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و۵۴ دقیقه شمالی قرار دارد (شکل ۱). میزان بارندگی متوسط سالانه در این منطقه حدود ۲۱۴ میلی‌متر است. از نظر تقسیم‌بندی اقلیمی و بر اساس روش آمبرژه منطقه مورد مطالعه جزو اقلیم نیمه بیابانی (خشک و سرد) محسوب می‌شود.

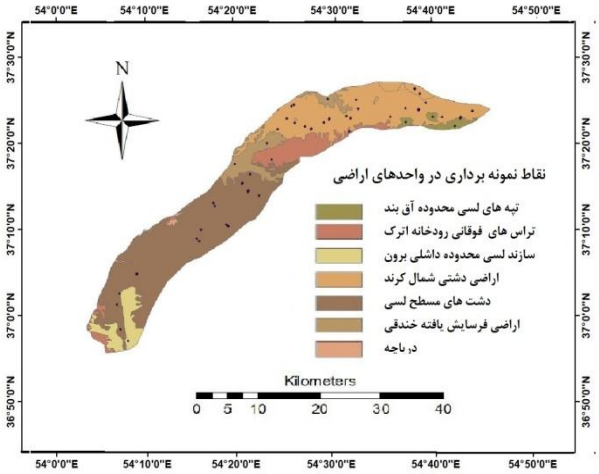
1- Partial Least Squares regression

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-02]

[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.10.9]



(الف)



(ب)

شکل ۱- الف- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان گلستان ب- نقاط نمونه برداری در واحدهای اراضی
Figure 1. A- Location of the study area in Iran and Golestan province B-Sampling points in land units

مطالعات میدانی

برای بررسی شوری خاک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، پس از مشخص کردن منطقه مورد مطالعه بر روی تصاویر ماهواره‌ای و انجام بازدیدهای میدانی، نمونه‌برداری از خاک سطحی براساس تقسیمات ژئومورفولوژیکی و فیزیوگرافی منطقه، بصورت تصادفی صورت گرفت. به منظور افزایش دقت علاوه بر نمونه‌برداری از نقطه اصلی، نمونه‌های کمکی در چهار جهت با زاویه ۹۰ درجه و با فاصله ۳۰ متر از نقطه اصلی برداشت شد و با نمونه اصلی مخلوط گردید. پیمایش میدانی و نمونه‌برداری از خاک، منطبق بر زمان اخذ تصاویر ماهواره‌ای و مختصات دقیق نقاط نمونه برداری به کمک سامانه مکان‌یابی جغرافیایی ثبت گردید. در مجموع تعداد ۴۷ نمونه خاک از لایه سطحی به عمق ۱۰ سانتی‌متری جهت بررسی و آنالیز شوری خاک برداشت شد. اندازه‌گیری میزان شوری خاک یا هدایت الکتریکی (EC) در عصاره اشباع خاک توسط دستگاه هدایت سنج انجام شد (۱۴).

تهیه و پردازش تصاویر ماهواره‌ای

تصاویر ماهواره‌ای مورداستفاده در این تحقیق داده‌های رقومی چند طیفی ماهواره لندست ۸ (سنجنده OLI) و مربوط به مسیر ۱۶۲ و ردیف ۳۴ با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر در تاریخ ۹ اکتبر ۲۰۱۳می‌باشد. سنجنده OLI شامل ۹ باندطیفی، با قابلیت تفکیک مکانی۳۰ متر برای باندهای ۱ تا ۷ و باند ۹ و یک باند پانکروماتیک (باند ۸) و دو باند حرارتی که به ترتیب دارای قابلیت تفکیک مکانی ۱۵ و ۱۰۰ متر می‌باشند. در مراحل پیش پردازش اقدامات مورد نیاز بر روی تصویر مانند زمین مرجع کردن تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ و تصحیحات اتمسفری بر پایه روش کسر عددی پیکسل‌های تیره[1] انجام شد. جهت بدست آوردن بهترین ترکیبات باندی از نرم‌افزار ILWIS، شاخص OIF محاسبه گردید. این شاخص یک شاخص آماری است که براساس انحراف معیار و ضریب همبستگی بین باندها عمل می‌کند. جهت افزایش قابلیت شناسایی و تفکیک پدیده‌های مختلف، از روش‌های مختلف پردازش تصویر استفاده می‌شود. در این تحقیق که شناسایی و تفکیک خصوصیات خاک‌های شور مدنظر بوده است، بررسی روابط بین مقادیر خصوصیات خاک شوری و بازتاب طیفی از نظر آماری و بکارگیری تکنیک‌های مختلف پردازشی، حائز اهمیت بوده است. از جمله تکنیک‌های مختلف پردازش تصویر که در این تحقیق استفاده شده به عملیات حسابی (جمع، تفریق،...) و روش‌های تجربی تبدیل تصاویر (شاخص‌های پوشش گیاهی و شوری خاک

1- Numerical fraction of dark pixels

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-02]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.10.9]

SI،NDVI و غیره) و تبدیل مولفه‌های اصلی را می‌توان نام برد (جدول ۱). با توجه به عملیات پردازش (Processing) که روی نقاط نمونه‌برداری شده انجام شد. انعکاس طیفی متناظر با هر نقطه نمونه‌برداری شده مشخص گردید و در محیط EXCEL بین انعکاس طیفی نقاط و هدایت الکتریکی آنها روابط رگرسیونی برقرار گردید.

جدول ۱- باندهای اصلی و مصنوعی سنجنده TM

Table 1. Main and artificial bands of TM sensor

ردیف	نحوه تهیه باند	باند مصنوعی
۱	باندهای اصلی TM	B1,B2,...B7
۲	مولفه اول حاصل از تجزیه مولفه‌های اصلی بر روی باندهای ۱،۲،۳	PCA1[1]
۳	مولفه اول حاصل از تجزیه مولفه‌های اصلی بر روی باندهای ۴،۵،۷	PCA2[1]
۴	مولفه اول حاصل از تجزیه مولفه‌های اصلی بر روی باندهای ۴،۵،۷،۱،۲،۳	PCA3[1]
۵	$(B5-B4)/(B5+B4)$	NDVI[2]
۶	$\frac{(B5-B4)}{(B5+B4+L)}*(1+L)$	SAVI[3]
۷	$(B4-B5)/(B4+B5)$	NDSI[4]
۸	$\sqrt{B3*B4}$	SI1[5]
۹	$\sqrt{B3^2+B4^2+B5^2}$	SI2[5]
۱۰	$\sqrt{B3^2+B4^2}$	SI3[5]

1 Principal Component Analysis , 2: Normalized Difference Vegetation Index , 3. Soil Adjusted Vegetation Index
4. Normalize Difference Salinity Index , 5. Salinity Index

برازش مدل‌های رگرسیونی

جهت بدست آوردن مدل‌های رگرسیونی مناسب شوری خاک منطقه، از نرم‌افزارهای Excel و SPSS استفاده گردید. هدف از کلیه آنالیزهای آماری و ایجاد مدل‌های رگرسیونی، تعیین باندهای مناسب جهت تهیه نقشه است. در مرحله مدل‌سازی شوری خاک متغیر وابسته و تمامی متغیرهای انتخابی مربوط به باندهای اصلی و ساخته شده به عنوان متغیرهای مستقل به نرم‌افزار معرفی شدند تا بهترین رابطه رگرسیونی و متغیرهای مستقلی که می‌توانند ورودی مدل رگرسیونی باشند، مشخص شوند. درمرحله مدل‌سازی، با استفاده از روش رگرسیون خطی چند متغیره بین داده‌های زمینی و ماهواره‌ای، روش‌های رگرسیونی اجباری (Enter)، بر روی داده‌ها اعمال شد تا بهترین مدل برازش یافته با بالاترین ضریب همبستگی و کمترین خطا انتخاب شود. مدل‌های انتخابی از لحاظ اعتبار رگرسیون و اعتبار ضرایب مدل رگرسیونی نیز مورد بررسی قرار گرفت. پس از بدست آوردن معادله باندها و شاخص‌ها، مدل به دست آمده در محیط GIS بر روی تصاویر اجرا گردید و تصاویری پیوسته از هدایت الکتریکی خاک سطحی منطقه تهیه گردید که در آن ارزش هر پیکسل تصویر (DN)، بیانگر میزان درصد عامل مورد نظر در آن پیکسل می‌باشد. سپس با استفاده از تکنیک‌های گروه‌بندی مجدد (Reclassification)، به طبقات مختلف طبقه‌بندی گردیدند. در جدول (۲) تقسیم‌بندی مطابق روش فائو آورده شده است.

جدول ۲- گروه‌بندی شوری خاک براساس روش فائو

Table 2. Soil salinity grouping according to FAO method

گروه شوری خاک	هدایت الکتریکی(ds/m)
غیر شور	۰ – ۲
کمی شور	۲ – ۴
شوری متوسط	۴ – ۸
شوری زیاد	۸ – ۱۶
شوری بسیار زیاد	>۱۶

نتایج و بحث

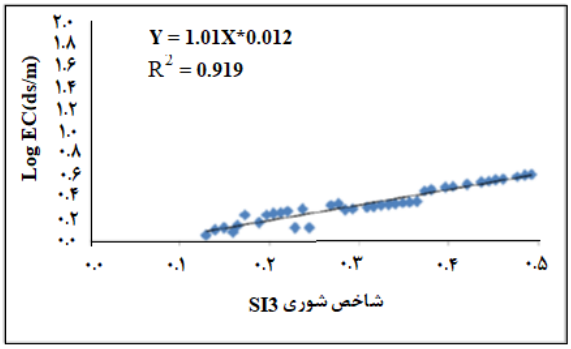
بررسی همبستگی بین پارامترهای مورد مطالعه

جهت بررسی روابط بین متغیرها از ماتریس همبستگی استفاده شد. در این روش مقادیر باندها به عنوان متغیر مستقل و مقادیر نمونه‌های خاک به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شده و میزان همبستگی در روابط خطی مشخص گردید. نتایج نشان داد همبستگی بین NDSI و EC مثبت بوده است. براساس معادله رگرسیونی NDSI می‌تواند 66 درصد از مقادیر شوری را پیش‌بینی کند. رابطه بین NDVI و EC نیز از نوع همبستگی منفی می‌باشد. با توجه به ضریب همبستگی ۱۹ درصدی رابطه خطی ضعیفی بین شاخص پوشش گیاهی NDVI و شوری وجود دارد. بین شاخص پوشش گیاهی SAVI و مقادیر EC رابطه معکوس وجود دارد و همبستگی منفی است. هرچه این شاخص زیاد شود، شوری کم و بالعکس با کاهش این شاخص، مقدار شوری منطقه نیز کم می‌شود. بین شاخص شوری به کار رفته در این تحقیق SI2 و SI1 با مقادیر EC رابطه خطی نسبتا قوی وجود دارد اما رابطه شاخصSI3 با مقادیر EC همبستگی بسیار قوی و

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-02]

[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.10.9]

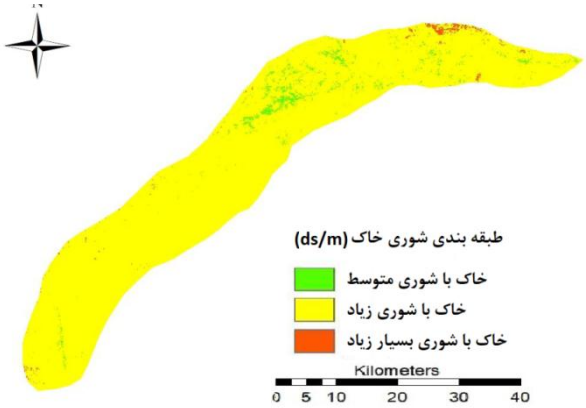
مثبتی وجود دارد. با توجه به ضریب همبستگی ۹۱ درصد این شاخص با مقادیر EC، از این شاخص برای تهیه نقشه شوری خاک استفاده شد (شکل ۲).



شکل ۲- نمودار همبستگی بین شاخصSI3 و EC خاک

Figure 2. Correlation diagram between SI3 and soil EC index

براساس رابطه رگرسیونی بدست آمده، نقشه شوری در سه کلاس شوری متوسط، زیاد و بسیار زیاد تهیه گردید. براساس شاخص SI3، ۶۸۰ هکتار (۱/۵ درصد) در کلاس شوری متوسط، ۵۱۰۸۵ هکتار (۹۳/۵ درصد) در کلاس ۴ شوری زیاد و ۱۷۴۳ هکتار (۵ درصد) از منطقه مورد مطالعه در کلاس شوری بسیار زیاد قرار گرفتند. با توجه به نتایج بدست آمده بیشترین مناطق با شوری بسیار زیاد در نواحی شمالی منطقه می‌باشد.



شکل ۳- نقشه شوری حاصل از رابطه رگرسیونی شاخص SI3 با مقدار هدایت الکتریکی خاک

Figure 3. Salinity map obtained from the regression relationship of SI3 index with the amount of soil electrical conductivity

کاربرد داده‌های سنجش از دور برای ارزیابی شوری خاک

برای تعیین بهترین باندهای شرکت‌کننده در مدل به علت کثرت باندهای اصلی و مصنوعی و کاهش اثر هم خطی بین متغیرهای مستقل (باندهای اصلی و مصنوعی) از ماتریس همبستگی استفاده شد. ماتریس همبستگی بین باندهای اصلی ماهواره لندست ۸ در جدول ۳ ارائه شده است. ضرایب همبستگی بین باندهای اصلی نشان می‌دهد باندهای ۵، ۱ و ۶ پایین‌ترین همبستگی را از نظر بازتاب طیفی دارند. احتمالا اختلاف بازتاب‌های حاصل از سطح زمین در این باندها بسیار متفاوت از هم می‌باشد. بنابراین از این باندها جهت مدل رگرسیونی استفاده شد. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین همبستگی بین شوری خاک با شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق به ترتیب شاخص SI3، SI2 و SI1 می‌باشد (جدول ۴).

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-02]

[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.10.9]

جدول ۳- ماتریس همبستگی بین باندهای تصویر ماهواره‌ای

Table 3. Correlation matrix between satellite image bands

باندهای اصلی	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
B1	۱						
B2	۰/۹۹**	۱					
B3	۰/۹۶**	۰/۹۸**	۱				
B4	۰/۹۰**	۰/۹۵**	۰/۹۸**	۱			
B5	۰/۶۴**	۰/۸۰**	۰/۸۷**	۰/۹۱**	۱		
B6	۰/۹۲**	۰/۹۳**	۰/۹۲**	۰/۸۹**	۰/۷۵**	۱	
B7	۰/۹۴**	۰/۹۲**	۰/۸۸**	۰/۸۲**	۰/۴۹**	۰/۹۵**	۱

جدول۴- ماتریس همبستگی بین باندهای ترکیبی با EC

Table 4. Correlation matrix between composite bands with EC

باندهای ترکیبی	SI1	SI2	SI3	NDSI	NDVI	SAVI	EC
SI1	۱						
SI2	۰/۲۵	۱					
SI3	۰/۰۸	-۰/۲۲	۱				
NDSI	-۰/۲۲	-۰/۲۹	۰/۱۸	۱			
NDVI	۰/۳۰	۰/۱۷	-۰/۲۸	-۰/۸۲	۱		
SAVI	۰/۳۰	۰/۱۷	-۰/۲۸	-۰/۷۹	۰/۹۹**	۱	
EC	۰/۷۲**	۰/۹۰**	۰/۹۵**	۰/۷۲**	-۰/۴۳	-۰/۴۱	۱

نقشه شوری خاک سطحی با روش مدل سازی

جهت تهیه نقشه شوری از روش رگرسیون خطی چند متغیره استفاده شد. معادله باندها و شاخص‌ها در نرم‌افزار SPSS به روش پسرونده به‌دست آمد و مدل مربوط به EC با استفاده از رابطه ۱ با روش نزدیک‌ترین همسایه در تصاویر باندها و شاخص‌ها اعمال شد. این معادله که براساس آنالیزهای رگرسیونی به‌دست آمده است، بیانگر بهترین باندها و ترکیبات باندی است که می‌تواند تغییرات EC شوری خاک سطحی را برآورد کند. ضرائب همبستگی مدل EC منطقه در جدول ۵ نشان داده شده است:

$$EC = 35.65 + 53.19\ B5 + 0.44\ SI1 + 1.44\ SI2 + 1.15\ SI3$$ (رابطه ۱)

جدول ۵- ضرایب مدل EC سطحی خاک منطقه

Table 5. Coefficients of surface model of soil EC in the region

مدل	R	R^2	R^2 تصحیح شده
EC سطح خاک	۰/۸۸	۰/۷۷	۰/۶۷

با توجه به جدول آنالیز واریانس (جدول ۶) 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. همان طور که جدول ضرائب رگرسیونی نشان می‌دهد (جدول ۷) متغیرهای به کار رفته در معادله EC شامل باند ۵ و شاخص‌های، SI1، SI2 و SI3 می‌باشد. متغیرهای B5، SI1 و SI3 در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار بوده و از این متغیر SI2 در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بوده و از این متغیرها می‌توان جهت تولید نقشه پیوسته EC خاک سطحی منطقه با ضریب تعیین و همبستگی به ترتیب ۰/۷۷ و ۰/۸۸ استفاده کرد.

جدول۶- آنالیز واریانس مدل EC

Table 6. Analysis of variance of EC model

مدل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری
رگرسیون	۱/۶۸۶	۵	۰/۲۸	۱۰/۴۶	۰/۰۰۰۹
باقی ماندها	۰/۰۵۴	۴	۰/۰۲		
کل	۱/۶۵	۹			

جدول ۷- آنالیز رگرسیونی مدل EC

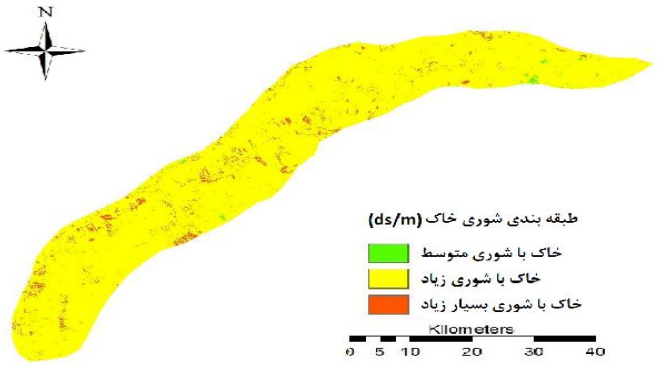
Table 7. Regression analysis of EC model

مدل	ضرایب استاندارد نشده		آماره t	سطح معنی‌داری
	B	انحراف معیار		
ثابت	۳۵/۵۶	۳۸/۸۹	۰/۹۶	۰/۰۰۴
SI1	۰/۴	۰/۳۱	۱/۳۶	۰/۰۰۳
SI2	۱/۴۴	۰/۴۶	۵/۳	۰/۰۱
SI3	۱/۱۵	۰/۳۱	۳/۶۹	۰/۰۰۶
B5	۵۳/۱۹	۹/۳۲	۵/۹	۰/۰۰۱

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-02]

[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.10.9]

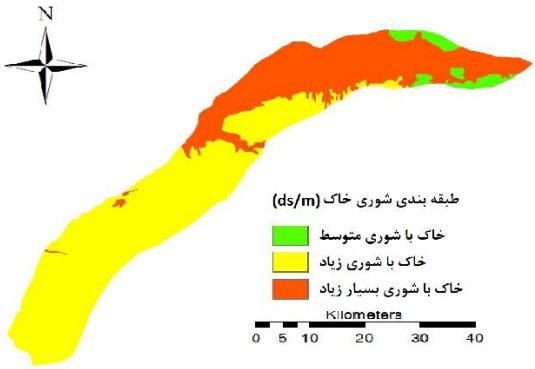
مدل رگرسیون بدست آمده بر روی تصاویر منطقه اعمال گردید و تصویری از شوری سطحی خاک برای هر یک از پیکسل‌های منطقه تهیه گردید. در نهایت نقشه EC سطحی منطقه براساس طبقه‌بندی فائو به سه کلاس شوری متوسط، شوری زیاد و شوری بسیار زیاد تهیه گردید (شکل ۴). براساس نتایج بدست آمده از نقشه شوری خاک حاصل از مدل رگرسیون چند متغیره به ترتیب ۱۸۰ هکتار (۱ درصد) در کلاس شوری متوسط، ۵۱۵۸۴ هکتار (۹۶ درصد) در کلاس شوری زیاد و ۱۷۴۳ هکتار (۳ درصد) از منطقه در کلاس شوری بسیار زیاد قرار گرفتند.



شکل۴– نقشه شوری منطقه مورد مطالعه با استفاده از رگرسیون چند متغیره
Figure 4. Salinity map of the study area using multivariate regression

حقایق زمینی

با توجه به بازدیدهای میدانی و تفسیر تصاویر ماهوارهای نقشه حقایق زمینی در منطقه در سه کلاس شوری متوسط، شور زیاد و شوری بسیار زیاد تهیه شد (شکل ۵). نتایج نشان داد که براساس نقشه حقایق زمینی، ۲ درصد از منطقه در کلاس شوری متوسط، ۶۱ درصد در کلاس شوری زیاد و ۳۷ درصد از منطقه نیز در کلاس شوری بسیار زیاد قرار گرفتند. بیشترین مناطق با کلاس خاک بسیار شور در نواحی شمالی و شرقی منطقه قرار دارند. سپس به بررسی میزان انطباق دو نقشه شوری حاصل از پردازش تصویر (مدل رگرسیونی) و حقایق زمینی اقدام گردید.



شکل ۵– نقشه شوری منطقه مورد مطالعه با استفاده از اطلاعات حقایت زمینی
Figure 5. Salinity map of the study area using terrestrial truth information

نتایج ضریب کاپا و صحت کلی حاصل از دو مدل نشان داد که مدل رگرسیون چند متغیره با دارا بودن درصد ضریب کاپا (۷۱/۵۶) و صحت کلی (۷۳/۴۶) میزان توافق بیشتری نسبت به مدل رگرسیونی SI3 با درصد ضریب کاپا (۵۸/۴۸) و صحت کلی (۴۴/۳۲) با نقشه حقایق زمینی داشته و طبقه‌بندی نقشه رقومی را نسبت به این مدل دقیق‌تر ارائه می‌دهد. به منظور مقایسه عملکرد مدل‌های رگرسیونی استفاده شده از پارامترهای مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین خطا (MAE) استفاده شد که در واقع این دو پارامتر برای نشان دادن دقت مدل‌ها می‌باشد. نتایج این فاکتورها در جدول (۸) آورده شده است. مقایسه مقدار این پارامترها برای ارزیابی مدل‌ها نشان داد مدل رگرسیون چند متغیره از دقت بیشتری نسبت به مدل رگرسیون SI3 برای تخمین شوری در منطقه مورد برخوردار می‌باشد. مدل رگرسیون چند متغیره با داشتن کمترین مجذور میانگین خطا و میانگین خطا مدل بهتری نسبت به مدل رگرسیون SI3 برای پیش‌بینی شوری خاک در عمق ۱۰سانتی‌متر در منطقه می‌باشد.

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-02]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.10.9]

جدول ۸- شاخص‌های ارزیابی مدل‌ها

Table 8. Evaluation indicators of models

نام مدل	MAE	RMSE
مدل رگرسیون SI3	۱۱/۳۰	۱۸/۹۹
مدل رگرسیون چند متغیره	۲/۷۶	۵/۸۹

از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در بیابان‌زایی منطقه داشلی برون شوری بالای خاک سطحی است. از این‌رو، تهیه نقشه‌های خصوصیات خاک سطحی جهت شناسایی وضعیت کنونی منطقه از نظر غلظت نمک در جهت مدیریت طرح‌های کشاورزی و بیابان‌زدایی حائز اهمیت می‌باشد. با توجه به کارایی بالای روش‌های مدل‌سازی رگرسیونی و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در تهیه نقشه‌های شوری خاک که باعث صحت و دقت بالا و هزینه کم نسبت به روش‌های میدانی می‌شود، تحقیق حاضر با هدف ارزیابی قابلیت داده‌های ماهواره‌ای در تهیه نقشه شوری خاک منطقه داشلی برون تعریف گردید. قابلیت استفاده از داده‌های رقومی ماهواره لندست ۸ در شناسایی اراضی شور و تهیه نقشه شوری خاک، نشان می‌دهد که امکان استفاده از این داده‌ها جهت شناسایی اراضی شور و تهیه نقشه شوری خاک، وجود داشته و با پردازش‌های مناسب و استفاده از باندهای ترکیبی و مصنوعی مطلوب، می‌توان در حد قابل قبولی، از این داده‌ها استفاده نمود. همبستگی میان مقادیر هدایت الکتریکی نمونه‌های خاک در بیشتر باندها، در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. به عبارتی در ۹۹ درصد موارد میان EC نمونه‌های خاک و DN باندها، همبستگی وجود داشته و امکان تهیه نقشه شوری خاک به کمک اطلاعات رقومی ماهواره لندست ۸ وجود دارد. نتایج بدست آمده با تحقیقات عبدالفتاح و همکاران (۳) مطابقت دارد. پیدا کردن همبستگی بین داده‌های ماهواره‌ای و مقادیر عددی شوری خاک، کار تهیه نقشه شوری خاک را تسهیل نموده و این نتیجه در مقایسه با تحقیقات انجام شده مورد تایید قرار گرفته است (۱۱، ۱۵ و ۱۶). میزان همبستگی باندهای شاخص پوشش گیاهی شامل NDVI و SAVI با مقادیر شوری، پایین بوده و در حالت خطی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده و ضریب همبستگی منفی است. توجیه این پدیده، محدود شدن رویش گیاهان در اثر افزایش غلظت املاح و اثرات نامطلوب نمک بر فیزیولوژی گیاهی است که پیامد آن کاهش درصد پوشش گیاهی و کاهش ایجاد خطا در رابطه با شوری در سطح خاک است، چرا که میزان تاج پوشش در این مناطق کم و در عین حال قابل اندازه‌گیری است. تقی‌زاده و همکاران (۱۹) نیز نتایج بدست آمده را تایید می‌کند. با توجه به نتایج بدست آمده در این مطالعه از شاخص SI جهت مدل‌سازی شوری خاک استفاده شد. نتایج نشان داد شاخص SI در اکثر مطالعات شاخصی خوب و مناسب جهت ارزیابی شوری خاک تلقی شده به طوری که استفاده از این شاخص نسبت به شاخص‌های دیگر جهت شناسایی میزان شوری خاک سطحی کاربردی‌تر می‌باشد (۱۱، ۱۵، ۲۰ و ۲۲). در این تحقیق با تشکیل جدول ماتریس همبستگی بین داده‌های آزمایشگاهی و بازتاب‌های طیفی نقاط متناظر با نقاط نمونه‌های خاک، نتیجه حاصله حاکی از این است که این همبستگی با باند ۵ ماهواره لندست بالاترین همبستگی را دارد که با نتایج حسنوند و همکاران (۱۱) هم‌خوانی دارد. براین اساس از باند ۵ تصویر ماهواره‌ای لندست به همراه شاخص‌های SI1، SI2 و SI3 و با استفاده از رابطه رگرسیونی چند متغیره نقشه شوری منطقه تهیه شد. نتایج ضریب کاپا و صحت کلی حاصل از دو مدل نشان داد که مدل رگرسیون چند متغیره میزان توافق بیشتری نسبت به مدل رگرسیونی SI3 با نقشه حقایق زمینی داشته و طبقه‌بندی نقشه رقومی را نسبت به این مدل دقیق‌تر ارائه می‌دهد. مدل رگرسیون چند متغیره با داشتن کمترین مجذور میانگین خطا و میانگین خطا مدل بهتری نسبت به مدل رگرسیون SI3 برای پیش‌بینی شوری خاک در عمق ۱۰ سانتی متر در منطقه می‌باشد. این نتایج نیز با نتایج ارسطو و اخیانی (۴) هم‌خوانی دارد. با توجه به تفاسیر بالا و مقایسه با نتایج محققان دیگر در زمینه شوری خاک، استفاده از داده‌های ماهوارهای، منطقه‌ای و وابسته به زمان و مکان مورد مطالعه است. محققان تقریبا باندهای مختلفی را برای ارزیابی شوری خاک مناسب دانسته‌اند. اگرچه ممکن است یک باند در منطقه‌ای اهمیت نداشته باشد، اما مناسب بودن آن در مناطق دیگر گزارش شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در مناطق مختلف، با درجات مختلف شوری و نسبت‌های متنوع از نمک‌ها، شرایط اقلیمی مختلف، جغرافیایی و زمین‌شناسی، باندهای مختلفی می‌تواند تغییرات شوری خاک‌های آن منطقه را توصیف کنند. در ارتباط با معرفی یک مدل در منطقه باید ضمن توجه به شرایط یاد شده، به مقیاس مطالعه هم توجه کافی داشت. در این تحقیق، استفاده از داده‌های دورسنجی لندست۸، توانسته ۸۸ درصد از تغییرات شوری سطحی خاک را پیش‌بینی نمایند. تهیه نقشه پیوسته طبقه‌بندی شده از خصوصیات مختلف خاک سطحی با استفاده از داده‌های ماهوارهای در مقایسه با روش‌های سنتی تهیه نقشه، از لحاظ اقتصادی بسیار به صرفه‌تر می‌باشد. علاوه بر این نقشه‌های تولیدی از دقت بالایی نیز برخوردار می‌باشد. بنابراین، استفاده از داده‌های سنجنده‌های دیگر با قدرت بزرگ‌نمایی بیشتر و داده‌هایی با باندهای متفاوت و تلفیق آنها به روش ادغام طیفی در ارائه مدلی کامل‌تر که بتواند شوری را با دقت بیشتری برآورد نماید می‌تواند محور مطالعات آتی باشد.

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-02]

[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.10.9]

منابع

1. Allbed, A., L. Kumar and Y. Aldakheel. 2014. Assessing soil salinity using soil salinity andvegetation indices derived from IKONOS highspatial resolution imageries: Applications in a date palm dominated region. Geoderma, 230(43): 1-8.
2. Azhirabi, R., B. Kamkar and O. Abdi, 2015. Comparison of different indices adopted from Landsat images to map soil salinity in the army field of Gorgan. Soil management and sustainable production, 5(1): 173-176 (In Persian).
3. Abdelfattah, M.A., SH.A. Shahid and Y.R. Othman. 2008. A model for salinity mapping using Remote Sensing and Information System- A case study from Abu Dhabi Emirate. UAE. 2nd International Salinity Forum.123.Adelaide, Australia.
4. Arasto, B. and A. Brotherhood. 2019. Estimation of soil salinity using multispectral remote sensing data in agricultural lands. Journal of Geographic Information System Application and Remote Sensing in Planning, 9(1): 37-51 (In Persian).
5. Abdollahi, J., M.H. Rahimian, A. Karimi and M. Abdullahi. 2007. Drawing the soil electrical conductivity map using multiple regression and combined use of satellite and field information. 10th Congress Iranian Soil Science.111-124.Iran, Karaj (In Persian).
6. Bannari, A., A.M. Guedon, A. El-Harti, F.Z. Cherkaoui and A. El-Ghmari. 2008. Characterization of slightly and moderately saline and sodic soils in irrigated agricultural land using simulated data of advanced land imaging (EO-1) sensor. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 39: 20. 2795-2811.
7. Farifteh, J., A. Farshad and R.J. George. 2006. Assessing salt-affected soils using remote sensing, solute modeling, and geophysics. Geoderma, 30(4): 191-206.
8. Howari, F.M., P.C. Goodell and S. Miyamoto. 2002. Spectral Properties of Salt Crusts Formed on Saline Soils. Journal of Environmental Quality, 31: 1453-1461.
9. Hongyan, C., G. Zhao, L. Sun, R. Wang and Y. Liu. 2016. Prediction of soil salinity using near-infrared reflectance spectroscopy with nonnegative matrix factorization. Applied spectroscopy, 70(9): 1589-1597.
10. Habashi, Kh., H. Karimzadeh and S. Pourmenafi. 2017. Evaluation and OLI of soil salinity in the east of Isfahan based on topographic data analysis. Journal of Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources, 8(1): 51-36 (In Persian).
11. Hassanvand, N., H. landi, R. Matinfer and M. Taherzade. 2014. Preparation of soil salinity map using digital data of ETM Landsat Dari region in the south of Ahvaz. Agricultural Engineering, 37(1): 23-33 (In Persian).
12. Khan, N.M., V. Rastoskuev, Y. Sato and S. Shiozawa. 2005. Assessment of hydrosaline land degradation by using a simple approach of remote sensing indicators. Agric. Water Manag. 77:1 . 96–109.
13. Metternicht, G. and J.A. Zinck. 2003. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints. Remote Sensing of Environment, 58(12): 1-10.
14. Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney. 1992. Methods of soil analysis. Part2 chemical and microbiogical properties (2nd edition). Am. Soc. Of agronomy, Soil Sci. Am. Publisher. Madison, Wasconsin. USA. 1159 pp.
15. Pishnamaz Ahmadi, M., M. rezaemoghadam and B. Feysalizadeh. 2017. Investigation of indices and preparation of soil salinity map using remote sensing data (Case study: Ajichai Delta). Journal of Remote Sensing and GIS in Natural Resources, 8(1): 85-96.
16. Ranjbar, R., H. Oliaei, H. Ranjbar and A. Adhahi. 2019. Monitoring of soil salinity changes using remote sensing in Zahedshahr region - Fars province. Journal of Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources, 9(3): 128-115 (In Persian).
17. Soltaninejad, A., H. Ranjbar, M. Honarmand and S. Dargahi. 2018. Evaporite mineral mapping and determining their source rocks using remote sensing data in Sirjan playa, Kerman, Iran. Carbonates and Evaporites, 33(2): 255-274.
18. Sarmadian, F., R. Taghizadeh, H.M. Askari and A. Akbarzadeh. 2011. Comparison of neurophasic methods, neural network and multivariate regression in predicting some soil properties. Iranian Journal of Soil and Water Research, 41(1): 220-211.
19. Taghizadeh, R., B. Minasny, F. Sarmadian and P. B. Malone. 2016. Digital mapping of soil salinity in Ardakan region, central Iran. Geoderma, 213:56 .15-28.
20. Vafaei, S., J. Soosani, K. Adeli, H. Fadaei, H. Naghavi, T.D. Pham and D.T. Bui. 2018. Improving Accuracy Estimation of Forest Aboveground Biomass Based on Incorporation of ALOS-2 PALSAR-2 and Sentinel-2A Imagery and Machine Learning: A Case Study of the Hyrcanian Forest Area (Iran). Remote Sensing, 10(3): 1-21.
21. Yu, H., M. Liu, B. Du, Z. Wang, L. Hu and B. Zhang. 2018. Mapping Soil Salinity/Sodicity by using Landsat OLI Imagery and PLSR Algorithm over Semiarid West Jilin Province, China. Sensors, 18(4): 1043-1017.
22. Zhang, T., T. Zeng, S. YuGao, Z. Ouyang, B. Li, G. Fang and B. Zhao. 2011. Using hyper spectral vegetation indices as a proxy to monitor soil salinity. Ecological Indicators, 11(4): 1552-1562.

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-02]

[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.10.9]

Investigation Study of Soil Salinity Mapping using Landsat Data (Case Study: Dashli Borun, Golestan Province)

Hamid Reza Asgari[1], Elham Rashno[3], Chooghi Bairam Komaki[3] and Abdolhossein Boali[4]

1- Associate Professor, Department of Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, (Corresponding author: hras2010@gmail.com)
2- Graduated M.Sc. Student, in Desert Regions Management Department, University of Agriculture and Natural Recourses Sciences of Gorgan, Gorgan, Iran
3- Assistant Professor, Department of Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
4- Ph.D. Student in Desert Management and control, University of Agriculture and Natural Recourses Sciences of Gorgan, Gorgan, Iran
Received: September 15, 2020 Accepted: November 8, 2020

Abstract

Soil salinity is one of the main desertification factors that have mostly affected the soils in arid and semi-arid regions. Traditional methods of data collection in soil studies have many problems that can be solved by remote sensing techniques. Therefore, this study was conducted to investigate the possibility of preparing soil salinity map using Landsat digital data in Dashli-borun area. In this study, 47 soil surface samples were randomly collected and after preparing the samples in the laboratory, the electrical conductivity of the saturated extract of soil samples was measured. After determining the appropriate bands to participate in the model, the preliminary results showed that there is a significant relationship between the values of surface electrical conductivity with the main band B5 and the combined bands SI1, SI2 and SI3 at the level of 1%. Regression models were used to model soil salinity.Accordingly, the data were divided into educational (80%) and evaluation (20%). The results of evaluating the models based on indices the square root of error and mean error showed that multivariate regression models have higher accuracy than SI3 regression model in predicting soil salinity. The results showed kappa coefficient and overall accuracy obtained from the two models that the multivariate regression model with the percentage of kappa coefficient (71) and overall accuracy (73) had a higher agreement with the salinity of the region. The results showed that the highest soil salinity is in the northern and eastern regions. This study showed that in the Dashli-Borun area, the use of TM digital data and its derivatives can be effective in zoning salinity changes. By completing, expanding and expanding the findings of this study, it is possible to zoning the lands using satellite images and minimizing the need for sampling.

Keywords: Digital values, Multivariate regression, Validation, Soil salinity

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-02]

[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.10.9]