

تهیه نقشه شوری سطحی خاک با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره لندست ETM⁺ در منطقه‌ای در جنوب اهواز

نگین حسونندی^{1*}، احمد لندی²، حمده رضا متین‌فر³، محمدحسن طاهرزاده⁴

^{1*} - نویسنده مسوول: دانش آموزخته کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز (n_hassanvandy@yahoo.com)

² - دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

³ - استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

⁴ - مربی پژوهشی سابق سازمان تحقیقات کشاورزی خوزستان، بخش آب و خاک

تاریخ پذیرش: 1392/08/05

تاریخ دریافت: 1390/12/01

چکیده

شوری خاک و شور شدن اراضی مجاور یکی از پدیده‌های مخرب و محدود کننده توسعه کشاورزی می‌باشد؛ لذا برای تداوم کشاورزی پایدار این پدیده باید شناسایی، پایش و مدیریت شود. اولین گام در این راه، شناسایی مناطق شور و تهیه نقشه شوری خاک‌های کشور است. این تحقیق به منظور ارائه مدلی برای تهیه نقشه شوری با استفاده از داده‌های سنجنده ETM⁺ و مقادیر شوری در جنوب اهواز انجام شد. موقعیت مکانی نمونه‌ها با استفاده از تفسیر چشمی و تفاوت در بازتاب طیفی پدیده‌های مختلف تعیین گردید. نمونه برداری از عمق 0-15 سانتی متر انجام شد و هدایت الکتریکی آنها در عصاره اشباع اندازه‌گیری گردید. ارزش‌های طیفی هر یک از نمونه‌ها در باندهای مختلف استخراج و ارتباط بین ارزش‌های طیفی با مقادیر عددی شوری خاک بررسی شد. پس از تعیین باندهای مناسب برای شرکت در مدل، نتایج اولیه نشان داد که بین مقادیر شوری سطحی با باندهای 2 و 4 اصلی، شاخص روشنایی و شاخص پوشش گیاهی ارتباط معنی‌داری در سطح 1 درصد وجود دارد. با بررسی رابطه بین داده‌های طیفی و مقادیر عددی شوری خاک و همچنین بر اساس همبستگی بین آنها، بهترین مدل رگرسیون خطی چند متغیره تعیین شد و در نهایت نقشه شوری بر اساس مدل رگرسیونی در محیط GIS تهیه گردید. میان مقادیر شوری واقعی و برآورد شده همبستگی معنی‌داری در سطح 1 درصد وجود دارد و ضریب همبستگی 0/772 می‌باشد. این امر نشان می‌دهد مدل به‌دست آمده بر اساس اطلاعات ماهواره‌ای تخمین‌گر خوبی برای برآورد شوری سطحی خاک است.

کلید واژه‌ها: نقشه شوری، لندست ETM⁺ همبستگی، جنوب اهواز

مقدمه

شوری خاک که در اثر فعالیت‌های انسانی یا به طور طبیعی به وجود می‌آید از جمله خطرهای بالقوه محیطی محسوب می‌شود (مترینخت و زینک¹، 2003). سطح خاک‌های شور اولیه در مقیاس جهانی در حدود 955 میلیون هکتار و سطح اراضی شور که حاصل فعالیت

انسانی (شور شدن ثانویه) است، در حدود 77 میلیون هکتار است که 58 درصد از این مقدار در زراعت‌های آبی است (عبدالفتاح²، 2009). در ایران نیز مساحت خاک‌های تحت تأثیر شوری 15/5 تا 18 میلیون هکتار برآورد شده است. این خاک‌ها در مساحت‌های کوچک

سنجنده TM و از طریق مدل‌های رگرسیون چند متغیره وجود دارد.

جعفری گرزین (1381) در بررسی قابلیت استفاده از داده‌های رقومی سنجنده ETM⁺ لندست 7، در تفکیک اراضی شور، از میان باندهای اصلی و مصنوعی، بالاترین قابلیت جهت تفکیک کلاس‌های شوری را باندهای 2 و 3 و درجه روشنایی معرفی کرده است.

عبدی‌نام (1383) با استفاده از روش همبستگی بین داده‌های سنجنده ETM سال 2000 و مقادیر عددی شوری خاک، نقشه شوری خاک دشت قزوین را در محیط GIS تهیه نمود. وی همبستگی معنی‌داری میان ارقام رقومی باند 7 تصویر با مقادیر متناظر عددی شوری خاک پیدا کرد.

بوسس و همکاران² (2006) برای نقشه‌برداری شوری خاک در حوالی تکسکو کو³ مکزیک از داده‌های رقومی ETM⁺ و عکس‌های هوایی استفاده کردند. آن‌ها با تعدیل کردن شاخص پوشش گیاهی (NDVI)⁴، شاخص طیفی جدیدی به نام شاخص ترکیب طیفی (CORSI)⁵ تهیه نمودند. همبستگی بسیار بالا بین خصوصیات خاک (EC و SAR) و ارزش طیفی این شاخص (به ترتیب 0/885 و 0/857)، به صورت یک مدل رگرسیونی برای تهیه نقشه شوری خاک ارائه شد.

عبدالفتاح و همکاران (2008) 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.

هدف از تحقیق حاضر پی بردن به وجود ارتباط بین داده‌های طیفی سنجنده ETM⁺ و شوری سطحی خاک

در نقاط مختلف کشور پراکنده است و که اراضی مجاور خود را در اثر گسترش شوری مورد تهدید جدی قرار می‌دهند. شوری خاک و شور شدن اراضی مجاور یکی از پدیده‌های مخرب و محدود کننده توسعه کشاورزی می‌باشد. برای تداوم کشاورزی پایدار این پدیده باید شناسایی، پایش و مدیریت شود. اولین گام برای پایش و مدیریت، شناسایی مناطق شور و تهیه نقشه شوری خاک‌های کشور است (معصومی، 1363).

اصلاح و مدیریت اصولی مناطق شور، اطلاعات کمی، بهنگام و دقیقی نیاز دارد. با توجه به قابلیت بالای تصاویر ماهواره‌ای که بهنگام، چندطیفی و تکراری بوده و پوشش مکانی وسیعی دارند، برای تهیه نقشه از خصوصیات مختلف خاک و همچنین پوشش گیاهی مناطق خشک و بیابانی مناسب می‌باشند. تهیه این قبیل نقشه‌ها با استفاده از این داده‌ها در مقایسه با روش‌های سنتی و معمول با هزینه کمتر در مدت زمان کوتاهتر و با دقت بیشتر انجام می‌شود و به خصوص در سیستم اطلاعات جغرافیایی¹ به عنوان لایه‌های اطلاعاتی مناسبی مورد استفاده قرار می‌گیرند (چیت‌ساز، 1378). از آنجایی که حدود دو سوم از کشورمان در مناطق بیابانی واقع شده و شوری خاک از جمله مهم‌ترین معضلات چنین مناطقی می‌باشد و همچنین با توجه به جمعیت رو به رشد کشورمان، تحقیق در رابطه با خاک‌های شور از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد (دماوندی، 1376).

پیشرفت‌های اخیر در کاربرد فن‌آوری سنجش از دور به منظور تهیه نقشه و مدیریت زمین‌های شور، سبب افزایش سرعت و دقت مطالعات و کاهش هزینه‌های مربوطه شده است (طاهر کیا، 1375). چیت‌ساز (1378) نقشه شوری و قلیائیت خاک را در منطقه شرق اصفهان با استفاده از داده‌های رقومی TM تهیه نمود و چنین نتیجه‌گیری کرد که امکان تهیه نقشه از خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاک با استفاده از داده‌های رقومی

2- Buces et al.

3- Texcoco

4- Normalised Difference Vegetation Index (NDVI)

5- Combined Spectral Response Index (CSRI)

1- Geographic Information Systems (GIS)

انتقال یافت. نمونه برداری از عمق 0-15 سانتی متر از نقاط با مختصات معلوم برداشت گردید. به منظور افزایش دقت علاوه بر نمونه برداری از نقطه اصلی، نمونه های کمکی در سه جهت متفاوت با زاویه 120 درجه و با فاصله 25 متر از نقطه اصلی برداشته شد و با نمونه اصلی مخلوط گردید. نمونه ها پس از هوا خشک شدن، از الک 2 میلی متری عبور داده شدند و پس از عصاره گیری از گل اشباع مقدار هدایت الکتریکی عصاره اشباع توسط دستگاه هدایت سنج الکتریکی اندازه گیری شد.

داده های ماهواره ای مورد استفاده

با توجه به این که استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست در ایران رایج تر است و با توجه به پوشش زمانی خوب این تصاویر، در این مطالعه داده های رقومی چند طیفی ETM⁺ مربوط به ماهواره لندست 7، شامل 6 باند طیفی (قدرت تفکیک مکانی 30 متر) و یک باند حرارتی (قدرت تفکیک مکانی 60 متر) و باند پانکروماتیک (قدرت تفکیک مکانی 15 متر) از مسیر 165 و ردیف 38 طبق سیستم مرجع جهانی (WRS¹)، مربوط به 2 آوریل 2010 مورد استفاده قرار گرفت. داده های سنجنده ETM از سال 2003 به بعد دارای نوارهای فاقد اطلاعات می باشند، برای پر کردن این نوارها از روش میانگین نوارهای مجاور در نرم افزار ENVI استفاده شد. از تکنیک های مختلف بازسازی تصاویر نظیر ایجاد تصویر رنگی کاذب² از منطقه، نسبت گیری، تجزیه مؤلفه های اصلی و تبدیل تسلدکپ³ (شاخص روشنائی، سبزینگی و خیسگی) در پردازش تصاویر و تجزیه و تحلیل همبستگی استفاده شد (المیریان⁴، 1997). عناوین باندهای اصلی و مصنوعی مورد استفاده در این تحقیق و نحوه تهیه آنها در جدول 1 آمده است.

و در نهایت ارائه مدل مناسب جهت تهیه نقشه شوری در بخشی از اراضی جنوب اهواز می باشد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در جنوب اهواز بین عرض های جغرافیایی 31° تا 31° 20' شمالی و طول جغرافیایی 48° 25' تا 48° 50' شرقی واقع شده است. مساحت منطقه مورد مطالعه بالغ بر 84953 هکتار می باشد (شکل 1).

از نظر فیزیوگرافی منطقه مسطح و شامل دشت های آبرفتی رودخانه ای و دشت های رسوبی می باشد، و شیب منطقه در حدود 1 تا 2 درصد بوده است. با توجه به آمار هواشناسی ایستگاه اهواز، منطقه مورد مطالعه دارای تابستان های گرم و زمستان های معتدل و کوتاه می باشد. میزان متوسط بارندگی سالیانه بالغ بر 242 میلی متر است که این میزان بارندگی به علت عدم توزیع مناسب، مقادیر بسیار زیادی از آن به صورت هرز آب خارج می گردد؛ ضمن این که میزان بارندگی برای انتقال مواد از سطح به عمق و نیز شوری زدایی کافی نیست. زیاد بودن درجه حرارت در فصل تابستان موجب تبخیر خیلی زیاد در منطقه می شود و این تبخیر یکی از علل ایجاد و گسترش شوره زارها در اراضی مورد مطالعه می باشد. از عوامل مهم دیگر آب و هوایی وجود بادهای شدید در منطقه است، وجود شوره زارهای وسیع در مسیر این بادهای موجب انتقال نمک از اراضی شور به اراضی قابل کشت گردیده و در نهایت موجب ایجاد و گسترش شوره زارها در منطقه می شود (طاهرزاده و همکاران، 1372).

مطالعات میدانی

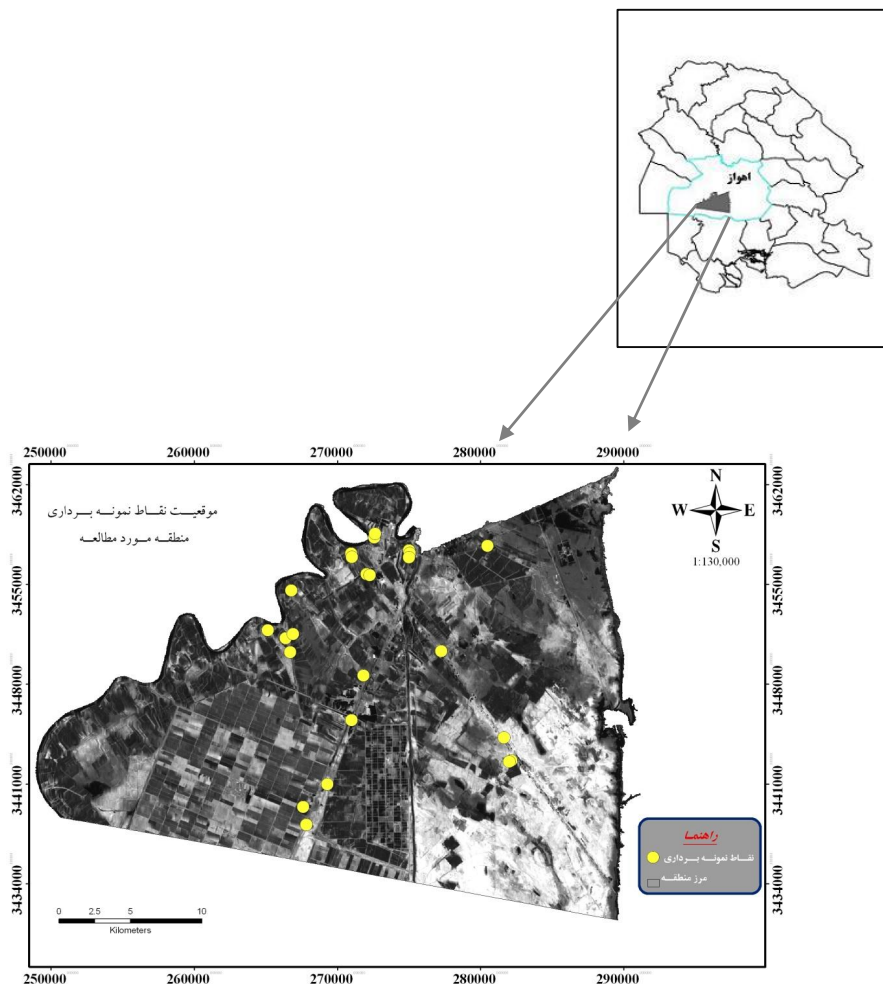
موقعیت مکانی نمونه ها با استفاده از تفسیر چشمی و تفاوت در بازتاب طیفی پدیده های مختلف تعیین شد. مختصات نقاط تعیین شده در سیستم متریک (UTM) یادداشت و به صورت فایل نقطه ای در نرم افزار ARCGIS ذخیره گردید، و سپس فایل ذخیره شده به دستگاه GPS جهت مراجعات صحرائی و نمونه برداری

1- Worldwide Reference System (WRS)

2- False color composite (FCC)

3- Tasseled cap

4- Malmirian



شکل 1- موقعیت منطقه مورد مطالعه و موقعیت نقاط نمونه برداری

جهت شرکت در مدل انتخاب گردیدند. پس از تعیین باندهای برگزیده، در مرحله مدل سازی با روش رگرسیون چندمتغیره خطی (روش برگشت)، ارزش های رقومی باندهای برگزیده به عنوان متغیر مستقل و هدایت الکتریکی سطحی به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. در نهایت نقشه شوری بر اساس مدل رگرسیونی قابل ارائه با استفاده از نرم افزار ARCGIS تهیه گردید. پس از تعیین مدل مناسب، با استفاده از روابط همبستگی بین مقادیر واقعی و برآورد شده شوری و همچنین با استفاده از محاسبه شاخص های میانگین خطا¹ و انحراف معیار خطای² مدل

تهیه نقشه شوری خاک

بر اساس مختصات جغرافیایی نقاط نمونه برداری ثبت شده با GPS، یک وکتور نقطه ای در محیط GIS ساخته شد و این لایه همراه با شماره نمونه برداری هر نقطه، بر روی باندهای مختلف تصاویر و شاخص های مختلف، به صورت یک لایه قرار گرفت (شکل 1). با تلاقی فایل نقطه ای و هر یک از باندها (باندهای اصلی و مصنوعی در جدول 1) درجات روشنایی پیکسل های متناظر استخراج گردید و ارتباط بین درجات روشنایی و هدایت الکتریکی سطحی نمونه ها بررسی شد.

با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون، باندهایی که با فاکتور شوری (متغیر وابسته) حداکثر همبستگی را داشتند،

1- Mean Error (ME)

2- Root Mean Square Error (RMSE)

جدول 1. باندهای اصلی و مصنوعی مورد استفاده در این تحقیق (جنسن¹، 1996)

رديف	نحوه تهیه باند	باندهای اصلی و مصنوعی
1	باندهای اصلی ETM ⁺	1 تا 7
2	مؤلفه اول حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر روی باندهای 1، 2، ...، 7	PCA1
3	مؤلفه دوم حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر روی باندهای 1، 2، ...، 7	PCA2
4	مؤلفه سوم حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر روی باندهای 1، 2، ...، 7	PCA3
5	0/2909B ₁ + 0/2493B ₂ + 0/4806B ₃ + 0/5564B ₄ + 0/4438B ₅ + 0/1706B ₇	شاخص روشنایی
6	-0/2728B ₁ - 0/2174B ₂ - 0/5508B ₃ + 0/7221B ₄ + 0/0733B ₅ - 0/1648B ₇	شاخص سبزیگی
7	0/1446B ₁ +0/1761B ₂ + 0/3322B ₃ +0/3396B ₄ - 0/6210B ₅ - 0/4189B ₇	شاخص خبسی
8	$\frac{\text{NIR}-\text{Red}}{(\text{NIR}+\text{Red}+\text{L})(1+\text{L})}$	شاخص پوشش گیاهی

که واحد اندازه‌گیری شان همان واحد اندازه‌گیری متغیر موردنظر دسی‌زیمنس بر متر بوده است اعتبارسنجی شد (دواویی و همکاران²، 2006).

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z(x_i) - z^*(x_i)]$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z(x_i) - z^*(x_i)]^2}$$

که در این معادلات n تعداد نمونه‌های مورد مطالعه و Z(X_i) مقادیر واقعی و Z^{*}(X_i) مقادیر تخمین زده شده است.

تجزیه و تحلیل آماری تصاویر و همچنین مدل‌سازی و روابط رگرسیونی به روش چند متغیره خطی بین هدایت الکتریکی خاک و ارزش‌های رقومی باندهای برگزیده با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

خلاصه آماره‌های توصیفی برای هدایت الکتریکی سطحی خاک در جدول 2 ارائه شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، مقدار EC در 25 نمونه خاک از 6/5 تا 266/5 دسی‌زیمنس بر متر متغیر بوده و ضریب تغییرات آن 99/3 درصد می‌باشد، که این مقدار ضریب تغییرات نشان‌دهنده تغییرپذیری زیاد شوری در منطقه می‌باشد. همبستگی میان هدایت الکتریکی سطحی نمونه‌های خاک به عنوان متغیر وابسته و ارزش‌های رقومی نمونه‌ها در باندهای مختلف به عنوان متغیر مستقل در جدول 3 آورده شده است. هدایت الکتریکی سطحی خاک بیشترین همبستگی را با باندهای مرئی و مادون قرمز (باندهای 1، 2، 3 و 4) دارد، که نشان‌دهنده این است که خاک‌های شور در نواحی مرئی و مادون قرمز بازتاب طیفی بیشتری دارند. با افزایش شوری بازتاب طیفی باندهای مرئی افزایش می‌یابد. در باند مادون قرمز نزدیک (باند 4) پوشش گیاهی بازتاب بالایی دارد و این بازتاب بالا نشان‌دهنده شوری کم است؛ لذا همبستگی میان شوری و باند 4 منفی می‌شود.

1- Jensen

2- Douaoui *et al.*

حسنوندی و همکاران: تهیه نقشه شوری سطحی خاک...

جدول 2. توصیف آماری هدایت الکتریکی سطحی خاک در منطقه مورد مطالعه

تغییرات	ضریب	کشیدگی	چولگی	انحراف معیار	میانه	حداقل	حداکثر	میانگین	خصوصیات آماری
	99/3	-0/66	0/92	85/33	36/25	6/45	266/5	84/77	هدایت الکتریکی سطحی

جدول 3. همبستگی میان هدایت الکتریکی خاک و باندهای طیفی

باند	باند 1	باند 2	باند 3	باند 4	باند 5	باند 6-1	باند 6-2	باند 7	باند های طیفی
	0/736**	0/727**	0/719**	-0/640*	0/568**	0/611**	0/636**	0/623**	EC

** و * . به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح 1 درصد و 5 درصد.

درصد دارد، به عبارت دیگر بهتر بودن پوشش گیاهی نشانه پایین بودن مقدار شوری است و همچنین کم بودن مقدار شاخص سبزیگی و پوشش گیاهی نشان دهنده کم بودن پوشش گیاهی ناشی از فزونی غلظت املاح خاک است. همچنین بازتاب طیفی خاکها به طور قابل ملاحظه ای به رطوبت خاک وابسته است بنابراین هرچه خاک خشک تر باشد، تبلور نمکها و رسوب آنها در سطح خاک افزایش یافته، لذا انعکاس سطحی هم افزایش می یابد و برعکس افزایش رطوبت خاک موجب انحلال املاح و در نهایت کاهش انعکاس طیفی خاک و تیره تر شدن تصویر می شود. رابطه معکوس شاخص های سبزیگی و پوشش گیاهی با هدایت الکتریکی خاک به این دلیل است که در این شاخصها از باند مادون قرمز نزدیک (باند 4) استفاده شده که با افزایش شوری، ارزش طیفی این باند کاهش پیدا کرده است.

با توجه به ضرایب همبستگی بدست آمده برای منطقه مورد مطالعه، تهیه مدل و اعمال آن، می تواند نقشه ای از پارامتر شوری خاک سطحی منطقه تولید نماید که از لحاظ سرعت، دقت، هزینه، تنوع طبقات و بهنگام بودن، بسیار قابل توجه هستند.

با نتایج فریفته و همکاران¹ (2006) مطابقت دارد. نتایج همبستگی بین هدایت الکتریکی خاک سطحی و اجزاء مؤلفه های اصلی در جدول 4 آورده شده است. همان طور که مشاهده می شود، مؤلفه اول بیشترین همبستگی مثبت و مؤلفه سوم بیشترین همبستگی منفی را با هدایت الکتریکی سطحی خاک دارد و همچنین مؤلفه دوم همبستگی منفی معنی داری در سطح 1 درصد با هدایت الکتریکی سطحی خاک دارد، سه مؤلفه اول بر اساس مقدار واریانس انتخاب گردیده است و 98 درصد اطلاعات در سه مؤلفه اول ذخیره گردیده است و دارای بالاترین واریانس هستند (آرخی و نیازی، 1389). ماتریس همبستگی بین شاخص های روشنایی، سبزیگی، خیسی و پوشش گیاهی با هدایت الکتریکی خاک سطحی در جدول 4 نمایش داده شده است. هدایت الکتریکی خاک با شاخص روشنایی ارتباط معنی داری در سطح 1 درصد دارد که بیانگر این واقعیت است که مناطقی که شوری در آنها زیاد است بازتاب طیفی بالاتری دارند و به رنگ روشنتر دیده می شوند. همچنین هدایت الکتریکی خاک با شاخص های خیسی، سبزیگی و پوشش گیاهی همبستگی منفی معنی داری در سطح 1

جدول 4. همبستگی بین هدایت الکتریکی خاک و شاخص‌ها و مؤلفه‌های اصلی تصویر

شاخص‌ها	شاخص	شاخص	شاخص پوشش گیاهی	PCA1	PCA2	PCA3
EC	0/561**	-0/494**	-0/762**	-0/760**	0/648**	-0/693**

** اختلاف معنی دار در سطح 1 درصد.

جدول 5. ضرایب همبستگی مدل EC سطحی با استفاده از داده‌های ETM⁺

روش رگرسیون	R	R ²	R ² . adj	سطح معنی داری
برگشت	0/824	0/680	0/612	0/000

در این تحقیق استفاده از داده‌های سنجنده ETM⁺ تنها توانسته 68 درصد از تغییرات شوری سطحی خاک را توجیه نماید، به این دلیل که داده‌های چند طیفی در شوری‌های کم قدرت تفکیک پایینی دارند، به دلیل پهنای باند بالا تغییرات جزئی را نمی‌توانند شناسایی کنند، بنابراین توصیه می‌شود برای تفکیک تغییرات جزئی از تصاویر فراطیفی استفاده شود (مترنیخت و زینک، 2009). پس از تعیین مدل مناسب، با استفاده از مقادیر میانگین خطا و انحراف معیار خطای مدل و ضریب همبستگی بین مقادیر واقعی و برآورد شده شوری (R²)، مدل اعتبارسنجی شد (جدول 6)، اعتبارسنجی مدل با استفاده از 25 درصد داده‌ها انجام شد. ریوروا¹ و همکاران (2007) در تخمین سفر خاک با داده‌های ETM⁺ به روش رگرسیون خطی به ترتیب مقادیر میانگین خطا و انحراف معیار خطای مدل برابر با 133/7 و 356/1 بدست آوردند. امینی (1378) برای نسبت جذب سدیم به روش کریجینگ مقادیر میانگین خطا و انحراف معیار خطای مدل معادل 53/8 و 85 بدست آورده و بالا بودن این مقادیر را به بالا بودن انحراف استاندارد و تغییرات شدید داده‌های SAR ارتباط داده

بین EC با داده‌های طیفی ETM⁺ بهترین مدل رگرسیونی بدست آمده برای تصویر سال 2010 عبارتست از:

$$EC = -557/787 + 20/129 B2 + 4/826 B4 - 3/585 \text{ Brightness} - 1/111 \text{ SAVI}$$

که به ترتیب، B2 و B4، باند 2 و باند 4 اصلی ETM⁺، Brightness، شاخص روشنایی حاصل از تبدیل تسلدکپ و SAVI، شاخص پوشش گیاهی است. به طور کلی باندهای مؤثر در بارزسازی و شناسایی شوری در این تحقیق، باند 2 (باند سبز) و باند 4 (باند مادون قرمز نزدیک) به همراه شاخص‌های روشنایی و پوشش گیاهی بوده است. جعفری گرزین (1381) در تحقیقات خود نشان داد که باند 4 و شاخص روشنایی مربوط به سنجنده ETM⁺ رابطه معنی‌دار با EC نشان داده‌اند؛ همچنین تاجگردان (1388) در تحقیقات خود نشان داد که در منطقه شور شمال آق‌فلا می‌توان از باند 4 و همچنین شاخص‌های روشنایی، سبزیگی و Fuse4 برای پیش‌بینی EC خاک‌های منطقه استفاده کرد. ضرایب همبستگی مدل EC سطحی در جدول 5 آورده شده است.

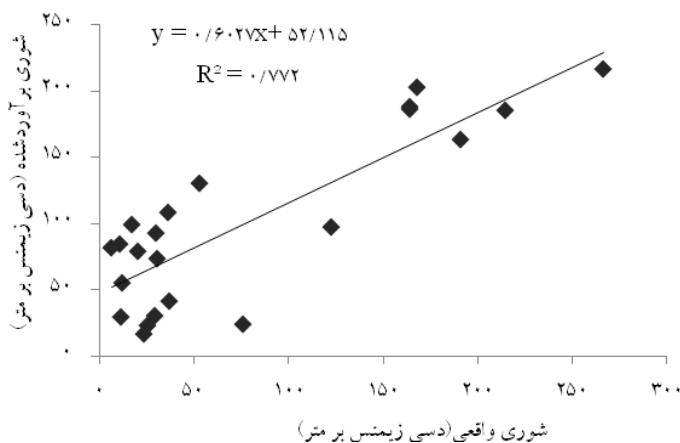
حسنوندی و همکاران: تهیه نقشه شوری سطحی خاک...

$8 < EC < 16.4$ ، $16.4 < EC < 64.8$ ، $32 < EC < 64$ ، $EC > 64$ بر روی آن تعیین گردید (شکل 3). همانطور که شکل 3 نشان می‌دهد رنگ سیاه نشان‌دهنده شوری حداقل و رنگ سفید نشان‌دهنده شوری حداکثر است. طبقه $EC < 4$ دسی‌زیمنس بر متر نشان‌دهنده اراضی غیر شور است که اراضی کشاورزی را در بر می‌گیرد، و بیشتر در قسمت‌های غرب منطقه دیده می‌شود. به دلیل وجود رودخانه کارون که در غرب منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است و مقدار کمی هم در مرکز و شمال منطقه در کنار کانال‌های آب و آبراهه‌ها قرار داده‌اند، و به طور کلی 7/65 درصد از مساحت کل اراضی منطقه توسط شوری در بر گرفته می‌شود. طبقات دیگر شوری یعنی از 4 تا 64 دسی‌زیمنس بر متر نیز به طور پراکنده در قسمت‌های شمال، غرب و مرکز منطقه دیده می‌شوند

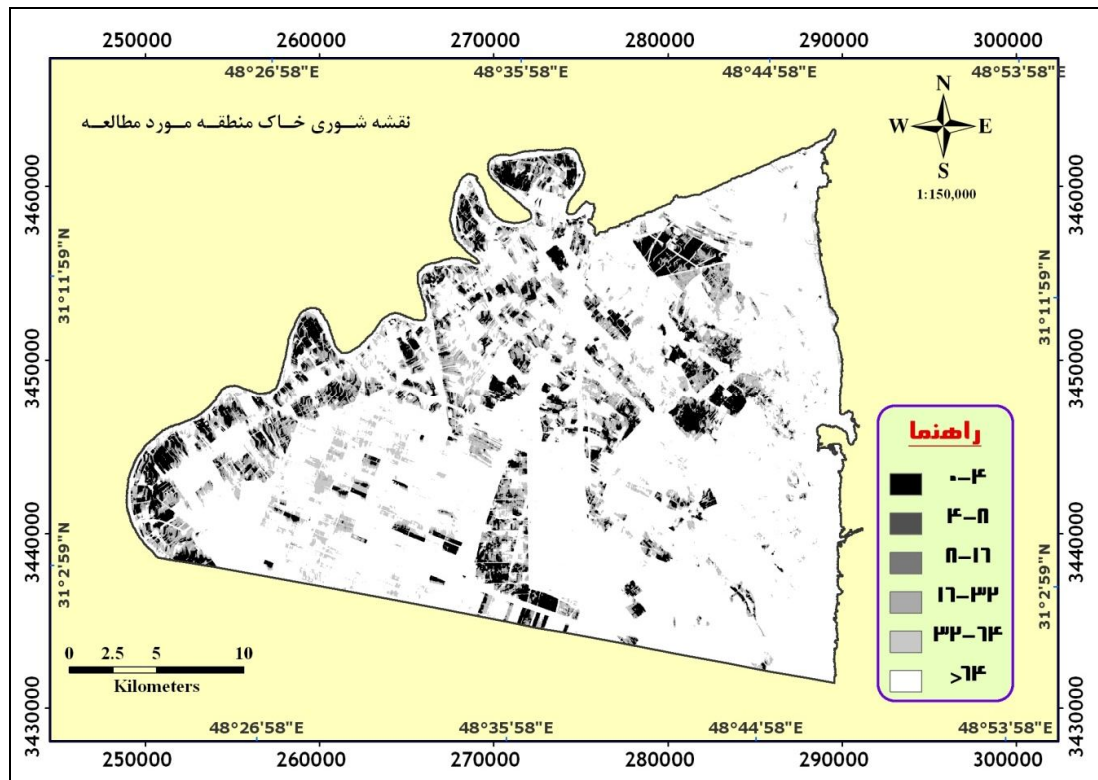
است. در این تحقیق نیز مقادیر بالای میانگین خطا و انحراف معیار خطای مدل (9/7 و 54/32 دسی‌زیمنس بر متر) را می‌توان به دلیل بالا بودن ضریب تغییرات (0/98) دانست. بدیهی است که یک تخمین گر خوب، باید به نتایجی منجر گردد که دارای همبستگی قوی و مثبت با مقادیر واقعی باشد. میان مقادیر شوری واقعی و برآورد شده همبستگی معنی داری در سطح 1 درصد وجود دارد و ضریب همبستگی آن 0/772 است، این نشان می‌دهد مدل بدست آمده بر اساس اطلاعات ماهواره‌ای تخمین گر خوبی برای برآورد شوری سطحی خاک است. نمودار پراکنش بین شوری واقعی و برآورد شده در شکل 2 آورده شده است. در نهایت مدل به دست آمده بر روی تصاویر ETM^+ منطقه اعمال گردید و در نتیجه تصویری حاصل شد که ارزش رقمی در هر پیکسل، یک عدد EC بود. پس از آن تصویر طبقه‌بندی شد و 6 کلاس مختلف شوری ($EC < 4$)،

جدول 6- اعتبارسنجی مدل برآورد شده

پارامتر	میانگین خطا	انحراف معیار خطا	R^2
مدل برآورد شده	9/7	54/32	0/772



شکل 2- نمودار پراکنش مقادیر واقعی و برآورد شده شوری



شکل 3- نقشه شوری منطقه مورد مطالعه مشتق از مدل رگرسیونی چند متغیره به وسیله باندهای ETM^+

ETM^+ و شاخص‌های روشنایی و پوشش گیاهی با تغییرات EC سطحی، همبستگی معنی‌داری در سطح 1 درصد دارند و توانستند شوری سطحی خاک منطقه را برآورد کنند. وجود همبستگی بین داده‌های ماهواره‌ای (درجات روشنایی) و مقادیر عددی شوری خاک، امکان تهیه نقشه شوری خاک را تسهیل نموده است. استفاده از روش همبستگی در تهیه نقشه شوری خاک با توجه تحقیقات انجام شده قبلی در مقایسه با روش‌های مختلف تهیه نقشه (داده‌های آزمایشگاهی یا داده‌های حاصله از مشاهدات صحرائی) یکی از روش‌های ساده و با صرف زمان کوتاه و با دقت بالایی است.

در کل 10/85 درصد از مساحت منطقه را در بر می‌گیرد. $EC > 64$ دسی‌زیمنس بر متر که نشان‌دهنده اراضی خیلی شور (شوره‌زار) است و قسمت عمده منطقه را شامل می‌شود بیشتر در شرق و جنوب منطقه دیده می‌شود و علت آن نبود آب و تبخیر بالا و همچنین بیابانی بودن این مناطق است، و 81/5 درصد از مساحت کل منطقه را در بر می‌گیرد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با توجه به همبستگی میان هدایت الکتریکی سطحی و بازتاب طیفی تصاویر اصلی و مصنوعی ETM^+ ، مشخص شد که باندهای 2 و 4 اصلی

منابع

- 1- آرخی، ص. و نیازی، ی. 1389. ارزیابی روش‌های مختلف سنجش از دور برای پایش تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی حوزه دره شهر-استان ایلام). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، 17(1): 74-93.
- 2- امینی، م. 1378. بررسی زمین آماری شوری و قلیائیت خاک در خاک‌های انتخاب شده از منطقه رودشت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، 119 ص.
- 3- تاجگردان، ت.، ایوبی، ش. ا.، شتایی، ش. و خرمالی، ف. 1388. تهیه نقشه شوری سطحی خاک با استفاده از داده‌های دورسنجی ETM^+ (مطالعه موردی: شمال آق‌قلا، استان گلستان). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، 16(2): 1-18.
- 4- جعفری گرزین، ب. 1381. بررسی قابلیت استفاده از داده‌های رقومی ETM^+ ماهواره لندست در تفکیک اراضی شور (مطالعه موردی دشت گرگان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، 127 ص.
- 5- چیت‌ساز، و. 1378. بررسی امکان تهیه نقشه شوری و قلیائیت خاک در منطقه شرق اصفهان با استفاده از داده‌های رقومی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیابان‌زدائی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- 6- دماوندی، ع. ا. 1376. بررسی امکان کاربرد داده‌های ماهواره‌ای در شناسایی و طبقه‌بندی اراضی شور به روش رقومی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران، دانشگاه تهران، 225 ص.
- 8- طاهرزاده، م. ح.، بنی‌نعمه، ج. و حسینی، ا. 1372. مطالعات خاکشناسی اجمالی بخشی از اراضی جنوب اهواز - خوزستان. نشریه فنی شماره 888، 79 ص.
- 9- طاهرکیا، ح. 1375. اصول و کاربرد سنجش از دور، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، 504 ص.
- 10- عبدی‌نام، ع. 1383. بررسی تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از ایجاد همبستگی بین داده‌های ماهواره‌ای با مقادیر عددی شوری خاک در دشت قزوین. پژوهش و سازندگی شماره 64: 33-38.
- 11- معصومی، ع. ا. 1363. قابلیت و محدودیت‌های استفاده از منابع آب، مجموعه مقالات کنفرانس استفاده از آب کشاورزی، تهران 27 تا 29 آذرماه، وزارت نیرو.
- 13- Abdelfattah, M. A., Shahid, SH. A., and Othman, Y. R. 2008. A model for salinity mapping using Remote Sensing and Geographic Information System- A case study from Abu Dhabi Emirate, UAE. 2nd International Salinity Forum, Adelaide, Australia. 30Mar-4Apr.
- 14- Abdelfattah, M. A. 2009. Soil salinity mapping model developed using RS and GIS – A case study from Abu Dhabi, United Arab Emirates. European Journal of Scientific Research 26 (3): 342-351.

- 15- Buces, F.,N., Siebe, C., Cram, S., and Palacio, J.L. 2006. Mapping soil salinity using a combined spectral response index for bare soil and vegetation: (A case study in the former lake Texcoco, Mexico). *Journal of Arid Environments*, 65:644-667.
- 16- Douaoui, A. E. K., Nicolas, H., and Walteer, Ch. 2006. Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote sensing data, *Geoderma*, 134: 217-230.
- 17- Farifteh, J., Farshad, A., and Georg, R. J. 2006. Assessing salt-affected soils using remote sensing , solute modeling , and geophysics. *Geoderma*, 130:191-206.
- 18- Jensen, J. R. 1996. *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. 2nd ed. Prentice Hall series in geographic information science. 318 pp.
- 19- Malmirian, H. 1997. *Thematic mapping from satellite imagery: a guide book*. 256pp. (Translated in Persian).
- 20- Metternicht, G. I., and Zinck, J. A. 2003. Remote sensing of soil salinity: Potentials and constraints. *Remote Sensing of Environment* 85:1-20.
- 21- Metternicht, G. I., and Zinck, J. A. 2009. *Remote sensing of soil salinization: Impact on land management*. CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC. 272 pp.
- 22- Rivero, R. G., Grunwald, S., and Bruland, G. L. 2007. Incorporation of spectral data into multivariate geostatistical models to map soil phosphorus variability in a Florida wetland, *Geoderma*, 140: 428-443.