

## تهیه نقشه شوری خاک سطحی با استفاده از تصاویر

### ماهواره‌های لندست (مطالعه موردی: بوئین زهرا)

- ❖ طیبه مصباح‌زاده\*: استادیار گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ❖ حسن احمدی: استاد گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ❖ فریدون سرمدیان: استاد گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران
- ❖ محمد جعفری: استاد گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ❖ حسین آذر نیونند: استاد گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ❖ محمد زارع چاهوکی: دانشیار گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ❖ مریم رستمی: دانشجوی دکتری گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

#### چکیده

این تحقیق جهت ارائه مدلی برای تهیه نقشه شوری با استفاده از داده‌های TM و مقدار شوری (هدایت الکتریکی) در منطقه بوئین‌زهرا انجام گرفت. پردازش‌های لازم، مانند آنالیز مؤلفه‌های اصلی و ایجاد شاخص‌های مختلف بر روی باندهای اصلی انجام شد. ۳۸ نمونه خاک به روش نمونه‌گیری تصادفی (در داخل شبکه‌های ۱×۱ کیلومتری) از اعماق مختلف خاک برداشت شد. مختصات دقیق پروفیل‌ها، به کمک GPS، در طی عملیات صحرائی ثبت شد و در عصاره اشباع هدایت الکتریکی (میانگین EC افق شناسایی سطحی خاک تا عمق ۰-۱۵ سانتی‌متری) اندازه‌گیری شد. ارزش‌های طیفی باندهای اصلی و شاخص‌های ساخته‌شده با مقادیر هدایت الکتریکی مربوط به ۸۰ درصد نمونه‌ها بررسی شد. نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیونی نشان می‌دهد در سطح آماری ۹۹ درصد همبستگی معنی‌داری بین EC با باندهای اصلی و شاخص‌های SI1، SI2، SI3، BI، و NDMI وجود دارد. دقت مدل با استفاده از ۲۰ درصد نمونه‌ها ارزیابی شد. نتایج نشان داد که مدل به‌دست‌آمده می‌تواند با ME و RMSE ۰/۰۸ و  $2/53 \text{ dSm}^{-1}$  شوری خاک را پیش‌بینی کند. واژگان کلیدی: اعتبارسنجی، تصاویر TM، شوری خاک، هدایت الکتریکی.

## مقدمه

طوری که این تغییرات در تن، بافت، و الگوی تصاویر ماهواره‌ای تأثیر دارند [۱۶]. در پژوهشی، برای تهیه نقشه خاک‌های شور و سدیمی از تلفیق تصاویر رقوم طبقه‌بندی شده با مشاهدات میدانی مناطق تخریب شده و آنالیزهای آزمایشگاهی در منطقه نیمه خشک کوچابامبا استفاده شد [۱۰]. تحقیقی دیگر، همبستگی بین داده‌های شوری خاک و ارقام رقوم باند ۷ تصاویر ETM را نشان داد [۱]. در مطالعه‌ای دیگر، از باندهای ۱ تا ۷ TM برای شناسایی شوری خاک استفاده کردند [۳، ۶].

همچنین، برای تفکیک اراضی شور از داده‌های رقوم  $ETM^+$  استفاده شد. نتایج نشان داد از میان باندهای اصلی و فرعی باندهای SRVI، ETM3p4، ETMS135، ETM3، Brightness، و ETM ۲ مناسب‌تر است [۹]. برای تهیه نقشه شوری خاک و پایش تغییرات آن در منطقه خشک ریادح از داده‌های TM استفاده شد. نتایج نشان داد شوری در منطقه وجود دارد و در حال گسترش است [۱۳]. در پژوهشی، برای تهیه نقشه شوری سطحی خاک، از داده‌های دورسنجی  $ETM^+$  استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد بین مقادیر هدایت الکتریکی سطحی با باند ۴ اصلی، مؤلفه‌های روشنایی و سبزیگی حاصل از تبدیل تسلدکپ و مؤلفه حاصل از ادغام باند پانکرومات یک با باند ۴ اصلی ارتباط معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد [۱۴].

## روش شناسی

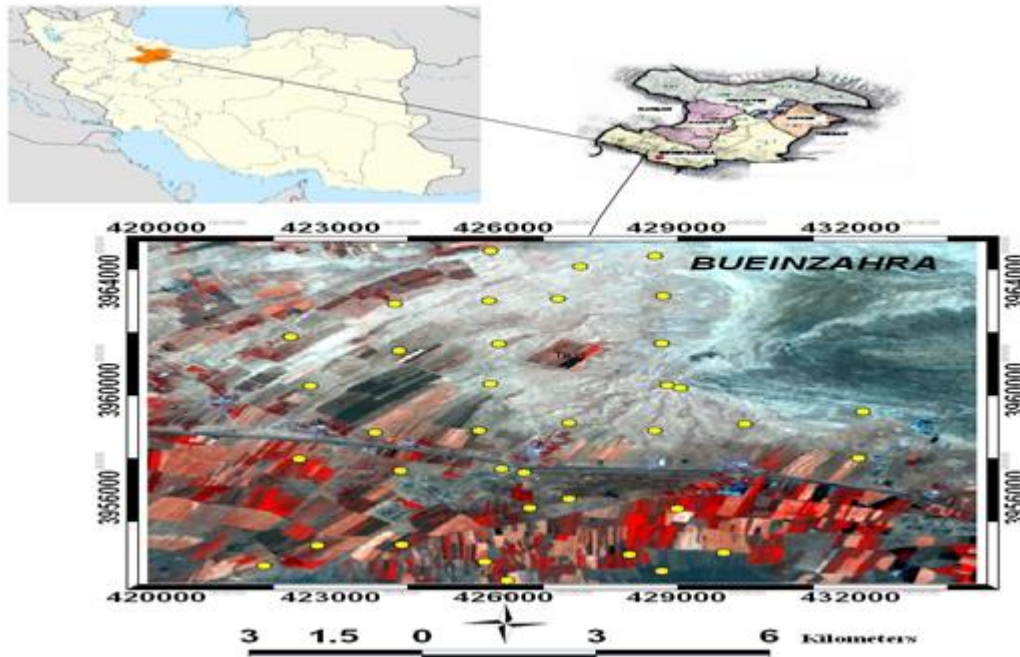
## منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه بخشی از اراضی شهرستان بوئین‌زهراست، به مساحت ۲۱۵۰۶ هکتار، که در طول جغرافیایی  $50^{\circ} 06' 44''$  تا  $50^{\circ} 15' 23''$  شرقی و عرض جغرافیایی  $35^{\circ} 50' 19''$  تا  $35^{\circ} 16' 41''$  شمالی واقع شده است (شکل ۱).

شوری خاک یکی از خطرهای جدی زیست‌محیطی است که رشد بسیاری از محصولات را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۸]. میزان شوری در جهان دو میلیون هکتار در سال است [۱۲]. شورشدن خاک هم به صورت طبیعی یا اولیه و هم بر اثر فعالیت انسانی یا ثانویه اتفاق می‌افتد. شوری اولیه به تجمع نمک از طریق فرایندهای طبیعی همچون مواد مادری گچی نمکی، آب زیرزمینی، یا شرایط خشکی به عنوان عواملی در تشدید شوری مربوط می‌شود. اما، شوری ثانویه با دخالت‌های انسانی، به‌ویژه مدیریت نامناسب، مرتبط است. شوری خاک یکی از مشکلات مهم خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک است. از آنجایی که بخش وسیعی از خاک‌های کشور در این مناطق قرار گرفته است، شناخت و طبقه‌بندی این خاک‌ها برای مدیریت آن‌ها ضروری است [۴].

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای یکی از ابزارهای مهم مطالعه این خاک‌هاست و راه‌حلی مقرون به صرفه از نظر زمان و هزینه است. بسیاری از محققان از آن استفاده می‌کنند. در مطالعه‌ای، برای شناسایی مناطق تحت شوری در دره رود نیل مصر از تصاویر TM استفاده شد. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد استفاده از این تصاویر دقت قابل قبولی دارد [۲]. در تحقیقی دیگر، داده‌های چندطیفی به‌دست‌آمده از سکوه‌های ماهواره‌های لندست<sup>۱</sup>، اسپات<sup>۲</sup>، و سنجش از دور هندی<sup>۳</sup> در تهیه نقشه شوری و پایش آن مناسب شناخته شد [۷]. همچنین، در مطالعه‌ای، از تصاویر ماهواره‌ای برای تهیه نقشه شوری و پایش آن استفاده شد. نتایج آن‌ها نشان داد درجه شوری خاک در الگوی پوشش اراضی و کاربری آن تأثیر دارد، به

1. Landsat
2. Spot
3. Indian Remote Sensing (IRS)



شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعاتی و محل نقاط نمونه‌برداری شده خاک

### نمونه‌برداری

برای اجرای این تحقیق، در اوایل مردادماه ۱۳۸۹، ۳۸ نمونه خاک به روش نمونه‌گیری تصادفی (در داخل شبکه‌های ۱×۱ کیلومتری) از اعماق مختلف خاک برداشت شد. مختصات دقیق پروفیل‌ها به کمک GPS در طی عملیات صحرائی ثبت شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد، هواخشک گردید، و در عصاره اشباع هدایت الکتریکی (میانگین EC افق شناسایی سطحی خاک تا عمق ۰ - ۱۵ سانتی متری) اندازه‌گیری شد [۵، ۱۱].

### داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده

از داده‌های رقومی چندطیفی TM شامل ۶ باند طیفی (با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر) و یک باند حرارتی (با قدرت تفکیک مکانی ۶۰ متر) مربوط به ۱۰ آگوست ۲۰۱۰ استفاده شد. سپس، با استفاده از

بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه، این منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک و متوسط بارندگی آن ۱۶۹٫۴ درجه سانتی‌گراد است. خاک‌های منطقه مورد مطالعه تغییرات ژنتیکی زیادی ندارند و بیشتر شامل رسوبات جوانی هستند که در اثر فرسایش و رسوب‌گذاری مناطق بالادست به‌خصوص طغیان رودخانه‌ها و آبراهه‌ها به این قسمت منتقل شده‌اند. این رسوبات ریزدانه‌اند و خاک‌هایی با بافت متوسط تا سنگین را تشکیل داده‌اند. خاک عمیق تا نسبتاً عمیق و شور و قلیا بوده، به طوری که میزان شوری و قلیائیت از محدوده کم تا خیلی زیاد در بخش‌های مختلف متفاوت است و به صورت لکه‌های سفیدرنگ املاح در سطح و عمق خاک دیده می‌شوند. وجود سدیم زیاد محلول و تبادل‌ی موجب پراکندگی کلویدهای خاک شده و موجب پف‌کردن خاک سطحی در بعضی از مناطق گردیده است.

تکنیک‌ها در فرایند تجزیه و تحلیل همبستگی، از تکنیک‌های مختلف بارزسازی تصاویر نظیر تجزیه مؤلفه‌های اصلی یک مدل گرافیکی (gmd) ساخته شده استفاده شد. جدول ۱ باندهای اصلی و ترکیبی مورد استفاده در این تحقیق و نحوه تهیه آنها را نشان می‌دهد.

نرم‌افزار Erdas 9.2، اطلاعات اخذ شده به صورت یک مجموعه باندهای (layerstack) ذخیره شد. تصحیح هندسی تصاویر با استفاده از تصویر تصحیح هندسی شده موجود منطقه با سیستم مختصات UTM و سطح بیضوی WGS 84 به روش تصویر به تصویر صورت گرفت. به منظور استفاده از تکنیک‌های پردازش تصاویر و به‌کارگیری باندهای حاصل از این

جدول ۱. باندهای اصلی و مصنوعی مورد استفاده در این تحقیق

ردیف	نحوه تهیه باند	باندهای اصلی و فرعی
۱	EC_TOP	Electrical Conductivity of Soil dS/m
۲	SI1	Salinity Index 1 ( $\sqrt{G \times R}$ )
۳	SI2	Salinity Index 2 ( $\sqrt{G^2 + R^2 + NIR^2}$ )
۴	SI3	Salinity Index 3 ( $\sqrt{G^2 + R^2}$ )
۵	NDSI	Normalized Differential Salinity Index (R-NIR/ R-NIR)
۶	BI	Brightness Index ( $\sqrt{R^2 + NIR^2}$ )
۷	SAVI	Normalized Differential Vegetation Index (NIR-R/ NIR+R)
۸	SATVI	Soil Adjusted Total Vegetation Index
۹	MSAVI	Modified Soil Adjusted Vegetation Index
۱۰	NDMI	Normalized Differential Moisture Index
۱۱	BAND1	Reflectance Value of Band 1 (Blue visible)
۱۲	BAND2	Reflectance Value of Band 2 (Green visible)
۱۳	BAND3	Reflectance Value of Band 3 (Red Visible)
۱۴	BAND4	Reflectance Value of Band 4 (Near Infrared)
۱۵	BAND5	Reflectance Value of Band 5 (Middle Infrared)
۱۶	BAND6	Reflectance Value of Band 6 (Thermal)
۱۷	BAND7	Reflectance Value of Band 7 (Far Infrared)
۱۸	PCA1	Principal Component 1
۱۹	PCA2	Principal Component 2
۲۰	PCA3	Principal Component 3

کمتری داشته باشد، تناسب بهتری با داده‌های مشاهده شده نشان می‌دهد و مناسب‌تر است.

**ارزیابی همبستگی مکانی باقی‌مانده‌ها:** این ارزیابی با شاخص Moran's I انجام می‌شود. این شاخص توزیع مقادیر خطا یا باقی‌مانده را نشان می‌دهد. هرچه این شاخص به صفر نزدیک‌تر باشد، مناسب خواهد بود.

**آماره مکانی \*Getis-Ord Gi:** نقشه نهایی به دست آمده از OLS نشان می‌دهد که توزیع خطاها به صورت تصادفی است. در تأیید این محاسبات آماره \*Getis ord Gi استفاده می‌شود. این آماره با بررسی نقاط Hotspot رابطه بین باقی‌مانده‌ها (خطاهای تولیدشده) را تحلیل می‌نماید و عدم رابطه بین نقاط دارای خطا را نشان می‌دهد.

**اعتبارسنجی مدل:** برای مدل‌سازی از ۸۰ درصد داده‌ها و اعتبارسنجی مدل از ۲۰ درصد داده‌ها. استفاده شد. شاخص‌های RMSE و ME به صورت معادله ۱ و ۲ محاسبه شد:

$$ME = 1/N \sum_1^N [Z(x_i) - Z'(x_i)] \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{1/N \sum_1^N [Z(x_i) - Z'(x_i)]^2} \quad (2)$$

که در این معادلات N تعداد نمونه‌های مورد مطالعه، Z(x<sub>i</sub>) مقدار واقعی EC، و Z'(x<sub>i</sub>) مقادیر تخمین زده شده است و RMSE و ME به ترتیب میانگین خطا و انحراف معیار خطای مدل اند که واحد اندازه‌گیری آن‌ها dSm<sup>-1</sup> است.

## نتایج

جدول ۲ خلاصه آماره‌های توصیفی برای هدایت الکتریکی سطحی خاک را نشان می‌دهد. مقدار چولگی (۰٫۰۱۵) نزدیک صفر و در دامنه +۱ تا -۱ قرار دارد.

سپس، با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 9.2، با استفاده از نرم‌افزار EC، افق سطحی خاک بر روی تمام متغیر همپوشانی<sup>۱</sup> شد. به کمک تلاقی<sup>۲</sup>، مقادیر طیفی هر یک از شاخص‌ها بر اساس مختصات هر نقطه استخراج و ذخیره گردید.

## تجزیه و تحلیل آماری

برای بررسی نرمال بودن داده‌های EC از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف<sup>۳</sup> استفاده شد. سپس، بین هدایت الکتریکی خاک و ارزش‌های رقومی باندهای اصلی و فرعی روابط رگرسیونی خطی برقرار شد. به منظور طبقه‌بندی باندها و شاخص‌ها، از فاکتور آنالیز<sup>۴</sup> با توجه به مقادیر ویژه<sup>۵</sup> بالاتر از یک انتخاب شدند. برای بررسی EC محاسبه شده با داده‌های سنسجش از دور (۷ باند اصلی و شاخص‌های ساخته شده) و انتخاب بهترین مدل پیش‌بینی شوری از آنالیز OLS<sup>۶</sup> در ابزار آمار مکانی نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. این آنالیز همبستگی واریانس باقی‌مانده را نشان می‌دهد. تجزیه و تحلیل OLS به صورت زیر است:

**ارزیابی عملکرد مدل:** که توسط ضریب R<sup>2</sup> انجام می‌شود. مقدار این ضریب بین ۰ و ۱ تغییر می‌کند. هرچه این مقدار بیشتر باشد، بهتر است.

**آزمون بروش-پگان:** این آزمون خطای مدل را از لحاظ همگن بودن یا ناهمگن بودن و ایستگاهی بودن یا ایستگاهی نبودن نشان می‌دهد.

**ارزیابی تناسب مدل:** برای این ارزیابی از ضریب Aiaike استفاده می‌شود. هر مدلی که ضریب

1. overlay
2. cross
3. factor analysis
4. eigen value
5. ordinary least square (OLS)
6. assess model performance
7. Brush-Pegan Test
8. Measure of model fit

9. Assess residual spatial autocorrelation  
10. Spatial Statistics

جدول ۲. خصوصیات آماری هدایت الکتریکی سطحی  $dSm^{-1}$ 

انحراف معیار	چولگی	میانگین	خصوصیات آماری
۵/۱	۰/۰۱۵	۴/۴	EC

جدول ۳. رابطه EC با باندهای اصلی و شاخص‌ها

متغیر	همبستگی
EC_TOP	۱
SI1	**۰/۶۴۵
SI2	**۰/۶۵۸
SI3	**۰/۶۳۸
NDSI	۰/۲۴۰
BI	**۰/۶۴۴
NDVI	-۰/۰۲۴
SAVI	۰/۲۷
SATVI	۰/۰۵۷
MSAVI	-۰/۲۸۶
EVI	۰/۲۹۷
NDMI	**۰/۵۴۹
BAND1	**۰/۶۸۱
BAND2	**۰/۶۷۳
BAND3	**۰/۶۱۹
BAND4	**۰/۵۳۷
BAND5	**۰/۵۶۳
BAND6	**۰/۵۳۶
BAND7	**۰/۵۹۸
PCA1	۰/۲۷۶
PCA2	-۰/۳۴۸
PCA3	-۰/۴۰۹

\*\* ضریب همبستگی در سطح ۹۹ درصد

باندهای اصلی و شاخص‌های SI1، SI2، SI3، NDMI، BI وجود دارد (جدول ۳).

نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیونی نشان می‌دهد در سطح آماری ۹۹ درصد همبستگی معنی‌دار بین EC با

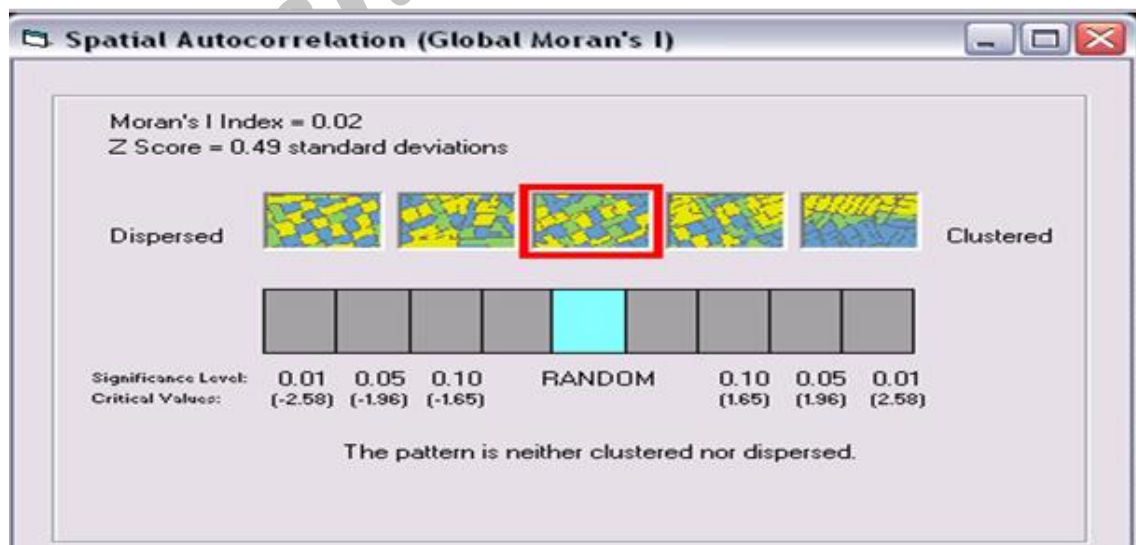
نشان می‌دهد که باقی‌مانده‌ها به صورت کاملاً Moran's I ( $=0/02$ ) تصادفی‌اند. در تأیید محاسبات OLS محاسبات آماره  $Getis\ ord\ Gi^*$  نشان می‌دهد که باقی‌مانده‌ها تقریباً تصادفی‌اند (نقاط قرمز رنگ دارای خطای بیش از انتظار و نقاط آبی خطای کمتر از انتظار است) (شکل ۳). دقت مدل با استفاده از ۸ نقطه (۲۰ درصد نمونه‌ها) ارزیابی شد. نتایج نشان داد که مدل ۱ می‌تواند با ME و RMSE  $2/53\ dSm^{-1}$  و  $0/08$  نهایت، نقشه شوری با طبقه‌بندی (۲-۰، ۲-۴، ۴-۱۶،  $16-32\ dS\ m^{-1}$ ) طبق معادله ۱ ایجاد شد (شکل ۴).

با توجه به نتایج تحلیل عاملی و با در نظر گرفتن مقادیر ویژه<sup>۱</sup> دو دسته شاخص انتخاب شد: دسته اول شاخص‌های SI1، SI2، SI3، NDMI، BI است که ۴۷ درصد تغییرات واریانس را نشان می‌دهد؛ و دسته دوم باندهای اصلی است که ۴۰ درصد واریانس تغییرات را نشان می‌دهد.

نتایج آنالیز OLS نشان داد که مدل اول با ضریب رگرسیونی ( $R^2$ ) برابر با ۰/۶ و مقدار کمتر ضریب بروش-پگان (خطای مدل به صورت ناهمگن و دارای حالت غیر ایستگاهی است) همبستگی قوی‌تری با مدل اول دارد (جدول ۴).  
شکل ۲ شاخص Moran's را برای مدل اول

جدول ۴. مدل‌های رگرسیونی پیش‌بینی شوری با داده‌های طیفی<sup>۱</sup>

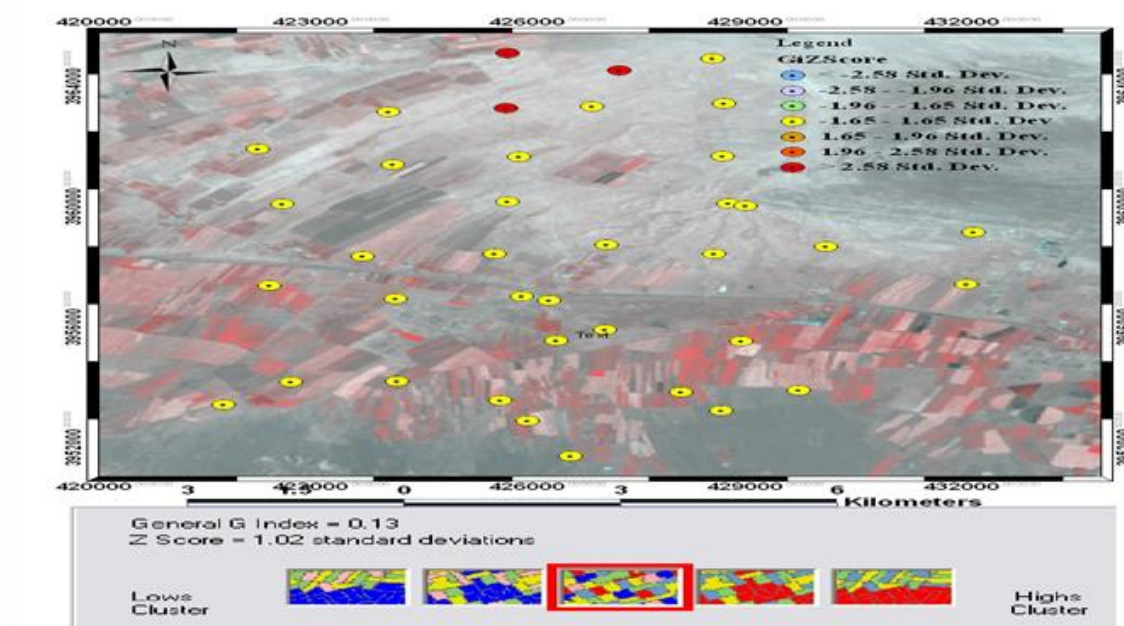
Model	R <sup>2</sup>	AIC	K(Bp)
EC <sub>1</sub> = -12.078 + 60 NDMI - 1.99 BI + 0.62 SI1 + 1.8 SI2 - 0.24 SI3	۰/۶	۱۷۷/۸	۰/۴
EC <sub>2</sub> = 5.39-0.4band1+1.87band2 - 0.04band4-0.18band5 -0.12band6-0.12band7	۰/۵۹	۱۷۸	۱۰/۹



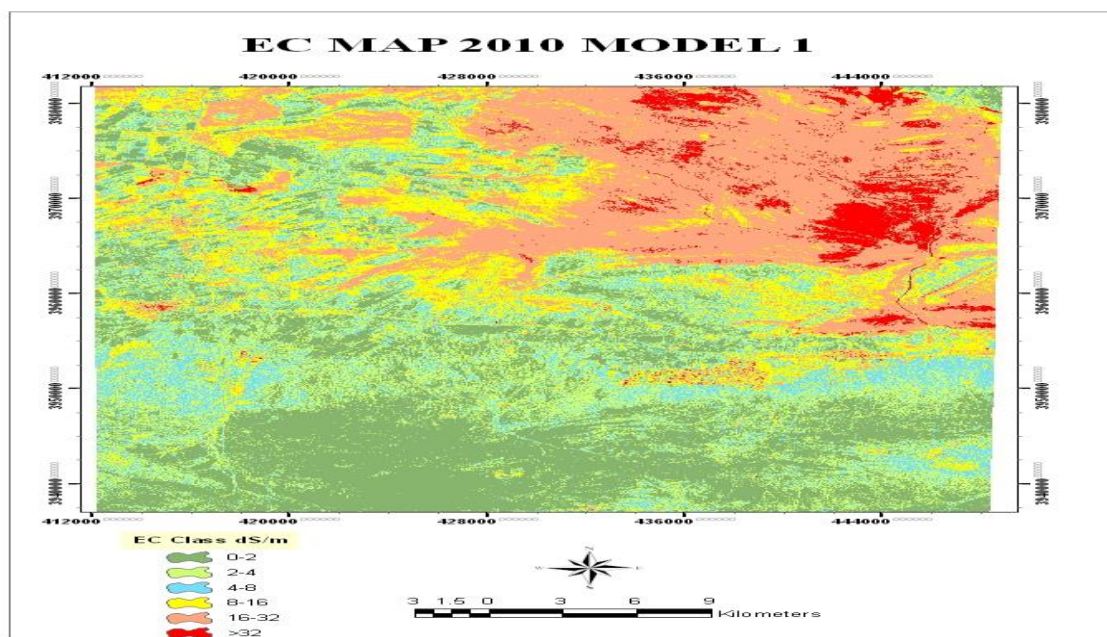
شکل ۲. مقدار شاخص Morans برای معادله ۱

1. eigen value





شکل ۳. توزیع Hotspot در منطقه مطالعاتی



شکل ۴. نقشه نهایی مدل شوری منطقه مطالعاتی

نتایج نشان داد که از داده‌های TM می‌توان برای ایجاد و پایش نقشه‌های شوری استفاده کرد. تفسیر داده‌های TM و GIS ابزار مفیدی برای پیش‌بینی و پایش آثار شوری هستند و می‌توان آن‌ها را به عنوان

### بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که می‌توان از داده‌های TM برای پیش‌بینی شوری خاک استفاده کرد. کاربرد این داده‌ها سریع و نسبتاً ارزان است.



می‌کنند [۱۵]. همچنین، همبستگی بالایی بین شوری و تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد، که در تحقیق حاضر این همبستگی بین شاخص‌های SI1، SI2، SI3، BI، و EC بود.

سیستم‌های هشدار برای بررسی تخریب اراضی به کار گرفت. با ایجاد یک معادله و اعتبارسنجی آن می‌توان شوری را در آینده پیش‌بینی کرد. نتایج نشان داد که داده‌های سنجش از دور، که از سنسورهای مختلف گرفته می‌شوند، نقش مهمی در پیش‌بینی شوری ایفا

Archive of SID

## References

- [1] Abdinam, A. (2004). An investigation on preparing of the soil salinity map using correlation method between imagery and soil salinity data in the Qazvin plain, *Journal of Pazhouhesh and Sazandegi*, 64, 33-38.
- [2] Abdel-Hamid, M.A., Sherestha, D. and Valenzuela, C. (1992). Delineating, Mapping and Monitoring of Soil Salinity in the Northern Nile Delta (Egypt). Using Landsat Data and a Geographic Information System, Egypt, *J. Soil Sci*, 32,(3).
- [3] Alavi Panah, S.K. (2000). Investigation and evaluation of the use of the soil salinity map, *Journal of desert*, 5, 1-15.
- [4] Amini, M. (1999). Geostatistical assessment of soil salinity and alkalinity in selected soils from Rudasht area, M.Sc. thesis of pedology, Isfahan University of technology, College of Agriculture, Department of Soil Science, 119p.
- [5] Brunner, P.H.T.L. and Kinzelbach, W. (2007). Generating soil electrical conductivity maps at regional level by integrating measurements on the ground and remote sensing data, *International Journal of Remote Sensing*, 28(15), 3341-3361.
- [6] Darvishsefat, M., Jafari, M. and Zehtabian, Gh. (1999). Study on feasibility salt affected soil classification by Landsat Imagery, *Journal of desert*, 5(2).
- [7] Dwivedi, R.S. and Rao, B.R.M. (1992). The selection of the best possible Landsat TM band combination for delineating salt-affected soils, *International Journal of Remote Sensing*, 13, 2051-2058.
- [8] Hillel, D. (2000). *Salinity management for sustainable irrigation: integrating science, environment and economics*, The World Bank: Washington., D.C.
- [9] Jafari Gorzin, B. (2002). Study of landsat ETM<sup>+</sup> capability in detecting salt affected lands (a case study in Gorgan Plain), A thesis of presented for M.Sc. Gorgan university of Agriculture and Natural Resource Science, College of Range and Watershed Management, 127p.
- [10] Metternicht, G.I. and Zinck, J.A. (1997). Spatial discrimination of salt- and sodium affected soil surfaces, *International Journal of Remote Sensing*, 18, 2571-2586.
- [11] Noroozi, A.A. (2011). A model for soil salinity prediction integrated multi spatial-temporal satellite imagery with spatial statistic model, Ph.D. thesis. Tarbiat Modares University, 172 pp.
- [12] Postel, S. (1999). *Pillar of Sand: Can the Irrigation Miracle Last?* W.W. Norton and Co., New York, NY.
- [13] Saleh, A. A-H. (2009). Remote sensing of soil salinity in arid areas in Saudi Arabia, *International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS*.
- [14] Tajgardan, T., Ayoubi, SH., Shataii, SH. and Khormali, F. (2009). Mapping soil surface salinity using remote sensing data of ETM<sup>+</sup> (Case study: North of Agh Ghala, Golestan Province), *Water and Soil Conservation Journal*, 16(2).
- [15] Tajgardan, T., Ayoubi, S., Shataee, S. and Sahrawat, K.L. (2010). Soil Surface Salinity Prediction Using ASTER Data: Comparing Statistical and Geostatistical Models, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(3): 457-467.
- [16] Verma, K.S., Saxena, R.K., Barthwal, A.K. and Deshmukh, S.N. (1993). Remote Sensing Technique for Mapping Salt Affected Soils, *Int. J. Remote Sensing*, 15(9).