

## پایش و تحلیل روند افزایش شوری خاک در مخروط افکنه دامغان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و پیمایشی

محمد شریفی کیا<sup>۱</sup> - استادیار سنجش از دور، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران  
عباسعلی افضلی - دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۲۱ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۱۰/۱۹

### چکیده

مخروط افکنه دامغان، واقع در شمال شهرستان دامغان، با توجه به استقرار در ناحیه با اقلیم خشک و همچنین به سبب بهره برداری‌های نادرست از توان‌های محیطی در چند دهه اخیر دچار مخاطره افزایش شوری خاک شده است. در این تحقیق با هدف روندیابی تغییرات زمانی و مکانی افزایش شوری خاک و با استفاده از داده‌های سنجش از دوری و همچنین داده‌های پیمایشی از ویژگی‌های کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی تهیه شده توسط سازمان آب منطقه‌ای شهرستان، مبادرت به تعیین متغیرهای (فاکتورها) تأثیرگذار بر روند افزایش شوری خاک گردیده است. در این راستا ابتدا عامل میزان شوری و روند زمانی افزایش آن از طریق پردازش داده‌های ماهواره‌ای از دو سنجنده ETM+ و TM آشکارسازی و استخراج شد. یافته‌ها روشن ساخت تعداد پیکسل‌های معرف شوری طی بازه زمانی مورد بررسی (۲۰۱۱-۲۰۰۳) به میزان ۵۷/۶ درصد افزایش یافته است. سپس نوع ارتباط پدیده شوری زایی بامتغیرهای پوشش گیاهی، سطح آب‌های زیرزمینی و هدایت الکتریکی آب، مورد ارزیابی و تحلیل (تحلیل شبکه) قرار گرفت. به همین منظور جهت سنجش میزان همبستگی بین شاخص شوری خاک و متغیرهای اثر گذار، هر یک به طور جداگانه مورد تحلیل همبستگی قرار گرفت. در این بین تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی بیشترین میزان همبستگی را با شاخص شوری خاک مشخص نمود. در انتها نیز پهنه‌های متأثر از هر یک از عوامل اثرگذار مورد ارزیابی و تحلیل فضایی قرار گرفته، مشخص گردید که در افزایش فضایی (مساحت) روند افزایشی شوری خاک، عامل سطح آب‌های زیرزمینی، نقش محوری داشته است.

کلیدواژه‌ها: مخروط افکنه دامغان، شوری زایی، سنجش از دور، تحلیل شبکه‌ای، آشکارسازی.

## مقدمه

امروزه شور شدن خاک و دگرگونی زمین به یک معضل و مشکل زیست محیطی برای بسیاری از نواحی جهان (براون<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۳: ۱۹۵۶)، از جمله ایران مبدل گشته است (عبدی‌نام، ۱۳۸۳: ۲). وسعت جهانی خاک‌های درگیر با پدیده افزایش شوری ۷۷ میلیون هکتار تخمین زده می‌شود که از این مقدار ۵۸ درصد آن در بردارنده زمین‌های زراعی آبی است (مترینیچ<sup>۲</sup>، ۱۳۰: ۳۰۰۳؛ اخترعباس<sup>۳</sup>، ۲۰۱۱: ۵). شور شدن خاک یکی از فرایندهای معمول تغییر و دگرگونی خاک (عبدالفتاح<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۹: ۳۴۵) و پدیده مورفولوژیکی آشنا در مناطق کویری و حاشیه کویری است (شایان و همکاران، ۲۰۱۳: ۲). در شرایط اقلیمی با تبخیر و تعرق بیشتر از بارش نمک‌های انحلال‌پذیر در سطح خاک جمع شده و با ایجاد نقصان در حاصلخیزی خاک، محیط و ویژگی‌های خاک را متأثر می‌سازد (عبدالفتاح، ۲۰۰۹: ۳۵۰). از عواملی که منتج به شوری خاک می‌گردد می‌توان تبخیر و تعرق بالا، وضعیت لیتولوژیکی سطحی، آبیاری نادرست اراضی نسبت به اقلیم و کیفیت آب را نام برد (مترینیچ، ۱۹۹۷: ۲۵۷۳). به طور میانگین ۲۰ درصد از زمین‌های دنیا متأثر از پدیده شوری است و سرعت شور شدن زمین‌ها در برخی کشورها مانند ایران، مصر و آرژانتین ۳۰ درصد بیشتر از کشورهای دیگر است (مترینیچ، ۲۰۰۱: ۱۶۴). با توجه به اثرات منفی شور و سدیمی شدن خاک در مناطق خشک و نیمه خشک می‌بایست در قدم اول به شناخت مناسب از روند تغییرات زمانی و مکانی این پدیده دست یافت. انجام چنین پایشی قبل از هرچیز مستلزم به‌کارگیری فن و ابزار خاص برای ثبت تغییرات و آشکارسازی نرخ و دامنه آن است. به منظور پایش شوری خاک بهره‌گیری از ابزار نوین سنجش از دوری اجتناب‌ناپذیر است. ابزارهای دورسنجی در فرم تصاویر ماهواره‌ای و تولید نقشه‌های موضوعی از این تصاویر به کمک فنون سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی از جمله اصلی‌ترین و کارآمدترین ابزارها هم از نظر هزینه و هم سرعت و دقت برای پایش و کنترل این پدیده است (دشتکیان، ۱۳۸۷: ۱۵۸؛ دایم پناه و همکاران، ۱۳۹۰: ۵۰۸). این ابزارها در دهه‌های گذشته به طور فراگیر مورد استفاده و توجه محققین در سطوح جهانی و حتی ملی قرار گرفته، که از جمله کارهای افرادی چون: (مترینیچ، ۲۰۰۱: ۱۶۴؛ موگنت<sup>۵</sup> و همکاران، ۱۹۹۳: ۲۴۴؛ مترینیچ و ژینک<sup>۶</sup>، ۱۹۹۶: ۱۲۸؛ ورما<sup>۷</sup> و همکاران، ۱۹۹۴: ۱۹۰۶؛ کیلیج<sup>۸</sup> و

- 
- 1 Brown
  - 2 Metternicht
  - 3 Akhtar Abbas
  - 4 Abdelfattah
  - 5 Mougnot
  - 6 Zinck
  - 7 Verma
  - 8 Csillag

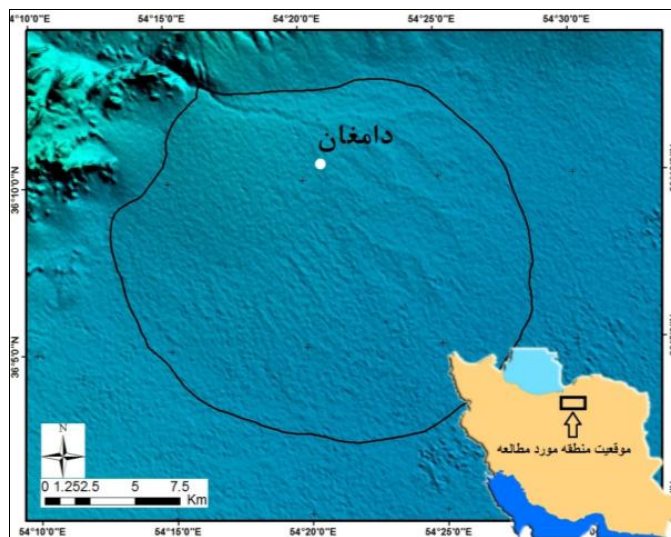
همکاران، ۱۹۹۳: ۲۳۵؛ رائو<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۱: ۴۲۲؛ اپما<sup>۲</sup>، ۱۹۹۰: ۳۶؛ اوریت<sup>۳</sup> و همکاران، ۱۹۸۸: ۱۲۸۵؛ مولدرز<sup>۴</sup>، ۱۹۸۷؛ می توان اشاره کرد.

دسترسی به داده های مناسب از جمله اصلی ترین چالش های انجام مطالعات پایش پدیده شوری خاک در فرم به کارگیری فنون دورسنجی محسوب می شود. محدودیت در دسترسی به داده با دقت طیفی؛ فضایی و زمانی مناسب در اغلب موارد، پژوهشگران را محدود و مجبور به استفاده از داده های باکیفیت های نسبتاً اندک از ترکیب این سه مشخصه ضروری ساخته است. در این میان داده های ماهواره لندست حاصل از دو سنجنده ETM+ و TM در کنار داده های سنجنده ASTER به سبب دسترسی آسان، بیشتر مورد استفاده قرار گرفته اند (اخترعباس، ۲۰۱۱: ۳؛ بوعزیز<sup>۵</sup>، ۲۰۱۱: ۲۴۳؛ عبدالفتاح و همکاران، ۲۰۰۹: ۳۴۵؛ عبدالقادر<sup>۶</sup>، ۲۰۰۶: ۲۱۸؛ فرناندز<sup>۷</sup>، ۲۰۰۶: ۶۴۶؛ ۶۴۶؛ مترنیچ<sup>۸</sup>، ۲۰۰۳: ۸۵). در منطقه خاورمیانه و ایران، موضوع شوری خاک و استخراج و پایش آن از طریق تصاویر لندست مورد توجه عده زیادی از محققین قرار گرفته است (تاج گردان و همکاران، ۱۳۸۷: ۳؛ عبدی نام، ۱۳۸۳؛ مترنیچ، ۲۰۰۱: ۱۶۱؛ عبدالفتاح و همکاران، ۲۰۰۹: ۳۴۴). موضوع پایش و استخراج شوری خاک از طریق تصاویر سنجش از دوری مربوط به سنجنده های مستقر بر سکوی لندست و الگوریتم ترکیب بانندی آن در سطح منطقه خاورمیانه و خلیج فارس از جمله ایران مورد توجه تعدادی از محققین قرار گرفته است. در این تحقیقات به کمک ترکیب باندهای مرئی و مادون قرمز انعکاسی این سنجنده ها اقدام به استخراج عامل شوری و سپس مدل سازی آن در محیط نرم افزار GIS شده است (ثنایی نژاد، ۲۰۰۹: ۵۲۰؛ عبدالفتاح، ۲۰۰۹: ۳۴۹). در این مقاله جهت تعیین شاخص تغییرات زمانی و مکانی شوری خاک علاوه بر توجه به موضوع آشکار سازی دامنه و تعیین شاخص شوری خاک از طریق تصاویر ماهواره ای به موضوع مهم و موثر مطالعه و بررسی تمامی متغیرهای تأثیر گذار در روند افزایش شوری خاک، مانند شاخص تغییرات پوشش گیاهی، تغییرات سطح آب های زیرزمینی، نوسان در میزان هدایت الکتریکی آب های زیرزمینی؛ همچنین تحلیل و درون یابی همبستگی و واکنش این عوامل در افزایش شوری خاک توجه شده است.

- 
- 1 Rao
  - 2 Epema
  - 3 Everitt
  - 4 Mulders
  - 5 Bouaziz
  - 6 Abd El Kader
  - 7 Fernandez
  - 8 Metternicht

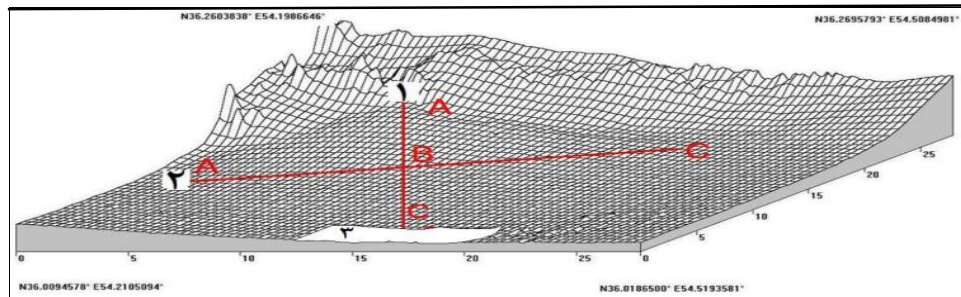
## منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه مشتمل بر واحد مرفولوژیکی دشت و مخروطه‌افکنه دامغان است؛ که در این تحقیق اصطلاحاً «مخروطه‌افکنه دامغان» نامیده می‌شود. این محدوده در شمال استان سمنان، همچنین در شمال شهرستان دامغان و در عرض شمالی  $36^{\circ}$  درجه تا  $36^{\circ}$  درجه و  $15$  دقیقه و طول شرقی  $54^{\circ}$  درجه و  $10$  دقیقه تا  $54^{\circ}$  درجه و  $31$  دقیقه قرار گرفته است (شکل ۱). مخروط افکنه دامغان در جنوب چین خوردگی‌های البرز مرکزی واقع شده است. این مخروط‌افکنه بر اثر فعالیت‌های فرسایشی و رسوب‌گذاری رودخانه دامغان رود شکل گرفته که دارای جهت نسبتاً شمالی - جنوبی است. مساحت تقریبی این مخروط‌افکنه مستخرج از تصاویر مورد استفاده حدود  $376$  کیلومتر مربع می‌باشد که از پایکوه‌های جنوبی البرز تا کویر حاج علی قلی در جنوب کشیده شده است (شکل ۱). شیب عمومی این مخروط‌افکنه  $1/1$  درصد می‌باشد که مبتنی بر ویژگی‌های خاص هر مخروط افکنه بر اساس مقطع شمالی - جنوبی، از نقطه شمالی آن تا مرکز  $1/4$  درصد و از مرکز تا نقطه جنوبی  $0/7$  درصد است (شکل ۳- الف).

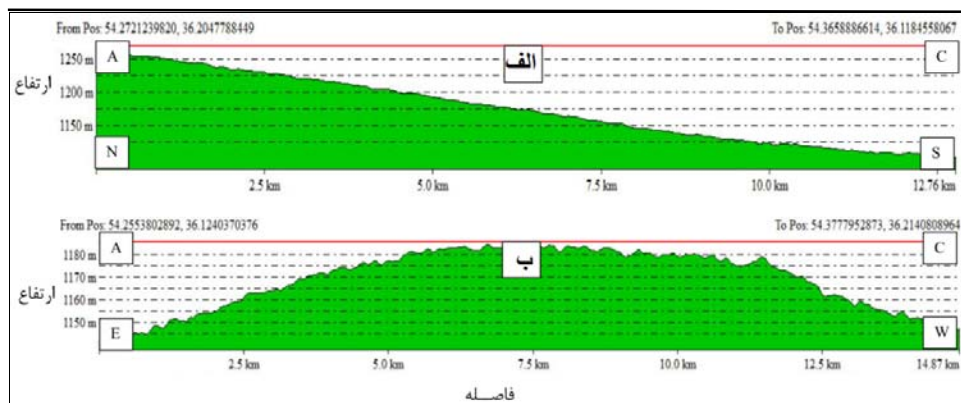


شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه

به لحاظ لیتولوژیکی محدوده مورد مطالعه را عموماً رسوبات کواترنری درشت تا ریزدانه و از نظر ژئومورفولوژی شامل مخروط‌افکنه‌های قدیمی، مخروط‌افکنه‌های جوان و سطوح فعال مخروط‌افکنه‌ای است. بیشترین وسعت محدوده (۵۸ درصد) به واسطه رسوبات آبرفتی مخروط‌افکنه‌های قدیمی پوشانده شده است؛ در حالی که جوان‌ترین رسوبات در این محدوده مربوط به دشت و کفه نمکی (در قسمت جنوب‌شرقی) و مخروط‌های شنی و ماسه‌ای پای دامنه ارتفاعات شمالی است.



شکل ۲ وضعیت توپوگرافی مخروط افکنه دامغان؛ ۱: موقعیت مقاطع ، ۲: کویر حاج علی قلی



شکل ۳ نیم‌رخ‌های توپوگرافی؛ الف) مقطع شماره ۱، ب) مقطع شماره ۲

### مواد و روش‌ها

در راستای انجام این تحقیق مجموعه‌ای از داده‌های سنجش از دوری به همراه داده‌های پیمایشی و داده‌های اسنادی به شرح ذیل مورد استفاده قرار گرفته است:

الف) تصاویر ماهواره لندست سنجنده ETM+ از گذر ۱۶۳ و سطر ۳۵ در تاریخ ۱۶ تیرماه ۱۳۸۲ (۲۰۰۳/۷/۲۰) و سنجنده TM در تاریخ ۱۸ تیرماه ۱۳۹۰ (۲۰۱۱/۷/۱۸).

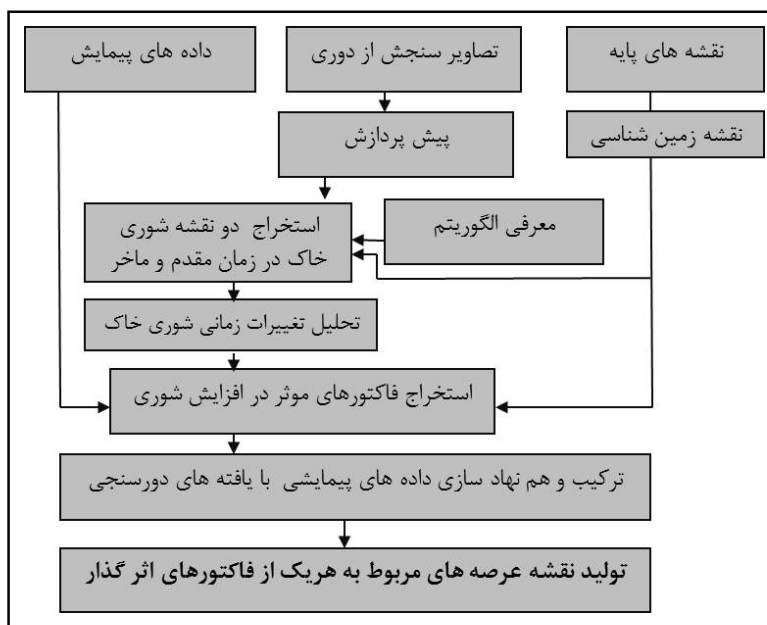
ب) داده‌های پیمایشی هم‌زمان با داده‌های سنجش از دوری مشتمل بر اطلاعات برداشت شده از چاه‌های بهره برداری و مشاهده‌ای طی سال‌های ۸۹-۱۳۸۲ متعلق به سازمان آب منطقه‌ای.

ج) داده‌های لیتولوژیکی مستخرج از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی با عنوان دامغان.

د) مدل رقومی ارتفاعی بهینه شده از داده‌های SRTM.

روش تحقیق در این پژوهش از نوع تاریخی، مقایسه‌ای و تحلیلی است. به همین منظور با پردازش اولیه داده‌های سنجش از دوری و داده‌های پیمایشی، مبادرت به تهیه پایگاه داده‌ای زمین آماری در محیط GIS شد. سپس

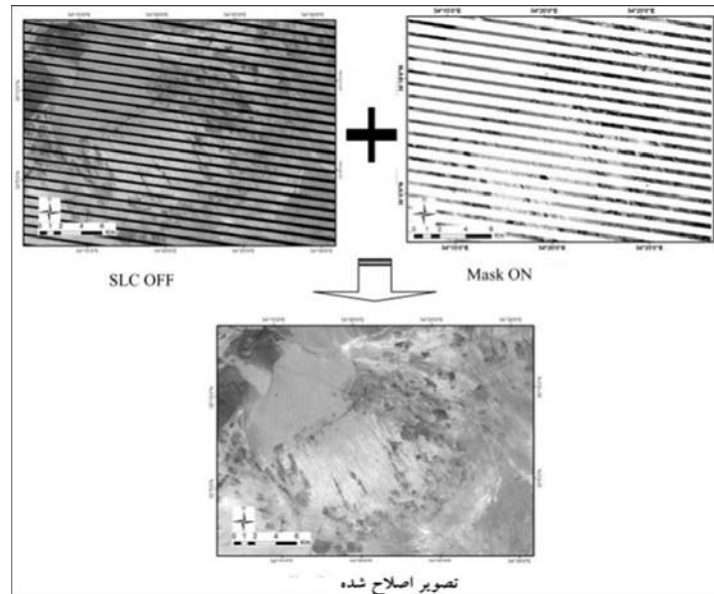
جهت استخراج عوامل موثر در افزایش شوری و تبیین میزان همبستگی آن در ارتباط با عواملی همانند تغییرات سطح زیر کشت (مستخرج از شاخص نرمال شده پوشش گیاهی<sup>۱</sup>)، نوسان هدایت الکتریکی آب چاه‌ها، افت سطح و تراز آبی چاه‌ها، اقدام به استخراج و تولید نقشه‌های هم‌شوری از طریق تصاویر دو زمانه سنجنش از دوری با به‌کارگیری الگوی ترکیبی و مدل‌های ریاضی تلفیقی بین باندها گردید (شکل ۷). یافته‌های این مرحله به کمک داده‌های پیمایشی مورد صحت‌سنجی و تبیین و تحلیل علی افزایش شوری قرار گرفت. تحلیل آماری به منظور تعیین مقادیر همبستگی مابین هریک از عوامل یا متغیرهای مستقل افزایش شوری در ارتباط با فاکتور یا متغیر وابسته مستخرج از تصاویر در فرم شبکه مربعی با ابعاد ۵۰۰ متر (شکل ۸) مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت نقشه عرصه‌های در معرض افزایش شوری متأثر از هریک از عوامل افزایشی تولید و ارائه شد (شکل ۴).



شکل ۴ نمودار مفهومی روش تحقیق

در این تحقیق به سبب محدود بودن داده‌های پیمایشی فراهم شده توسط سازمان آب منطقه‌ای در بازه زمانی تیرماه ۱۳۸۲ تا تیرماه ۱۳۸۹ تلاش گردید داده‌های سنجنش از دوری نیز در همین محدوده زمانی تهیه گردد. بدین منظور دو سری داده قابل دسترس در سایت USGS از دو سنجنده ETM+ و TM به شرح تاریخ‌های ذکر شده تهیه گردید. به جهت محدودیت دسترسی به داده از سنجنده TM؛ داده مقدم از سنجنده ETM+ انتخاب گردید. داده‌های تهیه شده به منظور انجام تصحیحات رادیومتریک مورد پردازش اولیه قرار گرفت. به منظور انجام تصحیحات رادیومتریک پس از اعمال فیلتر برای کاهش نویز و یکسان‌سازی داده اقدام به تصحیح جا افتادگی

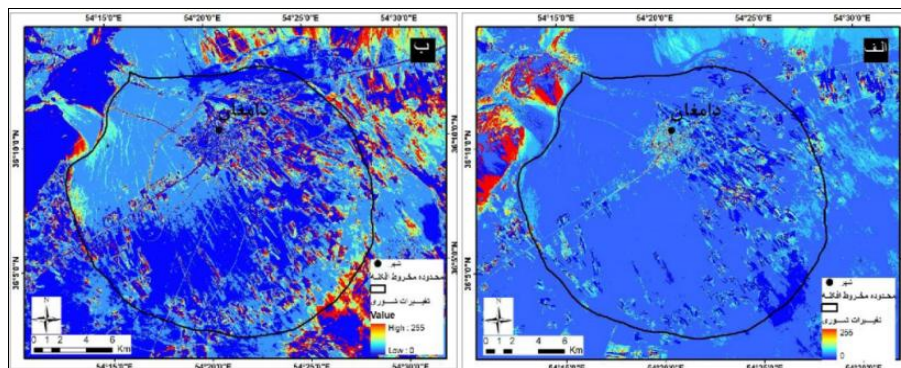
داده در تصاویر سنجنده ETM+ به سبب از کارافتادگی SLC شد. این مهم با استفاده از ماسک داده جا افتاده و جایگزین کردن آن با داده موجود در زمان ماقبل، در محیط نرم افزار ENVI و با استفاده از ماژول Landsat Gap Fill رفع گردید (شکل ۵).



شکل ۵ تصحیح تصویر SLC OFF با استفاده از ماسک تصویر ماقبل

#### پردازش تصاویر و استخراج پیکسل‌های معرف شوری

بر اساس یافته‌های محقق قبلی (الخیبر<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳: ۴۳) ارقام بازتابندگی ثبت شده در طول موج‌های مادون قرمز میانی در دو مقطع طولی ۱.۵ تا ۱.۷ و ۲.۱ تا ۲.۸ میکرون که در برگیرنده باندهای ۵ و ۷ ماهواره لندست هستند؛ ترکیب مناسبی برای آشکارسازی پیکسل‌های معرف شوری خاک در اراضی بدون کشت می‌باشد که با اعمال عملیات جبری بر روی این دو باند  $(B5-B7)/(B5+B7)$  می‌توان شاخص شوری خاک را استخراج نمود. بر این اساس در این تحقیق عملیات جبری فوق بر روی تصاویر دو زمانه مورد استفاده، با هدف استخراج و آشکارسازی پیکسل‌های معرف شوری اعمال گردید. مبتنی بر اعمال این عملیات دو نقشه سلولی معرف عرصه‌های واجد پیکسل معرف شوری در سال پایه (۲۰۰۳) و سال هدف (۲۰۱۱) فراهم آمد (شکل ۶؛ الف و ب). در مرحله بعد برای تبیین روند تغییرات عامل شوری، ارقام معرف شاخص شوری در تصویر مقدم از ارقام مشابه آن در تصویر مؤخر تفریق شد (شکل ۷).



شکل ۶ شاخص شوری خاک در مخروط افکنه دامغان الف) سال ۲۰۰۳؛ ب) سال ۲۰۱۱

در این تحقیق به منظور تعیین میزان اثرگذاری هریک از عوامل ذکر شده در افزایش شوری خاک، همبستگی مابین هر یک از این عوامل با شاخص شوری خاک مستخرج از تصاویر؛ به طور جداگانه مورد تحلیل قرار گرفت (جدول ۱). عوامل اثر گذار مورد بررسی عبارتند از:

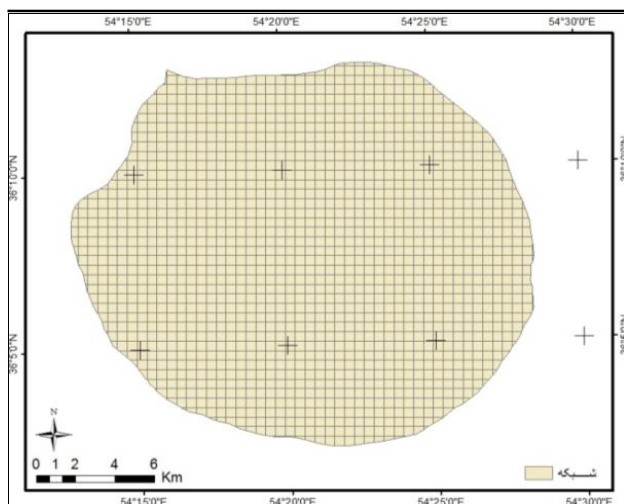
الف) تغییرپذیری میزان پوشش گیاهی و ارتباط سنجی آن با فرایند افزایش شوری خاک (بدین منظور از شاخص نرمال شده پوشش گیاهی بر روی دو تصویر مقدم و مؤخر استفاده شد)؛

ب) تغییر پذیری زمانی و تراز سنجی سطح آب زیرزمینی به کمک تحلیل داده‌های چاه‌های مشاهده‌ای؛

ج) تغییر سنجی هدایت الکتریکی آب‌های زیر زمینی و کیفیت سنجی آن.

با هدف افزایش دقت در میزان میانگین‌های مربوط به هر فاکتور با استفاده از تحلیل شبکه‌ای در محیط

نرم‌افزاری، محدوده مورد مطالعه به پهنه مشبک برداری با ۱۶۸۳ سلول ۵۰۰ متر تقسیم شد (شکل ۷).



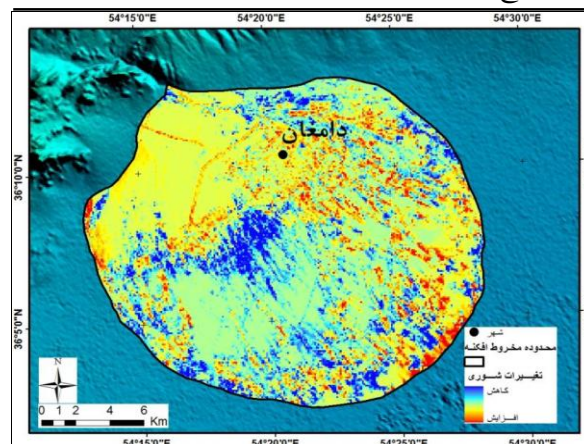
شکل ۷ شبکه‌بندی منطقه مورد مطالعه



سپس به منظور فراهم‌آوری زمینه تحلیل مکانی همبستگی شاخص شوری با هریک از عوامل موثر، اقدام به سطح‌سازی از داده و ارقام نقطه‌ای در محیط نرم‌افزاری گردید. بدین منظور به کمک ابزار درون‌یابی معکوس وزنی فاصله‌مستقر بر پلات فرم Arc GIS، داده‌های نقطه‌ای حاصل از پیمایش میدانی مربوط به عوامل هدایت الکتریکی و تغییرات سطح و تراز آب‌های زیرزمینی به همراه شاخص نرمال شده پوشش گیاهی تبدیل به سطح و نقشه سلولی شد. سپس نقشه‌های سلولی با شبکه برداری تهیه شده هم نهاد شدند. از آنجا که اندازه سلول در نقشه‌های مربوط به عوامل اثرگذار به مراتب کوچک‌تر از اندازه شبکه برداری است، ارقام مجموع سلول‌های واقع در یک سلول برداری با استفاده از تابع Zonal Statistics میانگین‌گیری شده، به عنوان رقم معرف سلول برداری ثبت گردید. در مرحله بعد به منظور تبیین میزان همبستگی تغییرات شاخص شوری مستخرج از تصاویر در محیط نرم‌افزار IDRISI Andes، با عوامل اثرگذار، به طور مجزا مورد آزمون همبستگی قرار گرفته و ضرایب همبستگی استخراج گردید (جدول شماره ۲).

### بحث و نتایج

یافته‌های حاصل از تحلیل رستری روند تغییرات شوری نشان می‌دهد که تعداد پیکسل‌های معرف افزایش شوری طی بازه زمانی تحقیق به میزان ۵۷/۶ درصد افزایش داشته که این میزان معادل ۲۱۱ کیلومتر مربع از کل مساحت منطقه را دربرمی‌گیرد (شکل شماره ۷ و جدول شماره ۱). همچنین مشخص گردید ۱۹ درصد از پیکسل‌ها طی این دوره بدون تغییر بوده که این میزان مساحتی بالغ بر ۷۰ کیلومتر مربع از منطقه را شامل می‌گردد. ۲۳ درصد پیکسل‌های معرف شوری نیز در تصویر مقدم به پیکسل‌های غیر معرف شوری در تصویر مؤخر (شوری‌زدایی) با مساحتی به میزان ۸۴ کیلومتر مربع تبدیل شده است (جدول ۱).



شکل ۷ آشکار سازی تغییرات شوری خاک در دوره زمانی ۸ ساله

جدول ۱ مساحت و درصد طبقات تغییرات شوری در بازه زمانی ۲۰۰۳-۲۰۱۱

طبقات تغییرات شوری	مساحت / Km <sup>2</sup>	درصد تجمعی
افزایشی	۲۱۱/۵	۵۸
ثابت	۷۰/۹۵	۱۹
کاهشی	۸۴/۵۹	۲۳
جمع	۳۶۷	۱۰۰

همچنین با توجه به شرایط مورفولوژیکی منطقه و تفاوت بخش‌های مختلف مخروط‌افکنه از نظر عواملی چون میزان سطوح زیر کشت، سطح آب‌های زیرزمینی و میزان هدایت الکتریکی (ناظر به دوری و نزدیکی به حوضه‌ی انتهایی حاج علی قلی)، در بررسی علل افزایش شوری در منطقه، به عوامل سه‌گانه مذکور استناد شده و با انجام تحلیل شبکه‌ای، نقش وزنی هریک از عوامل تأثیرگذار از طریق تبیین میزان همبستگی آن مشخص گردید (جدول ۲).

جدول ۲ ضرایب همبستگی عوامل تأثیرگذار در افزایش شوری خاک

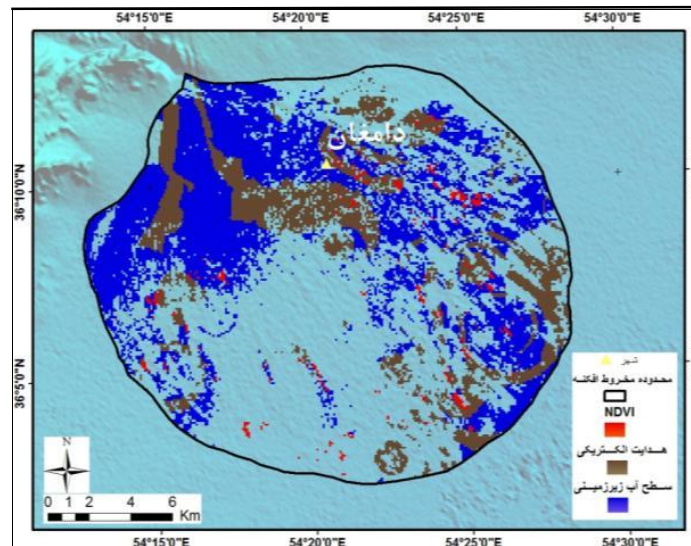
عوامل (متغیرها)	ضرایب همبستگی
سطح آب زیر زمینی	۰/۱۸
شاخص پوشش گیاهی	۰/۱۷
هدایت الکتریکی	۰/۱۰

مبتنی بر ویژگی‌های فیزیوگرافیک و ژئوهیدرولوژیک مخروط‌افکنه دامغان و بر اساس نتایج حاصل از تحلیل داده‌های دورسنجی و پیمایشی؛ با روی هم‌گذاری پهنه‌های درگیر با شاخص تغییرات شوری برپهنه‌های متأثر از هریک از عوامل اثرگذار (شکل ۹) بیشترین هم‌پوشانی به میزان ۱۵۰ کیلومتر مربع را با مقادیر تغییرات سطح آب زیرزمینی نشان می‌دهند که عمدتاً در بخش‌های شمالی و شرقی منطقه قابل مشاهده است. افت تراز آبی گرچه پدیده آشنایی برای این ناحیه به شمار می‌رود، لیکن تأثیرگذاری آن در زایش سایر فرایندهای طبیعی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. یافته‌های این تحقیق مؤید این است که هرگونه تغییر کاهنده در تراز آبی در منابع تخلیه‌کننده آب زیرزمینی می‌تواند پیامد زیان‌باری همانند افزایش املاح و شوری خاک متأثر از عوامل همانند تعدیل کنند کیفیت آب در اعماق فراهم آورد. این مهم در محدوده مورد مطالعه در سطح قریب به ۱۵۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی (۱۴۹۷ کیلومتر مربع) با گستره فضایی شمال و شمال شرقی اثرگذار بوده است. عامل هدایت الکتریکی نیز در بخش‌های شمالی و مرکزی و

شرقی نیز در شاخص شوری خاک اثرگذار بوده است. افزایش بهره برداری از منابع آب زیرزمینی و کاهش کیفیت آب از سطح به عمق منجر به افزایش املاح و افزایش مقادیر هدایت الکتریکی آب شده است. آبیاری با منابع آبی واجد املاح مضاف، شرایط مناسبی برای افزایش شوری خاک در محدوده فراهم آورده است. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد این عامل در سطح ۵۵۰۰ هکتار از اراضی بخش‌های ذکر شده عاملیت فزاینده‌گی برای شوری خاک داشته است. تبیین تغییرات سطوح گیاهی از طریق تحلیل و استخراج شاخص نرمال شده پوشش گیاهی در محدوده مورد بررسی مؤید تغییر پذیری بسیار اندک و برخوردار از الگوی فضایی پراکنده و غیر نظام یافته است. ثبات در نوع کشت (عمدتاً باغات) و همچنین ثبات در سطوح آن به سبب محدودیت منابع آبی امکان تغییر در شرایط شوری خاک متأثر از این عامل را فراهم نیاورده است؛ به طوری که برابر یافته‌های تحقیق این عامل تنها توانسته است در سطح ۵۰۰ هکتار از اراضی اثرگذار ظاهر شود (جدول ۳ و شکل شماره ۹).

جدول ۳ پهنه‌های شور متأثر از عوامل اثرگذار

مساحت / Km <sup>2</sup>	عوامل اثر گذار
۱۴۹/۷۶	سطح آب زیرزمینی
۵۵/۶۱	هدایت الکتریکی
۴/۵	شاخص NDVI
۲۱۰	جمع



شکل ۹ الگوی فضایی تأثیرگذاری عوامل موثر بر تغییرات زمانی شوری خاک

## نتیجه گیری

مخروط افکنه دامغان با توجه به استقرار در ناحیه اقلیمی خشک و همچنین به سبب بهره برداری‌های نادرست از توان‌های محیطی در چند دهه اخیر دچار مخاطره افزایش شوری خاک شده است. با توجه به نتایج به دست آمده از تحلیل داده‌های سنجش از دوری در بازه زمانی ۸ ساله (۲۰۱۱-۲۰۰۳)؛ منطقه مورد مطالعه با افزایش معادل ۵۷ درصد در شاخص شوری خاک مواجه بوده است. به بیان دیگر در بیش از ۲۱۱ کیلومترمربع از مساحت ۳۶۷ کیلومترمربعی محدوده مورد مطالعه شوری خاک روند افزایشی داشته است. متأسفانه این افزایش متأثر از روند طبیعی عناصر محیطی حاکم نبوده و دخالت‌های انسانی در آن نقش محوری را داشته است. مبنی بر تحلیل همبستگی مکانی بین شاخص تغییرات شوری خاک و عوامل تأثیرگذار (تغییرات سطح آب زیرزمینی؛ شاخص نرمال شده پوشش گیاهی و عامل هدایت الکتریکی) روشن گردید که محور روند افزایشی شوری خاک متوجه موضوع بهره برداری غیراصولی از منابع آب زیر زمینی است. استخراج همبستگی مثبت بین افزایش شوری خاک و کاهش تراز آبی (منابع آب زیرزمینی) در این تحقیق گواه و مبین تخلیه منابع آب بیش از ظرفیت ترمیمی و برداشت از منابع عمقی و کم کیفیت است. همبستگی مثبت بین افزایش هدایت الکتریکی آب و افزایش شوری خاک نیز تأیید و تأکیدی بر این تحلیل است. تشدید در بهره برداری از منابع آب زیرزمینی در این ناحیه علاوه بر تأثیرگذاری در عوامل کیفی آب (افزایش هدایت الکتریکی) و تأثیرگذاری بر روند فزاینده شوری خاک، مسأله تعدیل توان ایستایی دشت و رخداد پدیده فرونشست را در آینده نزدیکی به دنبال خواهد داشت. همچنین این تحقیق روشن ساخت که تغییر در سطح زیرکشت هرچند می‌تواند به عنوان عاملی در افزایش شوری خاک تعریف شود؛ لیکن در سطح ناحیه مورد مطالعه این متغیر بسیار کم اثر ظاهر شده است. پایداربودن الگوی کشت (عمدتاً باغات پسته)، ثابت بودن مدار آبیاری و سازگاری گیاهان با شرایط خاک از جمله عوامل تأثیرگذار در تعدیل اثرات این متغیر به شمار می‌رود؛ امری که تداوم آن می‌تواند حداقل تسریع‌کننده شرایط فرایند شوری خاک به حساب نیامده و در مقایسه با سایر شرایط حالت تعدیلی داشته باشد. حاکمیت شرایط فوق در منابع ارضی ارزشمند ناحیه و شیب تند در فزاینده‌گی شوری خاک (افزایش سالانه ۷.۲ درصدی) از یک سو و وابستگی حیات غالب جمعیت ساکن به این منبع ارضی از سوی دیگر؛ شرایط ناپایدار و تهدیدآمیزی از دسترسی به این منبع حیاتی در آتی را پیش روی قراردادده است. شرایطی که به سبب برخورداری از توان مخاطره آفرینی در الگوی زیست ناحیه می‌تواند از آن به زایش یک مخاطره طبیعی در منطقه تعبیر نمود.

## تشکر و قدردانی

نویسنده گان از اقدامات و مساعدت‌های اداره منابع آب شهرستان دامغان در خصوص تهیه داده‌های کمی و کیفی چاه‌های بهره برداری و همچنین چاه‌های مشاهده‌ای دشت دامغان تشکر می‌نمایند.

## References

- Abd El Kader Douaoui a, Hervé Nicolas b, Christian Walter., 2006. Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote-sensing data. *Geoderma* 134, 217–230.
- Abdelfattah, Mahmoud., Shabbir A. Shahid., R. Othman, Yasser., 2009. Soil salinity mapping model developed using RS and GIS .A Case Study from AbuDhabi , United Arab Emirate .*European Journal of Scientific Research* 3, 343-351.
- Abdinam, Ali.,2005. Study of soil salinity map preparing with correlation between satellite and soil salinity value in Qazvin Plain., *journal of Assessing and construction* 64, 33-38.
- Ahmed Eldeiry, Luis A. Garcia., 2009. Comparison of Regression kriging and cokriging Techniques to Estimate Soil Salinity Using Landsat Images, *Hydrology Days*, 27-38.
- Alkheire ,Fuoad., 2003. Soilsalinity detection using satellite remote sensing , International institute for geo-information science and earth observation ensched , Netherland.
- Akhtar Abbas, Shahbaz Khan, Nisar Hussain, Munir A. Hanjra, Saud Akbar., 2011. Characterizing soil salinity in irrigated agriculture using a remote sensing approach, *Physics and Chemistry of the Earth*, pp1-10.
- Brown j.w. and Hayward., 1956.salt tolerance of alfalfa varieties. *agron .j.*,48:12-20
- Chen ,W. Z . Hou Laosheng Wu , Y. Liang , Changzhou Wei., 2010. Evaluating salinity distribution in soil irrigated with saline water in arid regions of northwest China,*Agricultural Water Management* 97, 2001-2008
- Csillag, F., Pasztor, L., Biehl, L., 1993. Spectral band selection for the characterization of salinity status of soils. *Remote Sensing Environment* 43, 231–242.
- Daaempanah, Razieh., haghnia, ghalamhosein., Alizadeh, Amin., Karimi, Karooyeh. Alireza.,2012, Analysis of surface soil Salinity and sodic map with Rs and geostatistical methods in southern Mahvalat, soil and water publication 3, 498-508.
- Dashtakian, Kazem., Pakparvar, Mojtaba, Abdollah Javad., 2009. Assessing of soil salinity map preparing methods by Landsat satlite data in Moroost region , *Scientific publication in desert and grassland* 15, (2), 139-157.
- Douaoui, A.E.K., Nicolas, H., Walter, C., 2006. Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote-sensing data. *Geoderma* 134 (1–2), 217–230.
- Epema, G., 1990. Diurnal trends in reflectance of bare soil surfaces in southern Tunisia. *Geocarto International* 4, 33–39.
- Everitt, J., Escobar, D., Gerbermann, A., Alaniz, M., 1988. Detecting saline soils with video imagery.*Photogrammet- ric Engineering and Remote Sensing* 54, 1283–1287.
- Ferna´ndez-Buces , C. Siebe, S. Cram, 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 Environments* 65, 644–667.
- Melissa Haw, Chris Cocklin, David Mercer., 2000. A pinch of salt: landowner perception and adjustment to the salinity hazard in Victoria, Australia.*Journal of Rural Studies* 16, 155-169.
- Metternicht, G., Zinck, J., 1996. Modelling salinity–alkalinity clases for mapping salt-affected topsoils in the semiarid valleys of Cochabamba (Bolivia).*ITC Journal* 2, 125–135.
- Metternicht, G.I, Zinck J.A.,2003,Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints,*Remote Sensing of Environment* 85, 1–20.
- Metternicht, G.I., Zinck, J.A., 1997. Spatial discrimination of salt- and sodium-affected soil surfaces. *International Journal of Remote Sensing* 18, 2571–2586.
- Metternicht,G., 2001. Assessing temporal and spatial changes of salinity using fuzzy logic, remote sensing and GIS. *Foundations of an expert system , Ecological Modelling* 144, 163–179.

- Moncef Bouaziz, JoërgMatschullat, Richard Gloaguen. , 2011. Gloaguen Improved remote sensing detection of soil salinity a semi-arid climate in Northeast Brazil, *ComptesRendus Geoscience*, C. R. Geoscience 343, 795-803.
- Mougenot, B., Pouget, M., Epema, G., 1993. Remote sensing of salt-affected soils. *Remote Sensing Reviews* 7, 241–259.
- Mulders, M., 1987. *Remote Sensing in Soil Science. Develop- ment in Soil Science.* Elsevier, Amsterdam.
- NASA's Landsat Education and Public Outreach team., 2006. *How Landsat Images are Made.*
- Rao, B., Dwivedi, R., Venkataratnam, L., Ravishankar, T., Tammappa, S., Bhargawa, G., Singh, A., 1991. Mapping the magnitude of sodicity in part of the Indo-Gangetic plains of Uttar Pradesh, Northern India using Landsat TM data. *International Journal of Remote Sensing* 12, 419–425.
- Sanaeinejad, S. H.; A. Astaraei., P. Mirhoseini.Mousavi and M. Ghaemi., 2009. Selection of Best Band Combination for SoilSalinity Studies using ETM+ Satellite Images(A Case study: Nyshaboor Region,Iran).*World Academy of Science, Engineering and Technology* 54, 519-521
- Shayan, siavosh., sharifikia, Mohammad., Zareh, Gholamreza., 2012.Spatial analysis and salinity morphologic hazard in Garmsar alluvial fan , *Journal of arid region geographical studies* 5, 47-58.
- Taktom, Tajgardan., Ayoobi, Shamsollah., Shetaee, Shaaban., khormali, Farhad., 2009. Preparing soil salinity map with Rsddata ;ETM+( North of agh\_ghala, Golestan Province), *Soil and water conservation analysis* 16, (10) , 1-7.
- Verma, K., Saxena, A., Barthwal, A., Deshmukh, S., 1994. Remote sensing technique for mapping salt affected soils. *International Journal of Remote Sensing* 15, 1901–1914.
- Zinck ,J.A., 1997. Monitoring soil salinity from remote sensing data.1<sup>st</sup> Workshop EARSeL special interest group on Remote sensing for developing countries. 1, 359-368.