

# بررسی روند تغییرات شوری خاک با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در ناحیه گرم و خشک جنوب شرقی شهرستان سبزوار

دکتر مجتبی یمانی  
دانشیار جغرافیا دانشگاه تهران  
زهرا داورزنی  
کارشناس ارشد جغرافیا دانشگاه تهران

ابوالقاسم دادرسی  
مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان  
مجتبی پاک پرور  
مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

## چکیده

تخریب اراضی در راستای از بین بردن پوشش گیاهی طبیعی که بنا به تعریف جامعه جهانی به بیابان‌زایی اطلاق می‌شود، یکی از معضلات مورد توجه همگان است و شورشدگی خاک یکی از عوامل مهم بیابانی شدن محسوب می‌شود. در این تحقیق با هدف بررسی روند تغییرات شوری خاک، در مساحتی حدود ۴۱۰ هزار هکتار از اراضی شهرستان سبزوار، داده‌های رقومی ماهواره لندست TM مربوط به دو سری زمانی 20APR-1987 و 3MAY-2001، بعد از اصلاح هندسی به عنوان ابزار اصلی تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. برای این منظور، از میان تعداد فراوانی از تلفیق باندها، تشکیل ایندکس‌ها و تجزیه‌ی عوامل اصلی انجام گرفته در این بررسی، ترکیب باندی (FCC 521) به عنوان بهترین ترکیب سه باندی به عنوان تکنیک کار تحقیق، انتخاب شده است. سپس با استفاده از نتایج آزمایشگاهی نمونه‌های خاک برداشت شده از سطح منطقه، و با به‌کارگیری روش طبقه‌بندی نظارت شده با حداکثر احتمال، نقشه شوری در هر دو زمان فوق برای منطقه تهیه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

نتایج نشان می‌دهند که افزایش نسبتاً زیاد بارش در ماهی که با دو سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی قرار گرفته‌اند باعث گردیده است تا، بازتاب اراضی شور بخصوص با شوری بالا در جهت عکس به پیش رفته و تغییری در مساحت اراضی غیر شور پدید نیاید. این بررسی همچنین نشان داد که علی‌رغم افزوده شدن به دسته‌ی اراضی با شوری کم، از مساحت اراضی با شوری متوسط به بالا، کاسته شده است.

کلیدواژه‌ها: بیابان‌زایی، سنجش از دور، سامانه اطلاعات جغرافیایی، شوری خاک، سبزوار.

## مقدمه

بیابانی شدن یکی از مشکلات بزرگ و فزاینده‌ای است که بسیاری از کشورهای جهان با آن روبرو هستند. به دلیل افزایش جمعیت و نیاز به غذا و برخی دیگر از عوامل و فرآیندهای بیابان‌زایی، تخریب اراضی در مناطق خشک، نیمه‌خشک و نیمه مرطوب روبه افزایش گذاشته است. شور شدن خاک به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل بیابان‌زایی، موجب کاهش یا از بین رفتن قابلیت اراضی کشاورزی گردیده است. پدیده‌ی شوری، ۸۰٪ علت بیابان‌زایی را در بر می‌گیرد (زابلکس، ۱۹۸۹: ۵۰-۳۰). مهمترین دلیل شوری، بهره‌برداری بیش از حد از منابع آبی است.

با استفاده از اطلاعات بهنگام خاک هر منطقه می‌توان، کمک زیادی به مطالعه‌ی روند شور شدن خاک و کاهش بیابان‌زایی نمود. در این میان، سنجش از دور به عنوان تکنیک و علم دستیابی به اطلاعات در مورد پدیده‌ها بدون تماس فیزیکی با منطقه محسوب می‌گردد. همچنین، سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۱</sup>، به عنوان یک سامانه در جمع‌آوری، ذخیره و آنالیز اطلاعات مربوط به پدیده محسوب می‌گردد. بدیهی است هر دو، تکنیک‌های بسیار مناسبی برای جمع‌آوری اطلاعات، تصمیم‌گیری سریع، دقیق و با صرفه محسوب می‌گردند.

در زمینه‌ی مطالعات شوری خاک با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای تحقیقات متعددی، صورت گرفته است. سینگ<sup>۲</sup> در سال ۱۹۸۸ با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای MSS مطالعاتی را بر روی تغییرات مساحت خاک‌های شور در منطقه‌ی شمال هندوستان انجام داده است (سینگ، ۱۹۸۸: ۳۱۸۳-۳۱۷۳) (میلینگتون<sup>۳</sup> و همکاران، ۱۹۸۸: ۱۶-۱۳) با استفاده از داده‌های ماهواره لندست، تغییرات فصلی و سالانه شوری خاک را مطالعه کرده‌اند.

بررسی تغییرات شوری در سال‌های مختلف در زیرحوضه‌ی دشت قزوین در مدت ۲۰ سال (۱۹۵۵-۱۹۷۵) با استفاده از اطلاعات ماهواره لندست MSS توسط خراسانی و ایزدپناه ۱۳۷۱ انجام گرفته است (خراسانی و ایزدپناه، ۱۳۷۱: ۳۷۱-۳۵۹). نتایج نشان می‌دهد که این گونه بررسی‌ها، می‌تواند در برنامه‌های طولانی‌مدت و مدیریت منابع زمینی مناطق خشک و نیمه‌خشک به کار گرفته شود.

خواجه‌الدین (۱۳۷۵: ۴۸-۴۱) سه سری از داده‌های رقومی Landsat MSS را مورد استفاده قرار داده و اراضی شور منطقه جازموریان را بررسی نموده است. یکی از نقشه‌های ایجاد شده از داده‌های ماهواره‌ای این پژوهش، نقشه‌ی پیوسته‌ی غلظت سدیم و هدایت الکتریکی خاک (Ec) است.

---

1-Geographic Information System  
2- Sing 1988  
3-Millington 1988

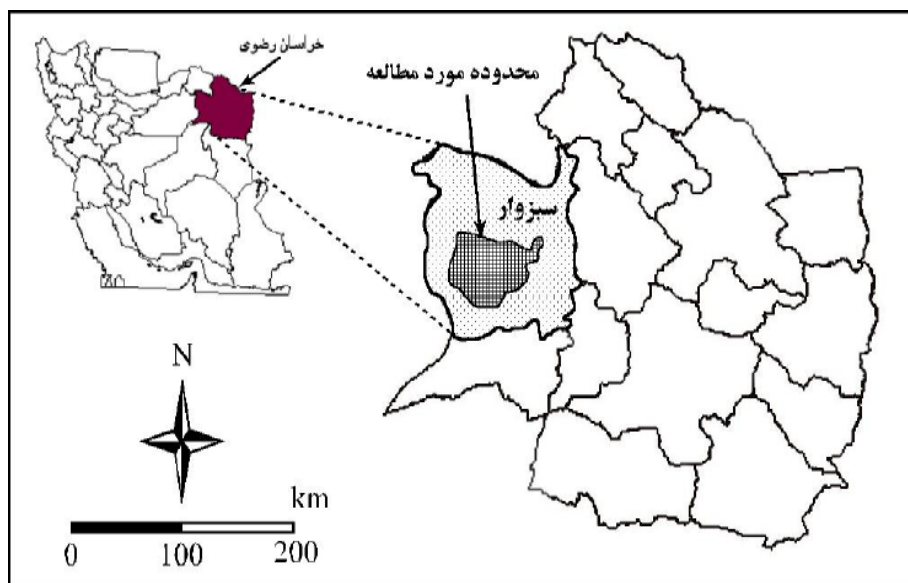
نتایج نشان می‌دهد که بدون استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، تهیه‌ی نقشه‌ی غلظت سدیم و EC کاری غیر ممکن است. در یک بررسی به کمک تصاویر ماهواره‌ای و بهره‌برداری از اطلاعات سنجش از دور و محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی در قالب نرم‌افزار الویس<sup>۱</sup> وسعت اراضی مورد مطالعه در گذشته و حال که تحت تأثیر شوری خاک قرار گرفته است شناسایی و نقشه‌ی شوری به عنوان مهمترین عامل تخریب اراضی تهیه شده است (پاک‌پروروهمکاران، ۱۳۷۸: ۱۴۰). همچنین آرونی (۱۹۹۷: ۱۸-۱۲) در یک مطالعه‌ی موردی در بیابان نامیبیا، تأثیر تراکم جمعیت انسان و دام را بر پدیده‌ی شوری خاک تأکید کرده است. در واقع هدف اصلی این تحقیق، بررسی وضعیت شوری خاک در ناحیه گرم و خشک سبزواری در گذشته و حال، تجزیه و تحلیل وضعیت و تأثیر آن بر نابودی اراضی در منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد. بدیهی است، شناخت عمیق و کافی از روند این تغییرات، گام نهادن در راه مقابله با این پدیده را سهل‌تر می‌سازد. منطقه‌ی مورد مطالعه بین دو طول شرقی ۵۶° ۴۱' ۵" تا ۵۷° ۴۵' ۱۹" و دو عرض شمالی ۳۵° ۴۲' تا ۳۵° ۳۴' ۳۶" در شرق شهرستان سبزواری واقع گردیده است (شکل شماره ۱).

مساحت این منطقه بیش از ۴۶۰ هزار هکتار است که از رقومی کردن مرز محدوده‌ی مورد بررسی در محیط GIS محاسبه گردیده است. این منطقه بر اساس نقطه‌ی شکست شیب و شروع دشت بر روی خط تراز ۱۰۰۰ متر در مرز شمالی، نقطه شکست شیب و شروع دشت بر روی خط تراز ۱۰۲۰ متر در مرز جنوبی، مرز حوضه آبخیز کالشور سبزواری و محل اتصال آن به کال شور جاجرم در مرز غربی و محدودیت تصویر در حد نهایی فریم مورد استفاده در مرز شرقی، انتخاب گردیده است. متوسط ریزش‌های جوی منطقه بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر متغیر است.

توزیع بارندگی عمدتاً در فصل زمستان صورت می‌گیرد. دامنه‌ی تغییرات دما در محدوده‌ی تحت بررسی، بین ۱۷/۵ تا ۱۵ درجه‌ی سانتیگراد و دامنه‌ی تغییرات تبخیر از ۲۸۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی‌متر در سال متغیر است. تبخیر در این منطقه از شرق به غرب و از شمال به جنوب روند افزایشی دارد. اقلیم این منطقه با استناد به روش طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن اصلاح شده<sup>۲</sup> اقلیم فراخشک سرد و خشک بیابانی سرد، تعیین گردیده است. نهشته‌های دوران سوم و عهد حاضر بخش عمده زمین‌شناسی منطقه را شامل می‌شود به گونه‌ای که مخروط افکنه‌ها و پادگانه‌های آبرفتی جوان (QTZ) و کفه‌های کم و بیش رسی گچ‌دار (QCF) تپه‌های ماسه‌ای و آبرفت‌های عهد حاضر (QAL) عمده‌ترین سازندهای منطقه به شمار می‌آیند.

#### 1- The Integrated Land and water Information System (ILWIS)

۲- این سیستم تلفیقی از دونه‌ی طبقه بندی آمبرژه ودومارتن است که در آن برای هر کدام از هفت اقلیمی که دومارتن به آنها اشاره کرده است چهار طبقه دیده شده که مقداری از میانگین حداقل حرارت سردترین ماه سال را به خود اختصاص می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد پژوهش در کشور و استان خراسان رضوی

### مواد و روش‌ها

برای بررسی روند تغییرات شوری خاک در منطقه‌ی مورد مطالعه، قدیمی‌ترین و جدیدترین داده‌های موجود منطقه تهیه و به کمک بسته‌ی نرم‌افزاری الویس به سیستم وارد گردید. برای این منظور داده‌های رقومی ماهواره‌ی لندست با سنجنده TM<sup>۱</sup> مربوط به گذر ۱۶۱ ردیف ۳۵ ثبت شده در ۲۹ آوریل سال ۱۹۸۷ میلادی و ۱۳ می سال ۲۰۰۱ میلادی مورد استفاده قرار گرفتند.

این داده‌ها قبل از به‌کارگیری با هدف حذف تأثیرات گرد و غبار، مه، بخار و... موجود در جو زمین به روش رسم هیستوگرام باندهای ۷ و ۴، تصحیح اتمسفری<sup>۲</sup> و با انگیزه‌ی اصلاح اعوجاجات هندسی تصاویر، تصحیح هندسی<sup>۳</sup> شدند. برای تصحیح هندسی تصاویر به کمک یک دستگاه GPS<sup>۴</sup> موقعیت جغرافیایی ۳۰ نقطه پراکنده و مشخص در محدوده‌ی اجرایی طرح مانند تلاقی جاده و آبراهه، تلاقی جاده با جاده، شکستگی جاده و... ثبت گردید.

1- Thematic Mapper  
2- Geometric Correction  
3- Haze Correction  
4- Global Position System

با ایجاد یک نقشه نقطه‌ای<sup>۱</sup> از این نقاط در سیستم اطلاعات جغرافیایی ابتدا تصویر ۲۰۰۱ به روش تصویر به تصویر ژئورفرنس و آنگاه با مبنای قرار گرفتن تصویر ۲۰۰۱، تصویر ۱۹۸۷ نیز با روش تصویر به نقشه رقومی، تصحیح هندسی گردید. دقت تصحیح تصویر ۲۰۰۱، ۰/۲۷ پیکسل و تصویر ۱۹۸۷، ۰/۴۲ پیکسل بود.

در این تحقیق برای دستیابی به بهترین تصویر رنگی جهت انجام طبقه‌بندی و تهیه‌ی نقشه‌ی مورد نظر از دو روش عمومی ترکیب باندی<sup>۲</sup> و تبدیل مؤلفه‌های اصلی<sup>۳</sup> استفاده شد. به دلیل مقایسه‌ی بسیار دشوار تصاویر ماهواره‌ای در باندهای مختلف استفاده از باندهای قرمز، سبز و آبی در ایجاد تصاویر کاذب رنگی<sup>۴</sup> در محیط<sup>۵</sup> (RGB) فراهم شده است.

به منظور دستیابی به مبنای قابل قبولی در انتخاب یک ترکیب سه باندی مناسب، ماتریس همبستگی بین باندهای تصاویر ماهواره‌ای منتخب تشکیل و ضریب شاخص مطلوبیت<sup>۶</sup> بین باندهای<sup>۳</sup> تایی محاسبه شد.

باند ۶ به خاطر تفاوت در میزان درجه وضوح<sup>۷</sup> از این محاسبه حذف گردید. باندهای ۴ و ۷ و ۵ در تصویر ۱۹۸۷ و باندهای ۴ و ۳ و ۵ در تصویر ۲۰۰۱ کمترین همبستگی و بیشترین OIF را در ترکیبات سه تایی به خود اختصاص داده‌اند. جداول شماره ۱ و ۲ و ۳ و ۴ ضرایب همبستگی و مقادیر OIF را در دوره مورد بررسی نشان می‌دهد.

جدول ۱: ضرایب همبستگی باندهای تصاویر ۱۹۸۷

	باند ۱	باند ۲	باند ۳	باند ۴	باند ۵	باند ۶
باند ۱	۱	۰/۹۸	۰/۹۵	۰/۸۱	۰/۸۶	۰/۸۳
باند ۲	۰/۹۸	۱	۰/۹۸	۰/۸۵	۰/۹۲	۰/۹۱
باند ۳	۰/۹۵	۰/۹۸	۱	۰/۸۳	۰/۹۳	۰/۹۴
باند ۴	۰/۸۱	۰/۸۵	۰/۸۳	۱	۰/۸۶	۰/۷۹
باند ۵	۰/۸۶	۰/۹۲	۰/۹۳	۰/۸۶	۱	۰/۹۸
باند ۶	۰/۸۳	۰/۹۱	۰/۹۴	۰/۷۹	۰/۹۸	۱

- 1- Point Map
- 2- Color Composite
- 3- Principal Component Transform
- 4- Flash Color Composite
- 5- Red. Green. Blue
- 6- Optimum Index Factor
- 7- Resolution

جدول ۲: مقادیر شاخص OIF تصویر ۱۹۸۷

OIF			
باند ۱	باند ۴	باند ۵	۲۶/۹۴
باند ۱	باند ۵	باند ۷	۲۵/۷۸
باند ۱	باند ۳	باند ۵	۲۵/۳۷
باند ۳	باند ۴	باند ۵	۲۴/۴۳
باند ۱	باند ۴	باند ۷	۲۴/۴۰
باند ۴	باند ۵	باند ۷	۲۴/۲۲

جدول ۳: ضرایب همبستگی باندهای تصویر (۲۰۰۱)

	باند ۱	باند ۲	باند ۳	باند ۴	باند ۵	باند ۷
باند ۱	۱	۰/۹۳	۰/۸۵	۱	۰/۴۵	۰/۵۵
باند ۲	۰/۹۳	۱	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۵۸	۰/۶۷
باند ۳	۰/۸۵	۱	۰/۹۳	۰/۸۵	۰/۶۷	۰/۷۶
باند ۴	۱	۰/۹۳	۰/۸۵	۱	۰/۴۵	۰/۵۵
باند ۵	۰/۴۵	۰/۵۸	۰/۶۱	۰/۴۵	۱	۰/۹
باند ۷	۰/۵۵	۰/۶۷	۰/۱۶	۰/۵۵	۰/۹	۱

جدول ۴: تصاویر شاخص OIF تصویر ۲۰۰۱

OIF			
باند ۳	باند ۴	باند ۵	۳۳/۶۴
باند ۱	باند ۴	باند ۵	۹۹/۶۴
باند ۱	باند ۵	باند ۵	۳۲/۹۰
باند ۴	باند ۵	باند ۷	۳۱/۵۵
باند ۱	باند ۵	باند ۷	۳۱/۵۵
		باند ۵	۳۰/۹۰

با توجه به نتایج اشاره شده، ترکیب باندهای ۵۴ و ۱ برای تفسیر در تصویر ۱۹۸۷ و باندهای ۳ و ۴ و ۵ برای تصویر ۲۰۰۱ بیشترین OIF را به خود اختصاص داده اند. به منظور بررسی دقت در وضوح و تفکیک پدیده ها، ترکیبات باندی دیگری نیز ساخته و مورد بررسی قرار گرفت، در این تحقیق، تعداد فراوانی FCC ایجاد شد، همچنین به منظور بهبود گسترش داده ها و توزیع مجدد آنان در یک فضای سه بعدی، تبدیل مؤلفه‌های اصلی نیز مورد استفاده قرار گرفت.

تعداد مؤلفه‌های اصلی با تعداد باندهای انتخابی برابر است، لیکن اولین مؤلفه اصلی بیشترین اختلاف را با داده‌های اولیه و آخرین مؤلفه اصلی کمترین دامنه‌ی طیفی را دارد. به گونه‌ای که به خوبی امکان انتخاب باندهای مناسب را برای تفسیر به استفاده کننده می‌دهد. در این بررسی، تعداد فراوانی PC نیز ایجاد گردید. از میان تمام FCC‌های ساخته شده نهایتاً FCC531 به عنوان بهترین ترکیب باندی مناسب جهت بررسی شوری، با روش سعی و خطا مورد تأیید و بهره‌برداری قرار گرفت.

این ترکیب ۳ باندی وضوح بیشتری را برای هر دو تصویر ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱ برای شناسایی و تفسیر شوری نسبت به شاخص OIF از خود بروز می‌نمود. علاوه بر این، در پژوهش مورد نظر نتایج آزمایشگاهی نمونه‌های صحرایی خاک مورد استفاده قرار گرفت. برای این منظور و با هدف پراکنش کافی نمونه‌های خاک در تمامی واحدهای نقشه خاک، نقشه منابع اراضی در منطقه با استفاده از نقشه ۲۵۰۰۰۰ : ۱ منابع اراضی مؤسسه‌ی تحقیقات آب و خاک کشور تهیه شد. انتخاب محل نمونه‌های خاک بر روی نقشه‌ی فوق با احتساب یک نمونه در هر ۱۰۰ هکتار به خصوص برای واحدهایی مانند ۱-۷ و ۲-۴ و ۱-۴ که انتظار شوری در آنها وجود دارد انجام گرفت و مختصات جغرافیایی آنها یادداشت شد. در عملیات صحرایی با مکان‌یابی نقاط از پیش تعیین شده نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۱۰ سانتیمتری انجام و مشخصات عرصه در جدول شماره‌ی ۵ نشان داده شده است در نمونه‌برداری خاک در هر نقطه شامل ۴ برداشت بود که یکی از مراکز و سه نمونه در سه جهت با زاویه‌ی ۱۲۰ درجه و فاصله‌ی ۱۰ متری از مرکز و مخلوط نمودن آنها و تهیه‌ی یک نمونه‌ی یکسان انجام گرفت نمونه‌های خاک در آزمایشگاه مورد آزمایش قرار گرفت و بافت، گچ، آهک، EC و SAR آنها اندازه‌گیری گردید.

به منظور طبقه‌بندی تصاویر ماهواره، ابتدا تصویر FCC 531 2001 که دستیابی به آن پس از انجام اقدامات اولیه میسر گردید، مورد استفاده قرار گرفت و با توجه به گستره‌ی نتایج شوری حاصل از تجزیه‌ی نمونه‌های خاک، ابتدا مناطق غیر شور از محدوده‌ی مورد مطالعه جدا و سپس با توجه به دقت طبقه‌بندی، ۴ طبقه برای شوری بر مبنای EC های ۱-۲ برای شوری کم، ۱۰-۲ برای شوری متوسط، بزرگتر از ۱۰ برای شوری زیاد و لایه‌های نمکی مشخص بر روی تصویر برای طبقه با شوری خیلی زیاد، تفکیک گردید. با توجه به آستانه‌ی مقاومت گیاهان

مختلف به شوری، معمولاً از کلاس‌های متفاوتی برای تعیین وضعیت شوری استفاده می‌گردد که در این پژوهش شوری‌های کمتر از ۱ در کلاس غیرشور جای داده شده‌اند. انتخاب حدود دسته‌جات بر اساس هم‌نهاد<sup>۱</sup> نمودن نقاط مطالعاتی بر روی تصویر FCC531 و مرز دسته‌ها بر اساس نمایش بیشترین هماهنگی با ویژگی‌های ظاهری تصویر از نظر نمایش شوری، برگزیده شدند. در مراحل طبقه‌بندی، هر یک از دسته‌ها به طبقات فرعی‌تر تقسیم شد تا میزان هماهنگی به حداکثر برسد. همچنین دسته‌ی اراضی شور مرطوب به دسته‌جات اضافی تقسیم شد. در انتهای طبقه‌بندی دسته‌جات فرعی در یکدیگر ادغام و به عنوان دسته‌ی اصلی مربوط به آن نام‌گذاری شدند. تنها زیرگروهی که باقی‌گذارده شد، شوری زیاد با پوشش گیاهی بود که به دلیل وسعت زیاد آن باقی‌گذاردن آن صحیح‌تر به نظر رسید.

انتخاب دسته‌ی شوری برای هر مجموعه پیکسل متکی بر نقاط حاصل از نمونه‌برداری خاک بود به نحوی که فایل نقطه‌ای حاوی ارقام شوری بر روی تصویر در حال عملیات سمپل ست هم‌نهاد شده و از آن به عنوان الگوی انتخاب دسته‌ی شوری استفاده گردید. فایل مجموعه نمونه‌ها با دستور Classify و با روش‌های متعدد طبقه‌بندی شد، که نهایتاً روش حداکثر درست‌نمایی، بر پایه‌ی میزان انطباق با واقعیت بیرونی و پراکنش بازتاب‌های تصویر FCC، بهترین نتیجه را به همراه داشت.

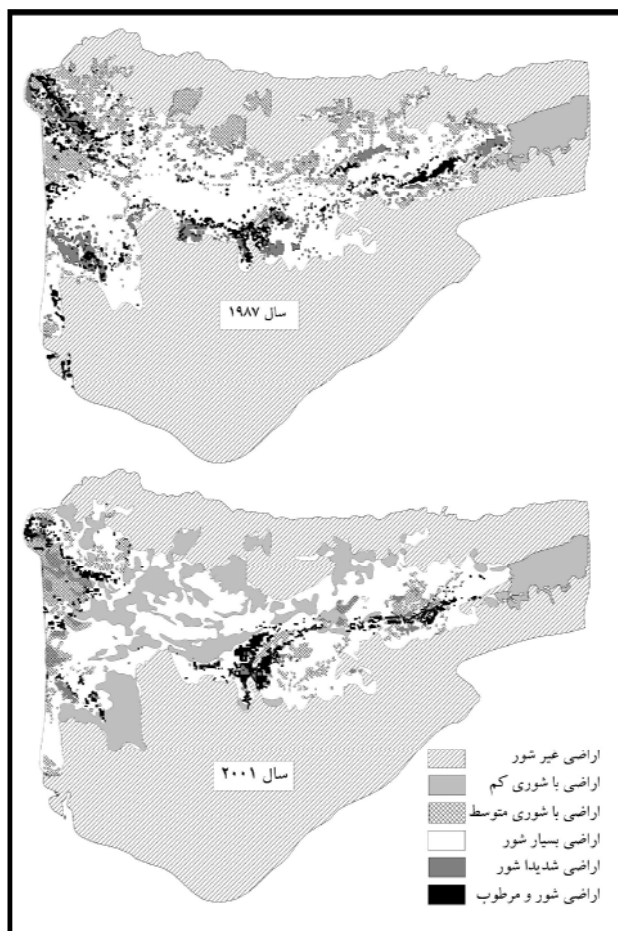
بنابراین طبقه‌بندی در این پژوهش با متبلور نمودن نتایج داده‌های صحرایی به عنوان نمونه‌ی تعلیمی از نوع نظارت شده با الگوریتم حداکثر احتمال (ML) انجام شد و به منظور دقت طبقه‌بندی بر روی تصاویر ماهواره‌ای قدیم و جدید با ایجاد یک نقشه‌ی نقطه‌ای رستری شده و استفاده از توانایی سیستم اطلاعات جغرافیایی در اپراتور تلفیق<sup>۲</sup> و تطبیق دادن نقشه‌ی کلاس‌بندی شده هر سال به طور جداگانه با آن، جدول ماتریس<sup>۳</sup> مربوطه استخراج گردید.

این جدول، دقت طبقه‌بندی را برای طبقه‌بندی تصویر قدیم ۸۱/۴۵ درصد و برای تصویر جدید ۷۷ درصد نشان می‌دهد. شکل ۲، نقشه‌ی طبقه‌بندی نهایی تحقیق را نمایش می‌دهد.

---

1- Overlay  
2- Cross  
3- Confusion matrix





شکل ۲: نقشه‌ی طبقات مورد بررسی در تصاویر قدیم و جدید منطقه‌ی مورد پژوهش

### تجزیه و تحلیل توسعه‌ی شوری اراضی

تجزیه و تحلیل متغیرها و مؤلفه‌ها نشان می‌دهد در مساحت اراضی غیر شور در دو مقطع زمانی تغییری حادث نشده است و تغییرات اراضی دسته‌های اراضی شور به گونه‌ای بوده که هیچ زمین شوری به غیر شور تبدیل نشده است. اما از وسعت دسته‌ها با شوری متوسط به بالا به صورت پلکانی کاسته و بر مساحت اراضی با شوری کم افزوده شده است. به عبارتی دیگر به میزان ۱۹/۲، ۸۱/۳۵، ۴۱/۴۵، ۳۳/۳۳ درصد به ترتیب از دسته‌ها شور مرطوب، شور متوسط، زیاد و شدید کاسته شده و به میزان ۸۸/۹۰ درصد بر دسته با شوری کم افزوده شده است. که نتایج آن در جدول شماره‌ی (۷) آورده شده است.

جدول ۶: تغییرات مساحت انواع دسته‌های شوری خاک طی دوره مورد بررسی ۱۹۸۷-۲۰۰۱

طبقه شوری خاک	مساحت ۱۹۸۷		مساحت ۲۰۰۱		تغییرات مساحت نسبت به سال ۱۹۸۷	
	درصد از کل منطقه	هکتار	درصد از کل منطقه	هکتار	درصد مساحت نسبت کل	هکتار
بدون شوری	۴۹/۴	۲۲۸۲۴۲	۴۹/۲۶	۲۲۷۵۹۰	-۱/۴۲	-۶۵۲
کم شور	۴/۲۱	۱۹۹۴۴۶	۱۳/۰۶	۶۰۳۶۰	۸۸/۹۰	۴۰۹۱۴
شوری متوسط	۷/۴۹	۳۴۲۶۰۲	۰/۴۲	۱۹۲۶۵	-۳۳/۳۳	-۱۵۳۳۷
شوری بالا	۲۲/۹۹	۱۰۶۲۰۸	۱۸/۸۶	۸۷۱۳۴	۴۱/۴۵	-۱۹۰۷۴
نمکزار	۲/۰۴	۹۴۵۲	۱/۸۱	۸۳۷۲	-۲/۳۵	-۹۱۱۸
شورومرطوب	۲/۰۴	۹۴۵۲	۱/۸۱	۸۳۷۲	-۲/۳۵	-۱۰۸۰
اراضی گچی	۰/۴۲	۱۹۲۷	۰/۴۲	۱۹۲۷	۰	۰

از آنجا که جمع ارقام کاهش دسته های شور بیشتر از درصد افزایش اراضی با شوری کم است باید نتیجه گرفت که، برخی اراضی دیگر نظیر، کشاورزی بر روی زمین‌های سابقاً شور توسعه یافته‌اند. در مجموع بیش از ۳۶۰۰ هکتار (۷/۹ درصد از مساحت کل) بر وسعت اراضی کشاورزی افزوده شده که همگی بر روی زمین‌های شور بوده است و علی‌رغم اینکه گمان می‌رفت که در سال‌های گذشته در این منطقه به اراضی شور اضافه شده باشد، لیکن بررسی فوق این فرضیه را تأیید نکرد. اگر چه ممکن است بارش زیادتر در دو ماه آوریل و می (ماه قبل و ماه جاری برداشت داده‌های ماهواره‌ای) سال ۲۰۰۱ نسبت به دوره مشابه در سال ۱۹۸۷ اثر خود را بر روی کاهش بازتاب اراضی با شوری خیلی زیاد به جای گذاشته باشد. داده‌های مربوطه در جدول شماره‌ی (۷) آورده شده است.

جدول ۷: بارندگی ماهانه‌ی ایستگاه سینوپتیک سبزوار

سال	بارندگی ماهانه (میلیمتر)	
	آوریل	می
۱۹۸۷	۵/۸	۱۰/۲۴
۲۰۰۱	۲۰/۹	۱۷

### نتیجه‌گیری

یکی از نقاط قابل ملاحظه امکان به‌کارگیری داده‌های سنجش از دور در بررسی روند شوری خاک و تأثیر آن در بیابان‌زایی از گذشته تاکنون می‌باشد. استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در این تحقیق از نکات حائز اهمیت دیگری است که ضرورت تلفیق این سیستم‌ها را با سنجش از دور تأکید می‌کند چه علاوه بر مزایای داده‌های رقومی نسبت به داده‌های خطی که تنها در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی قابل تجزیه و تحلیل و سازماندهی هستند (رنوف، ۱۹۸۹: ۳۳-۳۵) پردازش اطلاعات و استخراج اطلاعات جدید و مورد نظر در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی به راحتی فراهم شده و به همین ترتیب، در استنتاج روند بهتری در الگوی تغییرات دیده می‌شود. بنابراین باید با اتکا به داده‌های موجود، فرض شورتر شدن اراضی را رد شده تلقی کرد. برخی مشاهدات محلی و گفتگو با بهره‌برداران نتیجه‌ی یاد شده را تأیید نمی‌کند و دست‌کم در برخی نقاط دشت شواهدی از توسعه‌ی اراضی شور به چشم می‌خورد. با توجه به بالا بودن دقت مراحل نمونه‌برداری و نیز طبقه‌بندی رقومی (که رقم صحت طبقه‌بندی مطلوبی به دست داده است). باید تناقص یاد شده را به حساب خطای قابل پیش‌بینی در فرآیند تحقیق گذارد. دو عامل جنبی می‌تواند در کنار دیگر عوامل، بر تفاوت ارقام نسبت به واقعیت تأثیر بگذارد. اول آنکه این مقایسه تنها در دو مقطع زمانی و با فاصله نزدیک صورت گرفته و با آنکه از تصاویر با ماه برداشت همزمان استفاده شده است، اما با توجه به تفاوت میزان برداشت در دو سال یاد شده تغییراتی خارج از روند عمومی در درازمدت حادث شده باشد.

میزان بارندگی در دو سال یاد شده در ماه آوریل و می (ماه برداشت تصویر و ماه قبل آن) حاکی از افزایش بارندگی در سال ۲۰۰۱ به میزان ۱/۷ و ۴ برابر بیشتر از سال ۱۹۸۷ است با توجه به امکان شستشوی املاح سطحی بر اثر باران چون پردازش داده‌های ماهواره‌ای تنها قادر به ردیابی شوری خاک سطحی است، بازتاب پیکسل‌ها و در نتیجه DN تصاویر کاهش یافته و در نتیجه پیکسل‌ها در دسته‌های پایین‌تر شوری دسته‌بندی شده‌اند. از طرفی شرایط ایده‌آل زمانی است که اندازه‌گیری شوری همزمان با تصویربرداری (گذر ماهواره) انجام شود که امکان‌پذیر نبوده است. موضوع دوم این که، برای تشخیص شورتر شدن اراضی کشاورزی در این تحقیق، کاری صورت نگرفته است و اراضی زیرکشت به عنوان اراضی کشاورزی با تفسیر چشمی جدا شده‌اند، احتمال فراوانی وجود دارد که بخش قابل توجهی از افزایش شوری احتمالی در طی دو دوره‌ی ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۱ مربوط به زمین‌های زیرکشت بوده باشد. ولی این افزایش شوری به حدی نبوده است که منجر به تغییر کاربری یا ترک اراضی کشاورزی در این بخش شود. تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی نیز مؤید این است که در بخش بزرگی از دشت، آب مصرفی کشاورزی شورتر شده و مصرف آن می‌تواند سبب افزایش شوری زمین‌هایی شود که مورد آبیاری قرار می‌گیرند.

## منابع و مأخذ

- ۱- زابلکس (۱۹۸۹): شور شدگی خاک و آب و رابطه آن با بیابان‌زایی. ترجمه مجید کریم‌پور ریحان و ناصر مشهدی فصلنامه جنگل و مرتع. شماره ۵۵.
- ۲- پاکپور م، م ابطحی، م شکویی، و م خراسانی (۱۳۷۸): استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی در تعیین مناطق تحت تاثیر بیابان‌زایی گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. مؤسسه تحقیقات جنگل و مراتع کشور تهران. ۱۴۰.
- ۳- خراسانی، ن و ع ایزد پناه (۱۳۷۱): بررسی حوضه آبریز مرکزی و ارزیابی تغییرات شوری در یکی از حوضه‌های آن در منطقه نیمه خشک. مجموعه مقالات سمینار بررسی مسایل بیابانی و کویری ایران.
- ۴- خواجه‌الدین، س (۱۳۷۵): استفاده از داده‌های ماهواره در بررسی جوامع گیاهی و تعیین اراضی شور منطقه جازموریان. مجموعه مقالات دومین همایش ملی بیابان‌زایی و روش‌های مختلف بیابان‌زایی.
- ۵- سازمان جغرافیایی کشور (۱۳۶۸): نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ پوشش سراسری. نقشه سبزوار.
- 6-Aharoni Band D. Ward (1997): A new Predictive Tool For Identifying Areas Of Desertification a case study from Namibia desertification control bulletin no 30.
- 7-Aronof F.S.(1989): Geographic Information System A Management Perspective Wlpublication Ottawa.
- 8-Millington A. C. And Et.Al (1988): Monitoring P LAYAS Using the Mapper Data proctgarse 88 symposium Edinburgh Scotland.
- 9-Sing A. N. (1988): Monitoring Change In The Of Salt –Affected Soil In North India I nt .J remote sensing 15.