

# شناسایی خاک‌های شور منطقه کاشان بر مبنای پردازش رقومی داده‌های ماهواره IRS-1D و مطالعات میدانی

حمیدرضا متین‌فر<sup>۱</sup>، استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان  
فریدون سرمیدیان، استادیار دانشکده مهندسی علوم خاک، دانشگاه تهران  
سید کاظم علوی پناه، استاد دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۰۸/۲۱

دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۰۳/۱۸

## چکیده

شوری و شور شدن خاک یکی از مشکلات رو به افزایش در مناطق خشک و نیمه خشک است. در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های دورسنجی و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)<sup>۲</sup> به منظور تفکیک خاک‌های شور مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است؛ زیرا تصاویر دورسنجی دارای پوشش وسیع و یک پارچه با شرایط زمانی یکسان از پدیده‌ها، موجب صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌های مطالعه می‌شود. در این تحقیق تصاویر سنجنده LISS-III از ماهواره هندوستان (IRS) به کار گرفته شد. شاخص BI<sup>۳</sup> توانست ضمن تفکیک نواحی با شوری شدید از نواحی غیرشور، جدا کند. شاخص SI<sup>۴</sup> نسبت به BI با کیفیت بالاتری نواحی با شوری شدید، خیلی شور و غیرشور را جدا نمود. نتایج طبقه‌بندی نظارت شده بدون تلفیق با مدل رقومی ارتفاع، دارای دقت کلی ۷۶ درصد، دقت تولید کننده ۷۸ درصد و دقت کاربر ۸۲ درصد بود. در حالی که طبقه‌بندی نظارت شده نوارهای سنجنده و مدل رقومی ارتفاع دارای دقت کلی ۹۸/۱ درصد، دقت تولید کننده ۹۸/۲۸ درصد و دقت کاربر ۹۸/۴ درصد شد. علت دقت کم طبقه‌بندی، پیش از ترکیب داده‌های سنجنده و مدل رقومی ارتفاع را می‌توان به تداخل طیفی اراضی شور و شور و مرطوب با اراضی غیر شور (اراضی با ۲۵ تا ۶۵ درصد سنگ‌ریزه در سطح) نسبت داد؛ اما این دو نوع اراضی دارای موقعیت پستی و بلندی متفاوت بودند، به طوری که اختلاف ارتفاع آن‌ها معادل ۲۰۰ متر است. بنابراین با ترکیب مدل رقومی ارتفاع، این دو نوع اراضی و اراضی، که وضعیت مشابهی داشتند، به خوبی از یکدیگر تفکیک شدند.

واژه‌های کلیدی: دورسنجی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، شاخص روشنایی، شاخص شوری، مدل رقومی ارتفاع

## مقدمه

اگرچه ممکن است شوری خاک به اندازه زلزله یا زمین لغزش‌های وسیع خطرناک نباشد، اما یقیناً یک خطر محیطی بزرگ است. این مسئله بر روی بازده محصولات و تولیدات کشاورزی در زراعت دیم و آبی به‌علت فقر زمین، مدیریت آب و گسترش کشاورزی به حواشی مناطق خشک تاثیر می‌گذارد. Ghasemi و همکاران (۱۹۹۵) و Alavipanah و همکاران (۲۰۰۰)، مساحت اراضی شور دنیا را حدود یک میلیارد هکتار برآورد می‌کنند که معادل هفت درصد اراضی قاره‌های مختلف است. به‌طور متوسط ۲۰ درصد اراضی آبی جهان تحت تاثیر شوری هستند که این مقدار در کشورهایی نظیر ایران و مصر تا ۳۰ درصد نیز گزارش شده است. وسعت خاک‌های متاثر از شوری در ایران بین ۲۳ تا ۲۵ میلیون هکتار برآورد می‌شود که به درجات مختلف متاثر از شوری اولیه و ثانویه هستند. در آینده، بیش‌تر زمین‌های نواحی خشک به‌علت افزایش جمعیت و نیاز آن‌ها به غذا به کشاورزی اختصاص می‌یابد. این مسئله

<sup>۱</sup> matinfar44@gmail.com

<sup>۲</sup> Geographoc Information System

<sup>۳</sup> Brightness index

<sup>۴</sup> Salinity index

به‌طور عمده به علت آبیاری اراضی بدون احداث شبکه‌های زهکشی، همچنان خطر شوری (شوری ثانویه) را افزایش می‌دهد. شوری بر جنبه‌های دیگر نظیر، تخریب و فرسایش خاک و امور مهندسی اثر می‌گذارد. خسارت‌های اقتصادی ناشی از شور شدن اراضی نگران‌کننده و قابل توجه است. برای مثال خسارت‌های اقتصادی ناشی از شوری ثانویه برای اراضی حاشیه رود کلرادو حدود ۷۵۰ میلیون دلار در سال و برای پنجاب و شمال غرب پاکستان ۳۰۰ میلیون دلار در سال و برای استرالیا ۲۰۸ میلیون دلار در سال برآورد می‌شود (Ghasemi و همکاران، ۱۹۹۵).

اگر خاک لخت باشد، شوری سطح اراضی به صورت مستقیم و در صورتی که دارای پوشش گیاهی باشد، از طریق نوع پوشش گیاهی و شرایط رشد و نمو آن‌ها، که تحت کنترل شوری است، با داده‌های دورسنجی قابل شناسایی است (Alavipanah, ۱۳۸۲; Mougenot و همکاران، ۱۹۹۳). شوری سطح، فرآیند فعالی است؛ لذا این ویژگی موجب می‌شود اطلاعات استخراجی از روش‌های معمول با داده‌های طیفی و مکانی از این پدیده متأثر شود. در سنجش از دور، امکان شناسایی خاک‌های شور تا حد زیادی به رطوبت، درجه شوری، پوسته‌ها و کنتراست بازتاب طیفی نمک با سایر سطوح بستگی دارد. به‌طور کلی شناسایی زمین‌هایی با درجه شوری بالا و متوسط نسبت به زمین‌های با شوری کم و مناطقی که در مراحل اولیه شور شدن هستند، موفق‌تر بوده است. به‌عنوان مثال McGowen و Mallyon (۱۹۹۶)، هنگامی که داده‌های TM و الگوریتم طبقه‌بندی بیشینه احتمال را به‌کار بردند، برآوردی بیش از انتظار از نواحی شور داشتند، دلیل این برآورد را باید در مدیریت زمین، شرایط پوشش گیاهی و نوع خاک منطقه مورد مطالعه یافت. این مشکل با ترکیب تصاویر چند زمانی مرتفع شده است. از طرف دیگر، برآورد پایین‌تر از حد انتظار سطوح شور با سنجش از دور، به علت اختلاط خاک‌های کمی شور با خاک‌های غیرشور بوده است (Zinck, ۲۰۰۱). با وجود این، شناسایی دقیق‌تر خاک‌های شور با ترکیب داده‌های چند طیفی و مطالعات میدانی، که با سامانه اطلاعات جغرافیایی حمایت می‌شوند، بهبود پیدا می‌کند. عوارض دیگر و همچنین پوشش گیاهی به دلیل این که در تولید بازتاب‌ها دخالت می‌کند، شناسایی شوری را با خطا مواجه می‌سازد (Alavipanah و همکاران، ۲۰۰۱ و ۱۹۹۹).

مشاهدات میدانی و اندازه‌گیری‌های پرتوسنجی نشان می‌دهد که کیفیت و کانی شناسی نمک‌ها همراه با رطوبت، رنگ خاک و زبری سطح، عوامل عمده‌ای هستند که بازتاب نمک را تحت تاثیر قرار می‌دهند. Mougenot و همکاران (۱۹۹۳)، تغییرات بازتاب طیفی سطوح شور را مبتنی بر تغییرات شرایط سطحی می‌دانند که شامل پوسته‌های همراه یا بدون نمک، پوسته‌های نمکی به ضخامت کم‌تر از یک تا یک میلی‌متر، سطوح پف کرده، متورم محتوی خاک‌دانه‌ها و بلورهای نمک (ضخامت ۰/۵ تا پنج میلی‌متر) و فرسایش بادی این سطوح پف کرده است. نمک‌ها موجب تغییرات در زبری سطوح می‌شوند و کانی‌شناسی نمک‌ها، مورفولوژی مشخصی را در سطح خاک‌ها به وجود می‌آورد. به‌عنوان مثال پوسته‌های پفکی (پف کرده) به دلیل فراوانی سولفات سدیم تشکیل می‌شوند؛ درحالی که پوسته‌های نمکی صاف به علت وجود کلرایدها است. به‌طور کلی، پوسته‌های نمکی از پوسته‌های غیرنمکی (سطوح کشت شده) صاف‌تر هستند و در مجموع در محدوده طیف مرئی و مادون قرمز نزدیک، بازتاب بیش‌تری دارند. در پوسته‌های غیرشور غنی از سیلیت و رس به‌طور معمول شکاف‌هایی دیده می‌شود که بازتاب آن‌ها را کاهش می‌دهد. برعکس بازتاب طیفی، سطوح غیر شور مزروعی به علت پستی و بلندی و زبری حاصل از کلوخه‌ها کاهش می‌یابد (Alavipanah و Goossens, ۲۰۰۰; Goldshleger و همکاران، ۲۰۰۱). از آنجایی که رفتار طیفی سطوح متأثر از شوری متفاوت است، در صورت انتخاب زمان مناسب برای تصاویر و به‌کارگیری داده‌های کمکی می‌توان به شناسایی آن‌ها اقدام نمود (Goossens و همکاران، ۱۹۹۹). Karavanova (۲۰۰۰)، از روش سنجش از دور برای مطالعه و طبقه‌بندی خاک‌های شور منطقه ازبکستان استفاده نموده است، در این مطالعه نوارهای مورد استفاده سبز، قرمز و مادون قرمز بوده است. وی با استفاده از این نوارها خاک‌های منطقه را در پنج طبقه شوری طبقه‌بندی نمود که دارای ۷۰ درصد دقت بوده است. صرف نظر از تغییرات رطوبت خاک، عمده‌ترین عوامل موثر بر ویژگی‌های انعکاسی خاک‌های شور، هوموس، کربنات‌ها، گچ و املاح محلول در آب است. در خاک‌های شور، ویژگی‌های انعکاسی به مقدار زیاد وابسته به شرایط رطوبتی است، به‌طوری که هرچه خاک بیش‌تر رطوبتش را از دست دهد، رسوب کریستال‌های نمک در سطح خاک بیش‌تر شده و انعکاس سطحی

هم افزایش می‌یابد و برعکس، افزایش رطوبت خاک موجب انحلال املاح و نهایتاً کاهش انعکاس طیفی خاک و تیره‌تر شدن تصویر می‌شود.

در تحقیقی، Zinck (۲۰۰۰)، برای بررسی تغییرات خاک‌های شور، سنجنده‌های مختلف را مورد مطالعه قرار داد. او فرآیند تغییر و تبدیل بر روی داده‌های خام سنجنده‌ها را برای تشخیص پدیده‌ها و نقشه‌برداری آن‌ها ضروری می‌داند؛ لذا برای نیل به این منظور از روش‌هایی نظیر طبقه‌بندی پیکسل‌ها براساس بیشینه احتمال، طبقه‌بندی فازی، نسبت نوارها (شاخصه‌های مختلف مانند VI، SAVI و NDVI) و معادلات همبستگی استفاده کرد. هدف از این تحقیق ارزیابی قابلیت داده‌های سنجنده LISS-III در جداسازی خاک‌های مناطق خشک، خصوصاً تفکیک خاک‌های شور، خیلی شور، شدیداً شور، غیر شور و اراضی مزروعی و مشابه آن از یکدیگر است، همچنین علت دیگر انتخاب این سنجنده، دریافت داده‌های آن و دیگر محصولات ماهواره‌های هندوستان به‌وسیله ایستگاه سپهر در منطقه ورامین است. بنابراین ارزیابی قابلیت‌های داده‌های یاد شده ضروری به نظر می‌رسد.

### مواد و روش‌ها

**موقعیت منطقه:** منطقه مورد بررسی در استان اصفهان و شامل اراضی کاشان و آران بین ۳۴ درجه تا ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه تا ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی است (شکل ۱). منطقه کاشان دارای تابستان‌های گرم و نسبتاً طولانی و زمستان‌های ملایم است. براساس آمار هواشناسی دوره ۳۰ ساله، میانگین بارندگی سالیانه ۱۳۸/۸ میلی‌متر است. بارش‌ها از آبان ماه شروع شده و در خرداد ماه قطع می‌شود. بر مبنای داده‌های هواشناسی، رژیم حرارتی خاک‌های منطقه ترمیک و رژیم رطوبتی آن اریدیک است. طبق مطالعات پیشین و بررسی‌های میدانی، خاک‌های منطقه در دو رده Entisols و Aridisols بوده و تحت رده‌های Orthents، Fluvents، Psamments، Calcids، Gypsisds و Salids هستند. لذا افق‌های تجمعی آهک، گچ و املاح محلول در خاک‌های منطقه تشکیل شده که از جمله مشخصات بارز خاک‌های مناطق خشک است. از بین تصاویر ماهواره‌ای موجود، تصاویر سنجنده LISS-III ماه مه ۲۰۰۳ به‌علت مقارن بودن تصویر برداری با شرایط جوی مساعد و بدون پوشش ابر و بارندگی تا حداقل دو هفته قبل از اخذ تصویر انتخاب شد. آمار هواشناسی ماه مه سال ۲۰۰۳ هیچ‌گونه ریزشی را نشان نمی‌دهد. تصاویر نسبت به نقشه توپوگرافی (مقیاس ۱:۵۰۰۰۰) با ۱۲ نقطه کنترل، که بر روی تصاویر به‌وضوح قابل شناسایی بودند، تطبیق داده شد. لازم به‌ذکر است که نقشه‌های توپوگرافی موجود طی سال‌های اخیر روز آمد شده‌اند، لذا معتبرترین منابعی هستند که برای این منظور انتخاب شده‌اند. از سامانه UTM نیز برای نمایش تصاویر استفاده شد. فواصل منحنی‌های میزان، اصلی ۲۰ متر و فرعی ۱۰ متر می‌باشد. منحنی‌های میزان ابتدا رقومی شده سپس در محیط نرم افزار ILWIS با روش درون‌یابی به مدل رقومی ارتفاع تبدیل شد.

### روش تحقیق

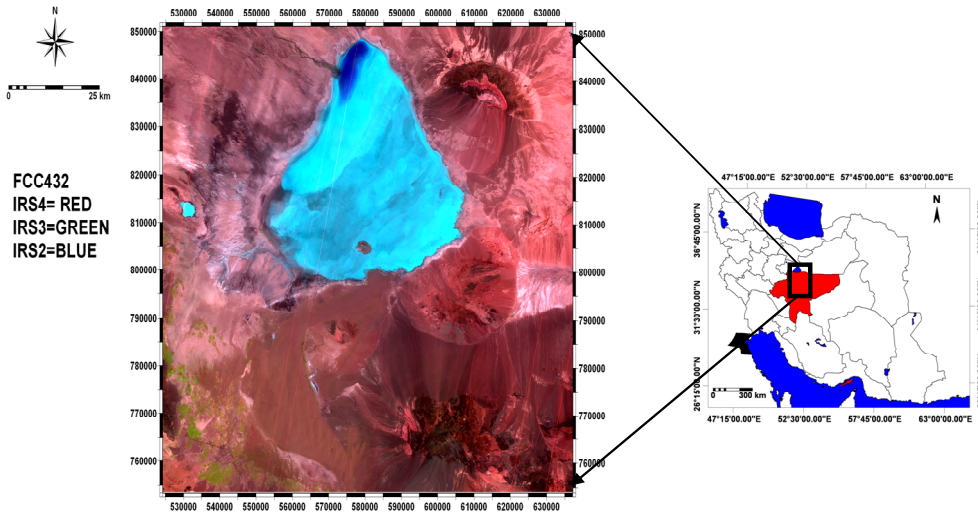
به‌منظور تلفیق مدل رقومی ارتفاع با تصاویر LISS-III، اندازه پیکسل‌ها بایستی یکسان شود، بنابراین تصاویر و مدل رقومی ارتفاع نسبت به یک اندازه پیکسل (۲۴ متر) بازنویسی شدند، سپس نوارهای سنجنده و لایه DEM در یک مجموعه (Maplist) قرار گرفته، عملیات طبقه‌بندی بر روی آن‌ها انجام گرفت. شاخص‌های شوری و روشنایی به شرح زیر محاسبه و تصاویر در محیط LISS-III ایجاد شدند.

$$BI = \sqrt{(NIR^2 + R^2)} \quad (1)$$

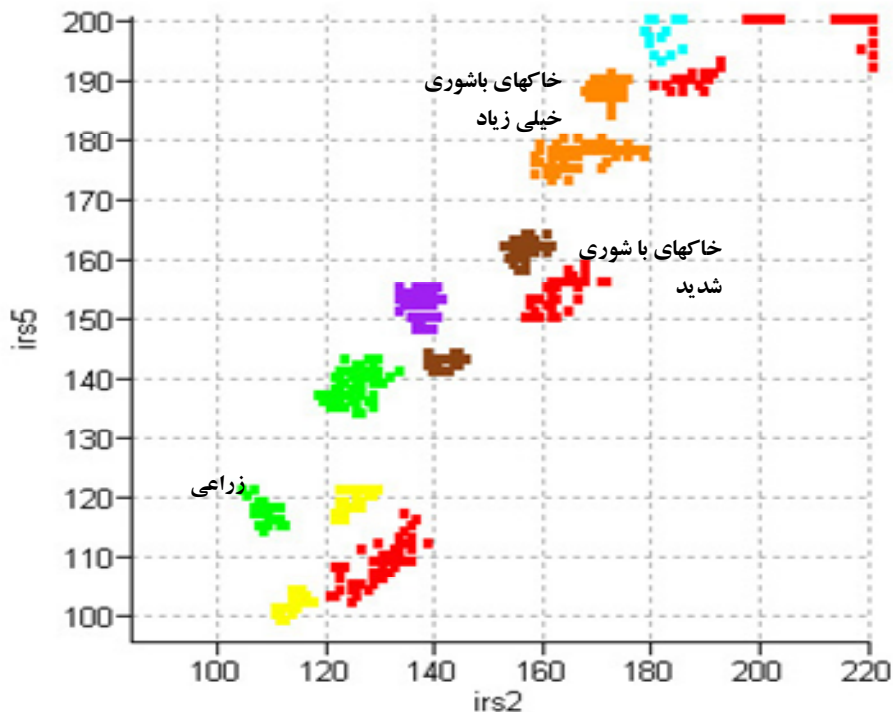
$$SI = \sqrt{(G * R)} \quad (2)$$

انتخاب نواحی تعلیمی بر مبنای مطالعات میدانی، نمونه برداری، نقشه‌های خاک و شوری و قلیایی بودن بوده است. به‌منظور اطمینان از تفکیک خاک‌هایی با سطوح شوری متفاوت از خاک‌های غیرشور، نقشه‌های زمین شناسی نیز به عنوان لایه اطلاعاتی مکمل به‌کار گرفته شد. انتخاب نمونه‌های تعلیمی یکی از حساس‌ترین مراحل استخراج ردیف‌های

طیفی- اطلاعاتی و طبقه‌بندی تصاویر به‌روش رقومی است، لذا در این مرحله بایستی میزان تفکیک پذیری نمونه‌های تعلیمی به‌دقت مدیریت شود. برای نیل به این هدف از نمودار دو بعدی بین نوارها استفاده شد (شکل ۲). همان‌گونه که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، طبقات در این نمودار به خوبی از یک‌دیگر تفکیک شده‌اند. لازم به‌ذکر است که برای طبقه‌بندی با شوری شدید، شوری خیلی زیاد، شوری کم، غیر شور و زراعی ابتدا تعداد دو تا چهار زیر طبقه تعیین و سپس در هم ادغام شدند.



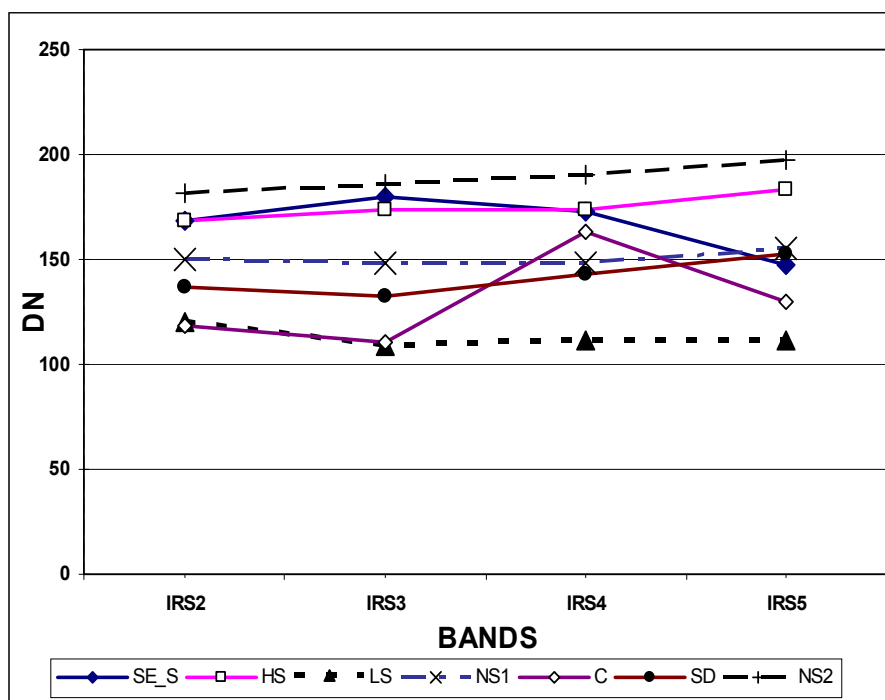
شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی و تصویر رنگی کاذب LISS\_III432



شکل ۲- نمودار دو بعدی بین B5 و B2

یکی دیگر از روش‌های نظارت بر تفکیک‌پذیری طبقه‌های اطلاعاتی، مقایسه نمودار طیفی نمونه‌های تعلیمی است. به‌طوری که در شکل ۳ ملاحظه می‌شود، زیر طبقه اراضی با شوری کم، دارای رفتار طیفی نسبتاً مشابهی با طبقه

شوری شدید و خیلی زیاد است که این به علت وجود پوسته‌هایی با سطح براق و صاف در سطح اراضی با شوری کم است. لذا ممکن است نتیجه طبقه‌بندی این ردیف‌های طیفی به علت وجود پیکسل‌های مخلوط رضایت بخش نباشد، اما استفاده از اطلاعات جانبی دیگر، که موقعیت مکانی را هم لحاظ نماید، می‌تواند به بهبود نتایج کمک نماید. برای تهیه نقشه واقعیت زمینی، پس از انتخاب نمونه‌های آموزشی مختصات آن‌ها ثبت شد؛ سپس با کمک GPS موقعیت نقاط بر روی زمین شناسایی، مطالعه و نمونه‌برداری شدند. در هر محل از مرکز و محیط دایره‌ای به شعاع ۵۰ متر، چهار نمونه برداشت و در انتها یک نمونه مرکب تهیه شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه خاک‌شناسی طبق روش‌های استاندارد تجزیه شدند. محل‌های برداشت زمینی در محیط ILWIS وارد، سپس با عملیات پلی‌گون‌سازی به پلی‌گون تبدیل شد و برای تلاقی دادن با نتایج طبقه‌بندی به قالب رستر تبدیل و تصاویر به روش نظارت شده و الگوریتم بیشینه احتمال طبقه‌بندی شدند. به منظور ارزیابی صحت طبقه‌بندی، نتایج با نقشه واقعیت زمینی تلاقی داده شد و سپس ماتریس خطای طبقه‌بندی محاسبه شد.



شکل ۳- نمودار طیفی طبقه‌های پوشش گیاهی (C)، خاک‌هایی با شوری خیلی زیاد (HS)، شوری کم (LS)، بدون شوری (NS1)، بدون شوری (NS2)، شوری شدید (SE-S) و تپه‌های ماسه‌ای (SD)

### نتایج و بحث

نتایج تفسیر نقشه‌های موضوعی موجود، مطالعات میدانی و نتایج آزمایشگاهی نشان می‌دهد که اراضی این ناحیه در واحدهای فیزیوگرافیک زیرگسترده‌اند.

الف) اراضی بادبزی شکل سنگ‌ریزه‌دار، با بالاترین ارتفاع (۱۰۰۹ متر از سطح دریا)، دارای بافت لوم تا شنی لومی با ۱۵ تا ۷۵ درصد سنگ‌ریزه در سطح و ۶۰ تا ۹۰ درصد سنگ‌ریزه در پروفیل؛

ب) تپه‌های ماسه‌ای متشکل از ماسه و تپه‌های متشکل از کنگلومرا با میان لایه‌های رس و ماسه؛

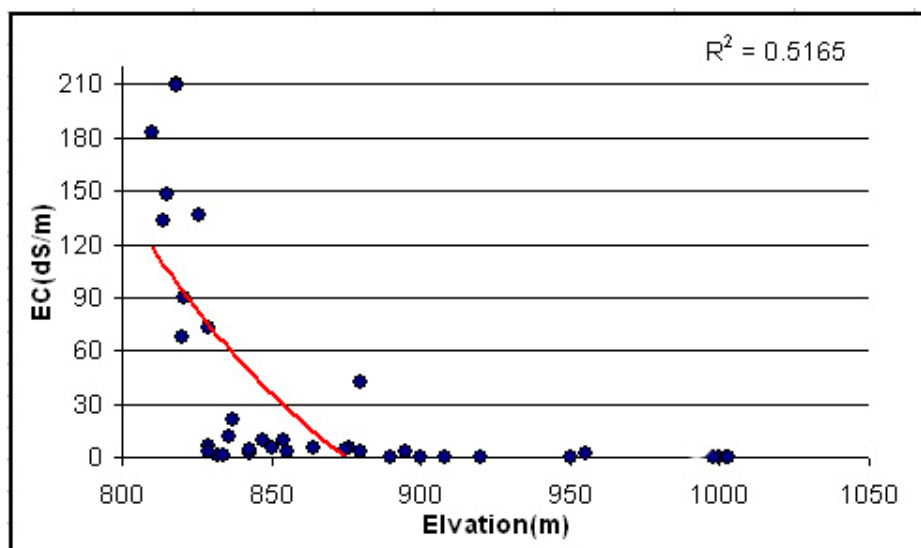
ج) اراضی پست با کم‌ترین ارتفاع از سطح دریا (۷۱۹ متر) دارای بافت لوم تا لوم رسی، وجود پوسته‌های پفکی، مسطح و ترک‌دار در سطح خاک، بدون سنگ‌ریزه در سطح (جدول ۱).

جدول ۱- مشخصات ردیف های طبقه بندی شده با استفاده از LISS-III

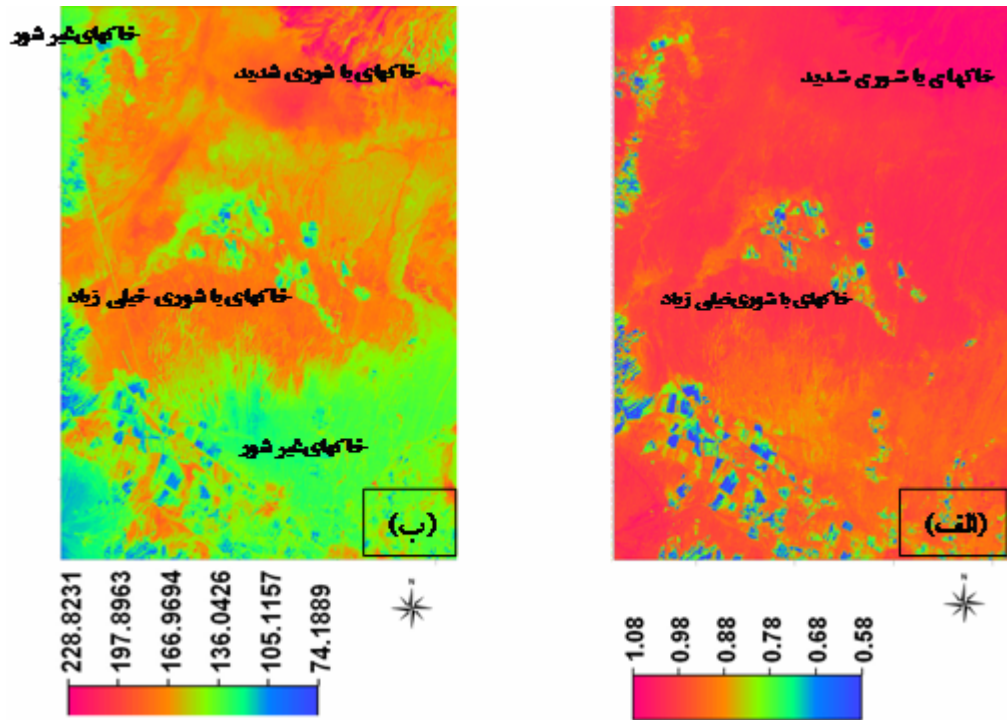
وضعیت	شوری (DS/m)	سنگریزه %	رنگ	بافت	مساحت (ha)	واحد فیزیوگرافی	طبقه اطلاعاتی
-----	۱-۴	۱۵-۲۰	10YR5/4	S.to L.	۳۴۵۶	۹ و ۴	اراضی مزروعی
-----	۳-۵	۱۵-۲۰	10YR6/4	L.S.	۵۰۱۱	۹ و ۴ و ۲	خاک‌های با شوری کم <sup>۲</sup>
-----	۱-۳	۳۵-۷۵	10YR5/4	L.S.	۷۶۰۳	۹	خاک‌های بدون شوری
پوسته صاف در سطح	۵-۸	۵-۱۰	10YR6/4	L.	۳۱۶۸	۹	خاک‌های با شوری کم <sup>۱</sup>
پوسته نمکی و پفی	۲۲-۳۰	۲-۵	7/5YR6/4	L.	۸۲۳۶	۶	خاک‌های با شوری خیلی زیاد
ذرات نمک	۱۳۰-۱۹۸	---	7/5YR5/4	L.	۱۴۶۳۰	۶	خاک‌های با شوری شدید
-----	۳-۵	---	10YR7/4	S.	۸۹۳۷	SD	تپه‌های ماسه‌ای

واحد فیزیوگرافی ۲، ۴، ۶، ۹ و SD به ترتیب برابر هستند با Hill، Piedmont Alluvial Plains، Low Land، Gravelly Colluvial Fans و Sand Dune

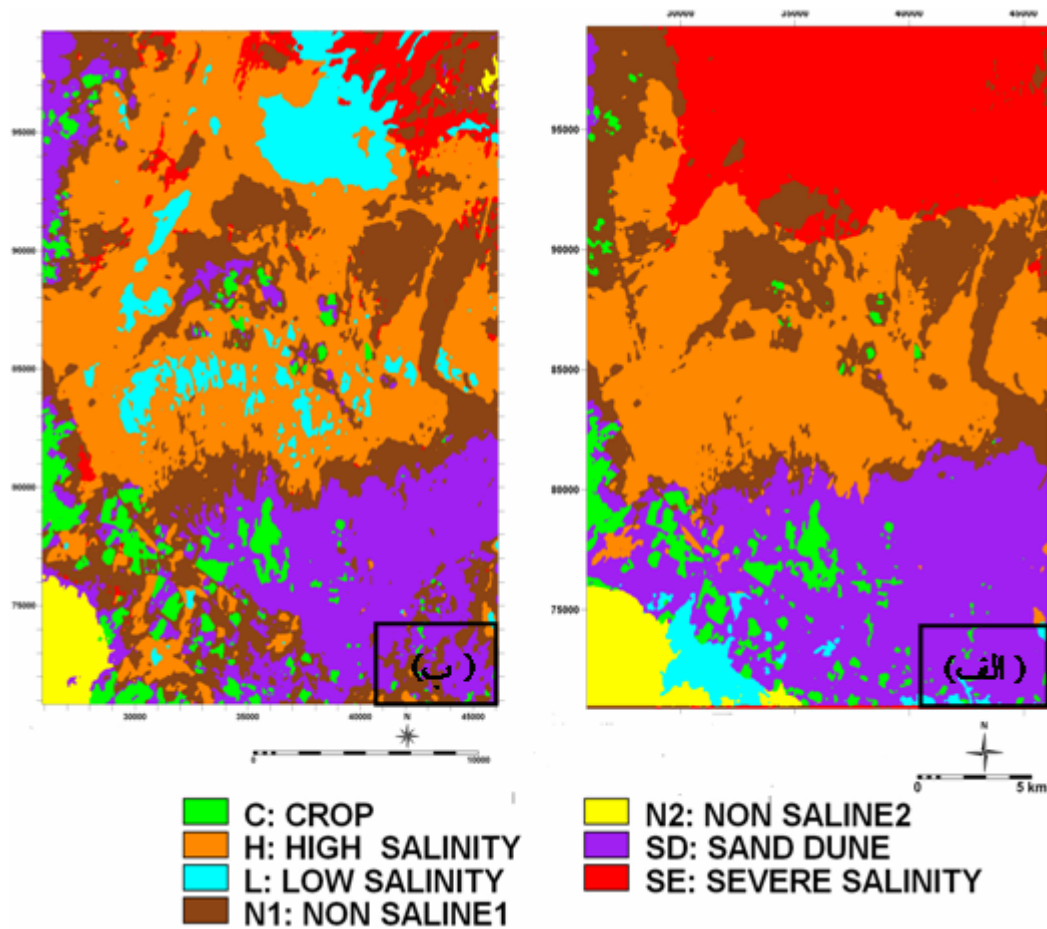
ویژگی‌های هیدرولوژیکی منطقه، که تمامی جریان‌های سطحی از نقاط مرتفع به سمت اراضی گود و پست هدایت شده، موجب شده سطح آب زیرزمینی شور در نواحی پست به کم‌تر از یک متر برسد و بعضاً حتی در فصل خشک سطح خاک خیس باشد. بنابراین تشکیل خاک شور در این شرایط اقلیمی دور از انتظار نیست. تمامی شاخص‌ها پدیده‌های متفاوتی را در منطقه نشان می‌دهند، شاخص روشنایی (BI) نواحی با شوری شدید و شوری خیلی زیاد را با بالاترین ارزش و پوشش گیاهی شاداب و حساس به شوری (باغات میوه) را با کم‌ترین ارزش نمایش می‌دهد، اما به روشنی قادر به تفکیک اراضی غیرشور نیست (شکل ۵-الف)، شاخص شوری (SI) نسبت به شاخص روشنایی (BI) با دقت بالاتری نواحی غیرشور را از اراضی شور تفکیک نموده است (شکل ۵-ب). در این تصویر نواحی با شوری شدید دارای ارزش ۲۲۹ و پوشش‌های گیاهی شاداب و خاک‌های غیرشور دارای ارزش ۸۸ تا ۱۵۵ و ارزش‌های ۱۵۵ تا ۲۲۱ مربوط به خاک‌های خیلی شور هستند. اما اراضی شور و مرطوب را نتوانسته از اراضی غیر شور، اعم از تپه‌های ماسه‌ای و اراضی بادبزی شکل تفکیک نماید.



شکل ۴- رابطه شوری و ارتفاع در محدوده مطالعاتی



شکل ۵- الف- شاخص روشنایی، بالاترین درجات مربوط به اراضی شدیداً شور و خیلی شور و کمترین مربوط به پوشش گیاهی است، ب- شاخص شوری، با دقت بالاتری نواحی شور را نمایش می‌دهد.



شکل ۶- نتایج طبقه‌بندی نظارت شده الف- تلفیق نوارهای LISS-III و DEM و ب- نوارهای LISS-III

به علت این که در این ناحیه بین شوری و موقعیت ارتفاعی رابطه معکوس وجود دارد (شکل ۴)، یعنی با کاهش ارتفاع، شوری افزایش می یابد، ممکن است با اضافه نمودن لایه رقومی ارتفاع به مجموعه نوارها و طبقه بندی این مجموعه، نتایج طبقه بندی بهبود یابد. با انتخاب دو روی کرد اقدام به طبقه بندی نظارت شده تصاویر شد: یک بار مجموعه نوارهای سنجنده و یک بار هم ترکیب نوارهای سنجنده و لایه رقومی ارتفاع که نتایج این طبقه بندی ها در جدول های ۲ و ۳ آمده است. این نتایج نشان می دهد بدون استفاده از داده کمکی، دقت کلی طبقه بندی ۷۶ درصد، دقت تولید کننده ۷۸ درصد و دقت کاربر ۸۲ درصد است. اما پس از استفاده از داده کمکی (مدل رقومی ارتفاع) دقت طبقه بندی افزایش می یابد؛ به طوری که دقت کلی ۹۸/۱ درصد، دقت تولید کننده ۹۷/۲۸ درصد و دقت کاربر ۹۸/۴۸۹ درصد است. قبل از دخالت داده های رقومی؛ ارتفاع طبقات با شوری خیلی زیاد و شوری کم دارای هم پوشانی طیفی هستند به نحوی که ۵۵ پیکسل از ردیف شوری خیلی زیاد حذف و در ردیف شوری کم طبقه بندی شده است و بر عکس ۱۲ پیکسل از ردیف شوری کم در طبقه شوری خیلی زیاد طبقه بندی شده است. وجود شوری و پوسته های شور در سطح آن ها موجب تشکیل پیکسل های مخلوط می شود و به لحاظ این که در روش های پیکسل پایه بالاخره هر پیکسلی تنها به یک ردیف اختصاص می یابد، این گونه پیکسل ها به اشتباه در طبقه دیگری طبقه بندی می شوند. پس از دخالت مدل رقومی ارتفاع در طبقه بندی، به علت اینکه ردیف خاک های خیلی شور و شوری کم دارای موقعیت ارتفاعی متفاوتی هستند، دقت ردیف های مذکور به ۱۰۰ درصد افزایش یافته است که بیان گر نقش مدل رقومی ارتفاع در تفکیک پذیری خاک های خیلی شور از خاک های باشوری کم و غیر شور در این منطقه است.

به منظور بررسی میزان تطبیق نتایج طبقه بندی با نقشه های شوری خاک، که به روش معمول و بر مبنای تفسیر عکس های هوایی و مطالعات میدانی تهیه شده است، این نتایج مورد مقایسه قرار گرفتند (جدول ۴). نتایج نشان می دهد پس از ترکیب داده های ماهواره ای با مدل رقومی، ارتفاع میزان تطبیق ردیف های با شوری شدید و شوری خیلی زیاد افزایش یافته است. البته لازم به ذکر است که به علت تفاوت در مبنای تفکیک عوارض در روش معمول و رقومی این مقایسه مورد تردید است و نیازمند بررسی جداگانه است.

بر اساس نتایج جدول خطا، دقت طبقه بندی تصاویر بر مبنای نمونه های تعلیمی معرفی شده به سامانه قبل از ترکیب تصاویر با مدل رقومی ارتفاع، ۷۶ درصد و پس از ترکیب مدل رقومی ارتفاع با تصاویر به ۹۸ درصد رسیده است. علت این افزایش را می توان به نقش داده های ارتفاعی در تفکیک اراضی شور و غیر شور نسبت داد که دارای بازتاب طیفی مشابهی هستند. Ziadat و همکاران (۲۰۰۳)، نیز معتقدند با ترکیب داده های کمکی مانند مدل رقومی ارتفاع و تصاویر ماهواره ای صحت طبقه بندی افزایش می یابد.

جدول ۲- ماتریس خطای طبقه بندی داده های سنجنده LISS III

Classification Results										
Test Set	C	HS	LS	NS1	NS2	SD	SE_S	Total	ACC.	OM.
C	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۰	۱	۰
HS	۰	۴۵	۵۵	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۰/۴۵	۰/۵۵
LS	۰	۱۲	۱۲۰	۰	۰	۰	۰	۱۳۲	۰/۹	۰/۱
NS1	۰	۰	۰	۸۸	۰	۵۱	۰	۱۳۹	۰/۶۳	۰/۳۷
NS2	۰	۰	۰	۰	۱۳۲	۰	۰	۱۳۲	۱	۰
SD	۰	۰	۰	۰	۰	۱۴۳	۰	۱۴۳	۱	۰
SE_S	۰	۰	۳۶	۵۴	۰	۱	۸۵	۱۷۶	۰/۴۸	۰/۵۲
REL	۱	۰/۸۷	۰/۵۷	۰/۶۲	۱	۰/۷۳	۱	۸۸۲		
CO.	۰	۰/۱۳	۰/۴۳	۰/۳۴	۰	۰/۲۷	۰			
ACC = ۷۸%	C : زراعت    HS : شوری خیلی زیاد    LS : شوری کم									
REL = ۸۲%	NS : بدون شوری    SD : تپه های ماسه ای    SE_S : شوری شدید									
OA = ۷۶%	ACC : دقت تولید کننده    REL : دقت کار بر    OA : دقت کل    OM : خطای حذف    CO : خطای اضافه									



جدول ۳- ماتریس خطای طبقه‌بندی داده‌های سنجنده DEM و LISS\_III

Classification Results										
Test Set	C	HS	LS	NS1	NS2	SD	SE_S	Total	ACC.	OM
C	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۰	۱	۰
HS	۰	۱۴۳	۰	۰	۰	۰	۰	۱۴۳	۱	۰
LS	۰	۰	۵۵	۰	۰	۰	۰	۵۵	۱	۰
NS1	۰	۰	۰	۸۷	۰	۱۲	۰	۹۹	۰/۸۸	۰/۱۲
NS2	۰	۰	۰	۰	۱۳۲	۰	۰	۱۳۲	۱	۰
SD	۰	۰	۰	۰	۰	۱۴۳	۰	۱۴۳	۱	۰
SE_S	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۵۴	۲۵۴	۱	۰
REL	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۹۲	۱			
CO.	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۸	۰			
ACC = ۹۸/۲۷ %	C : زراعت    HS : شوری خیلی زیاد    LS : شوری کم									
REL = ۹۸/۸۹ %	NS : بدون شوری    SD : تپه های ماسه‌ای    SE_S : شوری شدید									
OA = ۹۸/۶۵ %	ACC : دقت تولید کننده    REL : دقت کار بر    OA : دقت کل    OM : خطای حذف    CO : خطای اضافه									

جدول ۴- درصد تطبیق ردیف های اطلاعاتی با نقشه شوری خاک قبل و بعد از تلفیق داده‌های ماهواره‌ای با مدل رقومی ارتفاع

طبقه اطلاعاتی	بدون شوری	باشوری کم	باشوری خیلی زیاد	باشوری شدید
قبل از تلفیق	۷۲	۳۲	۶۵	۸۴
بعد از تلفیق	۷۰	۳۱	۷۵	۹۶

مطالعات میدانی نشان می‌دهد اراضی که با عنوان شوری شدید طبقه‌بندی شده‌اند، دارای سطح آب زیرزمینی بالا بوده، ضمن این که سطح آن‌ها مرطوب است، فاقد هرگونه پوشش گیاهی هستند، لذا رطوبت موجب کاهش بازتاب از سطح خاک شده و باعث می‌شود دارای رفتار طیفی نسبتاً مشابه با برخی اراضی خشک و سنگ‌ریزه‌دار باشند. این نتایج با یافته‌های Zinck (۲۰۰۱) مطابقت دارد. بازتاب طیفی نمک متاثر از میزان رطوبت است، لذا با افزایش رطوبت میزان بازتاب کاهش می‌یابد، اما اراضی سنگ‌ریزه‌دار دارای اختلاف ارتفاعی معادل ۲۰۰ متر نسبت به اراضی پست و شور و مرطوب هستند. بنابراین در مدل رقومی ارتفاع، دارای ارزش‌های متفاوتی هستند که هنگام طبقه‌بندی این تفاوت موجب بهبود صحت طبقه‌بندی می‌شود. Dodos و همکاران (۲۰۰۰) هم معتقدند که ادغام و تلفیق داده‌های ماهواره‌ای با داده‌های زمینی مانند DEM و تراکم شبکه‌های زهکشی (PDD) دقت تفکیک خاک‌ها را افزایش می‌دهد. بنابراین اگر داده‌های طیفی به‌تنهایی قابلیت تفکیک پدیده‌ها را نداشته باشند، یا این که با دقت قابل اطمینانی نتوانند آن‌ها را طبقه‌بندی نمود، می‌توان داده‌های کمکی دیگری مانند نقشه‌های شیب، جهت شیب و ارتفاع را با توجه به این که کدام یک از این عامل یا عوامل می‌تواند به بهبود طبقه‌بندی کمک نماید، با داده‌های طیفی ترکیب نمود.

## منابع مورد استفاده

۱. اشتوکلین، ی. ۱۳۵۲. بررسی مقدماتی زمین شناسی درلوت مرکزی. گزارش شماره ۲۲، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور.
۲. علوی پناه، س.ک. ۱۳۸۲. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک). انتشارات دانشگاه تهران.
۳. نجفی‌دیسفانی، م.ع. ۱۳۷۷. پردازش کامپیوتری تصاویر ماهواره‌ای (ترجمه). انتشارات مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی (سمت).
4. Alavi Panah, S.K., M. De Dapper, R. Goossens and M. Massoudi. 2001. The use of TM thermal band for land cover /land use mapping in two different environmental conditions of Iran. JAST, 2:27-36.
5. Alavi Panah, S.K. and R. Goossens. 2000. Contribution of soil salinity to the surface reflectance recorded by Landsat MSS and TM sensors. 1<sup>st</sup> Workshop EARSEL, Gent Belgium.
6. Alavi Panah, S.K., R. Goossens and M. De. Dapper. 1999. Study of soil salinity in the Ardakan area, Iran, based on field observation and remote sensing. Proceedings of 8<sup>th</sup> EARSEL symposium Netherland, May 1988.
7. Dodos, E., Montanarella, L., Negre, T., E. Micheli. 2001. A regional scale soil mapping approach using integrated AVHRR and DEM data. International Journal of Applied Earth Observation and

- Geoinformation, 3:30–41.
8. Ghassemi, F., A.J. Jakeman and H.A. Nix. 1995. Stalinization of land and water resources: human causes, extent, management and case studies. Canberra, Australia: The Australian National University, Wallingford, Oxon, UK: CAB International.
  9. Goldshleger, N., E. Ben-Dor, Y. Benyamini, M. Agassi, and D. Blumber. 2001. Characterization of soil's structural crust by spectral reflectance in the SWIR region (1.2– 2.5 Am). *Terra Nova*, 13:12–17.
  10. Goossens, R., S.K. Alavi Panah, M. De Dapper, and O. Kissyar. 1999. The use of thermal band of Landsat TM for the study of soil salinity in Iran (Ardakan area) and Egypt (Ismailia Province). *Proceedings of International Conference on Geoinformatics for Natural Resource Assessment, Monitoring and Management* (pp. 454– 459). Dehradun, India: Indian Institute of Remote Sensing, NRSA.
  11. Karavanova, E.I., D.P. Shrestha, and D.S. Orlov. 2000. Application of remote sensing techniques for the study of soil salinity in semi-arid Uzbekistan. [http://www.itc.nl/personal/shrestha/RS\\_for\\_salinity](http://www.itc.nl/personal/shrestha/RS_for_salinity).
  12. Lillesand T.M. and R.W. Kiefer. 1994. *Remote sensing and image interpretation*. Third edition, John Wiley and Sons, Inc.
  13. McGowen, I. and S. Mallyon. 1996. Detection of dryland salinity using single and multi-temporal Landsat imagery. *Proceedings of the 8th Australasian Remote Sensing Conference*, Canberra, 26–34.
  14. Mougnot, B., M. Pouget, and G. Epema. 1993. Remote sensing of salt affected soils. *Remote Sensing Reviews*, 7:241–259.
  15. Ziadat F.M., J.C. Taylor and T.R. Brewer. 2003. Merging Landsat TM imagery with topographic data to aid soil mapping in the Badia region, *Remote Sensing of Env.*, 84:45-60.
  16. Zinck, J.A., I.R. Goossens, and B.M. De Vliegheer. 2001. Monitoring salinity from remote sensing data. 1st Workshop of the EARSeL Special Interest Group on Remote Sensing for Developing Countries, Ghent University, Belgium, pp. 359– 368.

## Characterization of Soil Salinity in Arid Region of Kashan by Digital Processing of IRS\_1D Data

Hamid Reza Matinfar<sup>1</sup>, Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorram Abad, Iran

Fereydoun Sarmadian, Assistant Professor, Soil Science Faculty, Tehran University, Iran

Seyed Kazem Alavipanah, Professor, Faculty of Science, Tehran University, Iran

Received: 07 June 2010

Accepted: 11 November 2010

### Abstract

Soil salinity is one of the main increasing problems of the world. In the recent years application of remote sensing and GIS techniques in order to assess saline soils is used because they bring about vast uniform coverage of ground phenomena in a short time. The images of LISS III sensor of the Indian satellite (IRS) were used in this research. The Brightness index (BI) could discriminate highly saline soils from non-saline and the salinity index (SI) show high potential to separate very high, high and non-saline soils. Results of supervised classification without combination DEM and remote sensing data have overall accuracy of 76%, producer accuracy of 78% and user's accuracy of 82%. While in supervised classification combination of remotely sensed data and DEM have overall accuracy of 98.1% , producer accuracy of 98.28% and user's accuracy of 98.4% .The reason for low accuracy of the classification , before combination of remote sensing and topographic data , can be explained by highly moist saline soils spectral interference with non-saline soils (soil with 25 to 65% gravels) , but these two soils had different topographic condition with 200 meters elevation difference , thus , with combination of the DEM , this kind of area and other areas with similar conditions have been separated from each other .

**Key words:** Brightness index, DEM, GIS, RS, Salinity index

---

<sup>1</sup> matinfar44@gmail.com