

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دانشگاه یزد  
دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی  
گروه مدیریت مناطق بیابانی

پایان نامه  
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد  
مدیریت مناطق بیابانی

پایش شوری خاک با استفاده از داده‌های سنجش از دور جهت  
مدیریت ویژه اراضی کشاورزی در دشت هرات استان یزد

استاد راهنما:  
دکتر محمدعلی حکیمزاده

استاد مشاور:  
مهندس زهرا گیوئی اشرف

پژوهش و نگارش:  
علیرضا وحدتی

پاییز ۱۳۹۳

تقدیم به:

مقدس ترین واژه مادر لغت نامه دلم...

مادر مهربانم که زندگیم را دیون مهر و عطف آن می دانم...

پدر، مهربانی مشفق، بردبار و حامی...

خواهرانم، همراهم، همیشگی و پشوانه های زندگیم...

## پاسکزاری

به مصداق «من لم یسکر المخلوق لم یسکر الخالق» بسی شایسته است از استاد فرهیخته و فرزانه جناب آقای دکتر محمد علی حکیم زاده که با کرامتی چون خورشید، سرزمین دل را روشنی بخشید و بوستان علم و دانش را بار بار بهمانی-های کار ساز، سازنده و بارور ساختند، تقدیر و تشکر نمایم.

همچنین از استاد صبور و دلسوز، سرکار خانم مهندس زهرا کیوئی اشرف که زحمات مشاوره این پایان نامه را متقبل شدند، کمال تشکر و پاسکزاری را دارم.

و با سپاس بسیار از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور که بدون هیچگونه چشمداشتی، تمامی امکانات لازم در به انجام رساندن این پروژه را در اختیار اینجانب قرار دادند...

## چکیده

یکی از مهمترین و با ارزش ترین منابع طبیعی تجدیدشونده خاک است که زیربنای تمدن بشری به شمار می آید. شوری خاک از مهم ترین عوامل کاهش کیفیت زمین های کشاورزی است. پایش و مدیریت شوری خاک یکی از مهم ترین مسائل کشاورزی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک است.

با وجود وسعت زیاد این اراضی و هزینه زیاد شناسایی و تشخیص خاک های شور توسط روش های قدیمی، استفاده از روش های نو ضروری می شود. فن آوری سنجش از دور به عنوان یک ابزار مناسب به منظور پایش برخی از پدیده های طبیعی به شمار می رود، چرا که اطلاعات وسیعی را از یک منطقه در دوره های زمانی گوناگون ارائه می نماید.

گسترده تر شدن سطح اراضی شور در منطقه به علت تغییر کاربری اراضی و تبدیل مراتع به زمین های کشاورزی در طی سال های مورد مطالعه فرضیه ما در این تحقیق است.

هدف پژوهش حاضر پایش شوری خاک با استفاده از داده های سنجنده LISS III از ماهواره IRS و مقایسه آن ها در سال های مختلف است.

ابتدا بر روی تصاویر LISS III تصحیح هندسی و سپس تبدیل طیفی انجام گرفت. پردازش- های طیفی بر روی تصاویر سنجنده انجام و نقاط نمونه برداری با تمامی باندها قطع داده شد. در مرحله بعد ارزش پیکسل این نقاط استخراج و سپس با استفاده از نرم افزار SPSS و انجام آزمون- های مختلف آن، ضرایب و مدل های رگرسیونی بین هر یک از مؤلفه های EC و OM با تمامی باندها، شاخص ها، نسبت های طیفی و مؤلفه های اصلی تعیین گردید. سپس مدل ها با استفاده از مؤلفه های خطای نسبی مورد ارزیابی قرار گرفته و آن هایی که از ضریب تعیین و فاکتور F بالاتر، خطای تخمین پایین تر و از تعداد پارامترهای کمتری برخوردار بودند به عنوان مناسب ترین مدل ها انتخاب شدند. نقشه طبقه بندی EC و OM منطقه با کمک داده های عملیات صحرایی انجام شده ونتایج حاصل از آزمایش های خاک به منظور برآورد پایش تغییرات شوری به روش نظارت شده

تهیه شد. با استفاده از مدل اعمال شده هر پارامتر (EC و OM) بر روی تصویر، صحت طبقه‌بندی نقشه‌های تولیدشده برآورد گردید و نقشه تشخیص تغییرات نیز تهیه گردید.

نتایج به دست آمده ضمن رد فرضیه تحقیق مبنی بر گسترده تر شدن اراضی شور در منطقه حاکی از این بود که در بازه زمانی مورد مطالعه در اکثر نقاط نمونه‌برداری شده ماده آلی افزایش داشته است اما هدایت الکتریکی نه تنها افزایشی در بر نداشته است بلکه به دلایل زیر کاهش را هم نشان می‌دهد:

کیفیت بالای آب منطقه مورد مطالعه که اکثراً از چشمه نهر مسیح تامین می‌گردد یا چاه‌هایی که به نوعی کیفیت بالایی دارند و بنا به گزارش شرکت آب منطقه ای EC آن ۷/۰ میلی زیمنس بر سانتیمتر می‌باشد که در حد قابل شرب می‌باشد.

آبشویی منطقه مورد مطالعه توسط آب با کیفیت بالا خود به خود انجام شده است .

افزایش سطح زیر کشت اصولی باعث افزایش ماده آلی خاک‌ها شده و نه تنها تاثیر منفی روی اراضی نداشته بلکه باعث بیابانزدایی نیز شده است .

دقت اندازه گیری بالای ۸۰٪ اندازه‌گیری شد که نشان‌دهنده دقت بالای سنجش از دور در مطالعات شوری خاک است.

**کلمات کلیدی:** پایش شوری، خاک، دشت هرات، سنجش از دور

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول:	
مقدمه و کلیات.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۲
۱-۱-۱- تعریف مساله.....	۳
۱-۱-۲- فرضیه تحقیق.....	۴
۱-۱-۳- هدف تحقیق.....	۵
۲-۱- کلیات.....	۵
۱-۲-۱- منشا املاح و پیدایش خاکهای شور.....	۵
۲-۲-۱- تعریف دامنه شوری.....	۵
۱-۲-۲-۱- طبقه‌بندی آمریکایی.....	۶
۲-۲-۲-۱- طبقه‌بندی روسی.....	۶
۳-۲-۱- مروری بر علم سنجش از دور.....	۸
۱-۳-۲-۱- تعریف.....	۸
۲-۳-۲-۱- تاریخچه علم سنجش از دور.....	۸
۳-۳-۲-۱- سنجنده LiSSIII.....	۹
۴-۳-۲-۱- ویژگی‌های طیفی پدیده‌ها در سطح زمین.....	۹
۱-۴-۳-۲-۱- خصوصیات انعکاس طیفی خاک.....	۱۰
۲-۴-۳-۲-۱- مقایسه انعکاس امواج الکترومغناطیس در آب، خاک و گیاه.....	۱۱
۴-۲-۱- تصحیح داده‌های ماهواره ای.....	۱۱
۵-۲-۱- پردازش و تبدیلهای طیفی تصاویر.....	۱۳
۱-۵-۲-۱- فیلترگذاری.....	۱۳

- ۱۴.....نسبت‌های طیفی.....۲-۵-۲-۱
- ۱۵.....تجزیه مؤلفه‌های اصلی.....۳-۵-۲-۱
- ۱۵.....تصاویر کاذب رنگی.....۴-۵-۲-۱
- ۱۶.....شاخص‌ها.....۶-۲-۱
- ۱۶.....شاخص شوری استاندارد شده (NDSI).....۱-۶-۲-۱
- ۱۶.....شاخص شوری (SI).....۲-۶-۲-۱
- ۱۶.....شاخص درجه روشنایی (BI).....۳-۶-۲-۱
- ۱۷.....استخراج اطلاعات ماهواره ای.....۷-۲-۱
- ۱۷.....تشکیل مدل رابطه مؤلفه‌های شوری خاک با مؤلفه‌های بازتاب طیفی تصاویر.....۸-۲-۱
- ۱۷.....ارزیابی مدل.....۱-۸-۲-۱
- ۱۸.....طبقه‌بندی.....۹-۲-۱
- ۱۸.....طبقه‌بندی نظارت نشده.....۱-۹-۲-۱
- ۱۹.....طبقه‌بندی نظارت شده.....۲-۹-۲-۱
- ۱۹.....فاکتور شاخص بهینه.....۱-۲-۹-۲-۱
- ۲۰.....ارزیابی صحت.....۳-۹-۲-۱
- ۲۲.....روشهای تشخیص تغییرات.....۱۰-۲-۱

#### فصل دوم:

- ۲۳.....مروری بر منابع.....
- ۲۴.....۱-۲- مروری بر منابع.....
- ۲۴.....۱-۱-۲- مطالعات انجام شده در کشور.....
- ۲۷.....۲-۱-۲- مطالعات انجام شده در خارج از کشور.....

#### فصل سوم:

- ۳۲.....مواد و روشها.....

- ۳-۱-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه..... ۳۳
- ۳-۱-۱-۱- موقعیت جغرافیایی..... ۳۳
- ۳-۱-۱-۲- وضعیت آب و هوایی و منابع آب دشت هرات..... ۳۴
- ۳-۱-۱-۳- زمینشناسی..... ۳۵
- ۳-۱-۳-۱- واحد Qt1..... ۳۶
- ۳-۱-۳-۲- واحد Qt2..... ۳۶
- ۳-۱-۳-۳- واحد QaI..... ۳۶
- ۳-۱-۴- پوشش گیاهی..... ۳۶
- ۳-۱-۵- هیدروژئولوژی..... ۳۷
- ۳-۲- داده های تحقیق..... ۳۸
- ۳-۲-۱- داده های آزمایشگاهی..... ۳۸
- ۳-۲-۲- داده های ماهواره‌های..... ۳۹
- ۳-۳- روش تحقیق..... ۳۹
- ۳-۳-۱- عملیات صحرایی..... ۳۹
- ۳-۳-۲- عملیات آزمایشگاهی..... ۴۰
- ۳-۳-۳- عملیات پیش پردازش تصاویر..... ۴۱
- ۳-۳-۳-۱- تصحیح هندسی..... ۴۱
- ۳-۳-۳-۲- تبدیل های طیفی تصاویر..... ۴۱
- ۳-۳-۳-۵- شاخص ها..... ۴۲
- ۳-۳-۳-۶- تشکیل مدل رابطه مؤلفه‌های شوری خاک با مؤلفه‌های بازتاب طیفی تصاویر..... ۴۲
- ۳-۳-۳-۱- ارزیابی مدل..... ۴۲
- ۳-۳-۳-۷- طبقه بندی..... ۴۲
- ۳-۳-۳-۱- تعیین صحت..... ۴۳

۴۳ ..... نقشه تشخیص تغییرات.....۸-۳-۳

#### فصل چهارم:

۴۴ ..... نتایج و بحث.....

۴۵ ..... ۱-۴- نتایج مربوط به عملیات صحرائی.....

۴۸ ..... ۲-۴- نتایج خاک.....

۵۲ ..... ۳-۴- نتایج مربوط به تصاویر ماهواره ای.....

۵۳ ..... ۱-۳-۴- نتایج تصحیح هندسی تصویر سال ۲۰۱۲.....

۵۳ ..... ۲-۳-۴- ساخت و ارزیابی مدل رابطه مؤلفه شوری خاک با مؤلفه بازتاب طیفی تصاویر.....

۵۵ ..... ۳-۳-۴- نتایج مربوط به طبقه بندی مؤلفه های شوری خاک با استفاده از تصاویر.....

۴-۳-۴- نتایج مربوط به ارزیابی صحت نقشه های طبقه بندی مؤلفه های شوری خاک

با استفاده از تصاویر.....

۵۹ ..... ۵-۳-۴- نقشه های آشکارسازی تغییرات بین دوره زمانی ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲.....

#### فصل پنجم:

۶۳ ..... نتیجه گیری و پیشنهادات.....

۶۴ ..... ۱-۵- نتیجه گیری ارزیابی پایش شوری خاک با استفاده از سنجش از دور.....

۶۵ ..... ۲-۵- پیشنهادات.....

۶۷ ..... منابع.....

## فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۳۴	شکل ۳-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه .....
۳۸	شکل ۳-۲- تصاویری از مراحل آزمایش .....
۴۰	شکل ۳-۳- تصاویری از عملیات صحرائی .....
۴۷	شکل ۴-۱- موقعیت نقاط نمونه برداری در محدوده مورد مطالعه .....
۵۱	شکل ۴-۲- نمودارهای تغییرات OM,pH و EC خاک در سال های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۱ .....
۵۲	شکل ۴-۳- تصویر IRS سال ۲۰۰۸ مربوط به دشت هرات .....
۵۲	شکل ۴-۴- تصویر IRS سال ۲۰۱۲ مربوط به دشت هرات .....
۵۳	شکل ۴-۵- موقعیت نقاط انتخاب شده به منظور تصحیح هندسی .....
۵۵	شکل ۴-۶- نقشه طبقه بندی EC در سال ۲۰۰۸ .....
۵۶	شکل ۴-۷- نقشه طبقه بندی EC در سال ۲۰۱۲ .....
۵۷	شکل ۴-۸- نقشه طبقه بندی OM در سال ۲۰۰۸ .....
۵۸	شکل ۴-۹- نقشه طبقه بندی OM در سال ۲۰۱۲ .....
۶۰	شکل ۴-۱۰- نقشه تغییرات مهم OM در طول دوره ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ .....
۶۱	شکل ۴-۱۱- نقشه تغییرات مهم EC در طول دوره ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ .....

## فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱- کلاس‌های شوری به روش آمریکایی بر حسب $dSm^{-1}$ .....	۶
جدول ۱-۲- تقسیم‌بندی نمک‌ها بر اساس نسبت یون کلر به یون سولفات.....	۷
جدول ۳-۱- خلاصه مشخصات تیپ‌های گیاهی منطقه مورد مطالعه.....	۳۷
جدول ۳-۲- کلاس‌های شوری خاک از نظر EC.....	۴۳
جدول ۴-۱- نتایج عملیات صحرائی.....	۴۵
جدول ۴-۲- نتایج آزمایشگاهی نمونه‌های خاک سطحی سال ۱۳۸۷.....	۴۸
جدول ۴-۳- نتایج آزمایشگاهی نمونه‌های خاک سطحی سال ۱۳۹۱.....	۴۹
جدول ۴-۴- مدل تخمین مؤلفه EC خاک و نتایج ارزیابی مدل در سال ۲۰۰۸.....	۵۳
جدول ۴-۵- مدل تخمین مؤلفه EC خاک و نتایج ارزیابی مدل در سال ۲۰۱۲.....	۵۴
جدول ۴-۶- مدل تخمین مؤلفه OM خاک و نتایج ارزیابی مدل در سال ۲۰۰۸.....	۵۴
جدول ۴-۷- مدل تخمین مؤلفه OM خاک و نتایج ارزیابی مدل در سال ۲۰۱۲.....	۵۴

فصل اول:  
مقدمه و کلیات

خاک یکی از منابع طبیعی و شاید مهم‌ترین زیربنای تمدن هر کشور است و در واقع مسیر پیشرفت با سیر قهقرایی هر جامعه را اصول چگونگی بهره‌برداری از خاک تعیین می‌کند و بنا بر قولی، ارزش خاک هنگامی معلوم می‌شود که مانند آزادی به مخاطره افتد. خاک به‌عنوان بستر حیات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نشان دهنده توان تولید اراضی است (متین‌فر و همکاران، ۱۳۸۶).

جلوگیری از تخریب منابع خاک و محافظت از آن یکی از مهم‌ترین وظایف و مسئولیت‌هایی است که نسل حاضر در برابر آیندگان دارد و این فهم تنها از طریق برنامه‌ریزی و بهره‌وری صحیح از منابع خاک امکان پذیر است. بهره‌برداری از اراضی می‌بایست بر اساس استعداد و تناسب آن برای مصارف گوناگون صورت گیرد تا علاوه بر کسب حداکثر بازده ظرفیت تولیدی اراضی نیز برای استفاده‌های بعدی حفظ شود (جعفری، ۱۳۷۹).

تبدیل اراضی حاصلخیز کشاورزی به مناطق مسکونی و صنعتی و غیره را می‌توان ناشی از فقدان برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در این مورد در کشور دانست در چنین شرایطی با تخریب تدریجی اراضی کشاورزی امکان افزایش محصولات زراعی مورد نیاز جمعیت رو به افزایش کشور در طولانی مدت میسر نخواهد بود (سرم‌دیان، ۱۳۷۹).

قسمت عمده مناطق کشور ما، به دلیل بالا بودن مقدار تبخیر و تعرق و پایین بودن میزان ریزش‌های جوی جزء مناطق خشک و نیمه خشک طبقه بندی می‌شود. یکی از مشکلات این مناطق، شوری خاک‌ها است. شناسایی و طبقه‌بندی خاک‌های شور به منظور مقابله با این شرایط سخت و اعمال مدیریت درست امری ضروری است (امینی، ۱۹۹۹).

بر طبق آمار موجود، سطح کل خاک‌های شور در ایران حدود ۴۴ میلیون هکتار تخمین زده می‌شود که حدود ۳۰ درصد مساحت دشت‌ها و متجاوز از ۵۰ درصد اراضی تحت کشت آبی کشور است (علوی پناه، ۱۳۸۲).

کشور ایران بین عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۳۸ درجه شمالی واقع شده است. میانگین ارتفاع کشور از سطح دریا بیش از ۱۵۰۰ متر است. میانگین میزان تبخیر بیش از ۲۰۰۰ میلیمتر در سال بوده که به یک حرکت محسوس نمک‌های محلول به طرف بالا منتهی می‌شود. برآورد شده است که حدود ۱۵٪ اراضی ایران (۲۵ میلیون هکتار) تحت تأثیر نمک با درجات مختلف قرار گرفته است (جعفری، ۱۳۷۹).

میزان اطلاعات مرتبط با تصاویر ماهواره‌ای با سرعت زیادی در حال افزایش است. امروزه بسیاری از سازمان‌ها و نهادها در صدد بهره جستن از این‌گونه تصاویر، برای مقاصد مختلفی هستند. از سوی دیگر تصاویر ماهواره‌ای مناطقی با وسعت بیشتر، گاهی به اندازه یک کشور را پوشش می‌دهند.

سنجش از دور عبارتست از بدست آوردن اطلاعاتی از سطح زمین و سطح دریاها با استفاده از تصاویری که بر فراز آنها به کمک قسمت‌هایی از طیف الکترومغناطیس که از سطح زمین تابیده یا بازتابیده می‌گردد، گرفته می‌شود. (Campbell)

در پژوهش حاضر سعی بر این است تا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و عملیات زمینی اثرات کشاورزی بر شوری خاک در طول چند سال مورد پایش قرار گیرد.

### ۱-۱-۱- تعریف مساله

در مناطق خشک و نیمه‌خشک آب مورد نیاز محصولات کشاورزی به طور عمده از طریق آبیاری تأمین می‌شود و کمبود منابع آب دارای کیفیت خوب، برای کشاورزی، باعث می‌گردد تا کشاورزان به ناچار، از آب‌های با کیفیت نامطلوب از جمله آب‌های شور استفاده نمایند. به این ترتیب شوری خاک‌ها و منابع آب، یکی از عوامل محدود کننده تولید محصولات زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور است.

سنجش از دور شامل اندازه‌گیری و ثبت انرژی بازتابی از سطح زمین و جو پیرامون آن از یک نقطه مناسب بالاتر از سطح زمین است. به علت هزینه‌های بالا، همچنین صرف زمان زیاد و امکان ایجاد خطاهایی که ممکن است در طی مطالعات زمینی و آزمایشگاهی ایجاد گردد استفاده از تصاویر ماهواره ای به علل پوشش وسیع از یک منطقه طی زمان‌های متعدد بهینه‌ترین ابزار است. در بررسی روند شوری خاک، به‌کارگیری داده‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی مفید است.

شوری خاک از مهم‌ترین عوامل کاهش کیفیت زمین‌های کشاورزی است. با توجه به نقش محوری فعالیت‌های کشاورزی در تامین غذای مورد نیاز بشر، توجه به کیفیت خاک و برنامه‌ریزی برای استفاده بهینه از آن بسیار ضروری است. پایش و مدیریت شوری خاک یکی از مهم‌ترین مسائل کشاورزی به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. به منظور دستیابی به این هدف بهره‌گیری از ابزار سنجش از دور و GIS اجتناب ناپذیر است. فن آوری سنجش از دور به عنوان یک ابزار مناسب به منظور پایش برخی از پدیده‌های طبیعی به شمار می‌رود، چرا که اطلاعات وسیعی را از یک منطقه در دوره‌های زمانی گوناگون ارائه می‌نماید.

مسئله اصلی در این تحقیق این است که به شیوه‌ای مناسب بتوان تغییرات شوری خاک را در منطقه ارزیابی نمود تا بر اساس آن بتوان شیوه مدیریت درست را طراحی و اجرا نمود. پایش شوری خاک در دوره زمانی معلوم با به‌کارگیری فن‌آوری سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای مسئله اساسی در این تحقیق است.

## ۱-۱-۲- فرضیه تحقیق

تغییر کاربری اراضی و تبدیل مراتع به زمین‌های کشاورزی در طی سال‌های مورد مطالعه باعث گسترده‌تر شدن اراضی شور در منطقه شده است .

## ۱-۱-۳- هدف تحقیق

هدف از این تحقیق، پایش شوری خاک جهت مدیریت ویژه اراضی کشاورزی و مقایسه بین داده‌ها و مطالعات زمینی با اطلاعات و نقشه‌های حاصل از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده IRS برای تعمیم به کل منطقه مورد مطالعه است.

## ۱-۲- کلیات

### ۱-۲-۱- منشا املاح و پیدایش خاک‌های شور

هر قدر مقدار بارندگی کمتر باشد، لایه کربنات کلسیم نزدیک‌تر به سطح خاک قرار دارد. pH این خاک‌ها بازی است. خاک بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک سرشار از املاح محلول است که منشاء متفاوتی دارد.

در بعضی خاک‌ها، سنگ مادر، خود محتوی املاح است و در برخی دیگر در اثر هوازدگی، املاح محلول از سنگ مادر آزاد می‌شود، ولی چون مقدار رطوبت کم است، نمی‌تواند آبشویی یافته، از خاک خارج شود. وزش باد نیز می‌تواند املاحی را از سطح دریا و اقیانوس انتقال داده، در سواحل به جای گذارد. این نوع خاک‌ها که اصطلاحاً هالومورفیک نامیده می‌شوند، به سه گروه شور، شور و قلیایی و قلیایی تقسیم بندی می‌شوند.

### ۱-۲-۲- تعریف دامنه شوری

برای تقسیم‌بندی خاک‌های شور و تعریف دامنه شوری روش‌های مختلفی وجود دارد که در این جا دو روش ارائه می‌گردد:

## ۱-۲-۲-۱- طبقه‌بندی آمریکایی

روش طبقه‌بندی آمریکایی، بین نمک‌هایی مانند نمک‌های سولفات و کلروری تمایزی قایل نمی‌شود، بلکه تنها کل میزان نمک‌ها را بر اساس هدایت الکتریکی عصاره اشباع (ECe) که به میلی‌موس بر سانتیمتر یا دسی‌زیمنس برمتر در ۲۵ درجه سانتیگراد است، ملاک قرار می‌دهد. این روش دقت کمتری از روش روسی دارد. زیرا در روش روسی علاوه بر غلظت، مشخصات یون‌ها نیز در نظر گرفته می‌شود.

اما به هر حال روش آمریکایی دارای مزیت‌هایی شامل سرعت عمل و تخمین قابل اعتماد است و نیاز به انجام آزمایش‌های پیچیده ندارد (علوی‌پناه، ۱۳۸۲). کلاس‌های شوری مربوط به طبقه‌بندی آمریکایی در جدول ۱-۱ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که در حال حاضر در تعریف دامنه کلاس‌های شوری تغییراتی توسط دانشمندان مختلف داده شده است که از آن جمله، دامنه کلاس غیر شور از ۴ به ۲ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافته است. در این تحقیق از روش قدیمی استفاده شده است.

جدول ۱-۱- کلاس‌های شوری به روش آمریکایی بر حسب  $dSm^{-1}$

کلاس شوری	دامنه شوری
S0: غیر شور	$ECe < 4$
S1: کمی شور	$4 < ECe < 8$
S2: شوری متوسط	$8 < ECe < 16$
S3: شوری زیاد	$16 < ECe < 32$
S4: شوری بسیار زیاد	$ECe > 32$

## ۱-۲-۲-۲- طبقه‌بندی روسی

خاک‌شناسان روسی طبقه‌بندی‌های مختلفی بر اساس کل میزان املاح خاک ارائه کرده‌اند. در روش روسی، علاوه بر میزان املاح، مشخصات یون‌ها نیز در نظر گرفته می‌شود. در این روش،

شوری بر سه معیار اصلی شامل شیمی شوری، درجه شوری و عمق لایه شوری در بالای خاک استوار است. شیمی شوری توسط ترکیبات کاتیونی و آنیونی تعیین می‌شود (علوی‌پناه، ۱۳۸۲).

در طبیعت انواع گوناگون نمک شاخص در مناطق مختلف، متفاوت هستند. برای مثال نمک‌های قلیایی مثل سودا، در مناطق بسیار کویری، نادر ولی در مناطق استپی علفزار زیاد است. نمک‌های نیترات سدیم و پتاسیم در مناطق استپی وجود ندارد ولی در مناطق کویری به میزان زیاد دیده می‌شود. از این نظر حوزه‌های نمکی به انواع زیر تقسیم می‌شوند:

#### (۱) حوزه کلروری

مخصوص مناطق به شدت کویری بوده و نمک‌های آب زیرزمینی و خاک این منطقه در هیچ یک از مناطق آب و هوایی دیگر یافت نمی‌شود. نمک‌های این حوزه، کلرور سدیم، کلرور کلسیم، کلرور منیزیم و نمک‌های محلول نیترات هستند.

#### (۲) حوزه سولفات - کلروری

مخصوص آب و هوایی است که از نظر گرما می‌تواند بسیار گرم باشد؛ اما از نظر خشکی، کمی ملایم‌تر. درجه رطوبت آن بیشتر از حوزه کلروری است و مناطق کویری تا حد نیمه کویری را دربر می‌گیرد. شور شدن زمین‌ها در اثر عملیات کشاورزی در این حوزه رایج است.

#### (۳) حوزه کلرور- سولفاتی

مناطق استپ خشک را دربر می‌گیرد و دارای بارش سالانه بیشتری از حوزه قبلی است (جعفری، ۱۳۷۹).

کلاس‌های شوری مربوط به طبقه‌بندی روسی را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۲- تقسیم بندی نمک‌ها بر اساس نسبت یون کلر به یون سولفات

نوع نمک	کلروری	کلرور-سولفاتی	سولفات-کلروری	سولفاتی
Cl/SO <sub>4</sub>	>۲/۵	۱/۲-۲/۵	۰/۲-۱/۲	۰/۱۶-۰/۲

## ۱-۲-۳- مروری بر علم سنجش از دور

### ۱-۲-۳-۱- تعریف

سنجش از دور شامل اندازه‌گیری و ثبت انرژی بازتابی از سطح زمین و جو پیرامون آن از یک نقطه مناسب بالاتر از سطح زمین است. پرتوهای بازتابی که از نوع امواج الکترومغناطیسی هستند، می‌توانند دارای منابع گوناگونی همانند پرتوهای خورشیدی، پرتوهای حرارتی اجسام یا حتی پرتوهای مصنوعی باشند.

در یک تعریف کلی سنجش از دور دانش و فن جمع‌آوری اطلاعات از عوارض سطح زمین، بدون تماس فیزیکی با آنها است.

### ۱-۲-۳-۲- تاریخچه علم سنجش از دور

در سال ۱۹۷۲ اولین سری ماهواره‌های لندست با دوربین و سنجنده‌های TM (Thematic Mapper) و MSS (multispectral sensor) Beam, RBV (Return Vidicon) در چهار و هفت باند توسط ایالات متحده آمریکا در مدار زمین قرار گرفت، از این مرحله که تصویربرداری از حالت آنالوگ خارج و به صورت رقومی درآمد، دریچه‌ای جدید برای پردازش تصاویر و در آخر تعبیر و تفسیر آنها به روی بشر گشوده شد. فرانسه در سال ۱۹۸۶ اولین سری ماهواره‌های SPOT را با قدرت تفکیک ۱۰ و ۲۰ متر (درسه باند) و هندوستان سری ماهواره‌های IRS (Indian Remote Sensing) را در سال ۱۹۸۸، ژاپن سری ماهواره‌های MOS (Marine Observation Satellites) در سال ۱۹۹۰، آژانس فضایی اروپا سری ماهواره‌های ERS (European Remote-Sensing Satellites) را در سال ۱۹۹۱، کانادا سری ماهواره‌های Radar-sat (Radio Detection and Ranging-Satellite) را در سال ۱۹۹۵، مشارکت برزیل و