

چهارمین کارگاه فنی زهکشی

۱۸ آبان ماه ۱۳۸۵

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در تشخیص آب ماندگی و شوری خاک
(مطالعه موردی در دشت سیستان)

پیمان دانش کار آراسته^۱

چکیده

یکی از محدودیت‌های بنیادی کشاورزی در دشت سیستان بعد از مسئله کمبود آب، شوری خاک می‌باشد. به منظور تهیه نقشه پراکنش اراضی تحت معرض شرایط آب ماندگی و شوری در دشت سیستان، تحقیق پیش رو صورت گرفته است. بدین منظور از تصاویر ماهواره Landsat، سنجنده‌های TM و ETM+ برای دو دوره خشک و مرطوب هیدرولوژیکی توأم با اندازه‌گیری‌های میدانی استفاده شده است. عملیاتی که مبتنی بر سنجش از دور و پردازش تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفته است عبارتند از: تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، طبقه‌بندی کلاس‌های شوری خاک و محاسبه برخی شاخص‌های متداول در مطالعات اراضی شور برای دو تاریخ ۲۴/۸/۲۰۰۲ و ۲۱/۸/۱۹۹۸ به ترتیب برای دوره‌های خشک و مرطوب که به موازات آن عملیات میدانی و آزمایشگاهی نمونه برداری، آنالیز شیمیایی خاک، تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع و بافت خاک نیز صورت گرفته است. تحقیق حاضر نشان داد که تصاویر مورد استفاده برای تفکیک خاک‌های با شوری زیاد قابلیت خوبی دارند اما استفاده از آنها در دوره‌های مرطوب به دلیل وجود پوشش گیاهی متراکم و وسیع در سطح دشت دارای محدودیت است. همچنین نشان داده شد که بیش از ۵۰ درصد از مساحت دشت در کلاس خاک‌های با شوری خیلی کم تا کم قرار می‌گیرد که جای بسیار خوشبختی است.

واژگان کلیدی: تصویر ماهواره، سنجش از دور، سیستان، شوری، اراضی آب ماندگی

۱- استادیار دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، صندوق پستی: ۲۸۸ قزوین

مقدمه

اراضی شور وسیعی در سطح قاره‌ها وجود دارد که گسترش مکانی و جزئیات مربوط به آنها کاملاً شناخته نشده است (FAO, 1988). محققان مختلف، مقادیر متفاوتی را در ارتباط با گسترش مکانی این نوع خاک‌ها گزارش نموده‌اند که به طور متوسط حاکی از این نکته است که حدود یک میلیارد هکتار یا تقریباً هفت درصد از سطح قاره‌ها را این نوع خاک‌ها تشکیل می‌دهد (Wannakomol, 2005). به علاوه بایستی به این میزان اراضی که خاک‌های شور طبیعی را تشکیل می‌دهد، حدود ۷۷ میلیون هکتار اراضی که به مرور با فعالیت‌های بشر شور شده‌اند را افزود که ۵۸ درصد از آن را اراضی فاریاب تشکیل می‌دهد (Ghassemi et al., 1995).

عمده این اراضی شور در استرالیا، آسیای مرکزی و شمالی و امریکای جنوبی واقع شده است (جدول ۱). در جنوب شرقی آسیا، حدود ۲۰ میلیون هکتار اراضی شور وجود دارد که دو درصد مساحت این قاره کهن را تشکیل می‌دهد. طبق گزارش کمیسیون اقتصادی و اجتماعی سازمان ملل متحد، شاخه آسیا-اقیانوسیه، حدود ۲۰ میلیون هکتار اراضی شور در کشورهای چین، هند و ایران وجود دارد (Szabolcs, 1979).

اراضی شور در هر ناحیه‌ای و با هر نوع آب و هوایی یافت می‌شود. اما، این خاک‌ها اغلب در نواحی خشک و نیمه خشک تمرکز یافته‌اند. از شرایط مورد نیاز برای شور شدن اراضی، تبخیر زیاد و بارش اندک است که مشخصه‌های نواحی خشک و نیمه خشک می‌باشند. طی دوره خشک، تبخیر از بارش فزونی گرفته سبب نقصان شدید رطوبت خاک و برجای ماندن املاح می‌گردد.

خاک‌های شور اغلب با لکه‌های نمک باقیمانده بر سطح به سادگی توسط تصاویر ماهواره‌ای قابل تشخیص می‌باشند. سنجش از دور اطلاعاتی از سطوح وسیع در مدت زمان نسبتاً کوتاه فراهم می‌آورد که به این ویژگی بایستی عدم محدودیت دسترسی به مناطق صعب‌العبور و یا شرایط خطرناک محیطی را نیز افزود. عموماً، سنجش از دور در مراحل اولیه مطالعات و فاز شناخت اطلاعات ارزشمندی فراهم می‌آورد. به این خاطر، امروزه سنجش از دور به همراه مطالعات محدود زمینی به عنوان متداول‌ترین شیوه مطالعه خاک‌ها مطرح می‌شود. فعالیت‌های متعددی در زمینه کاربرد تصاویر ماهواره‌ای و سایر روش‌های سنجش از دور در شناسایی اراضی تحت شوری صورت گرفته که در ادامه برخی از آنها مورد اشاره قرار می‌گیرد.

جدول ۱. وسعت اراضی تحت شوری در قاره‌ها (Szabolcs, 1979).

اراضی شور		منطقه
درصد	میلیون هکتار	
37.5	357.3	استرالیا
22.2	211.7	آسیای مرکزی و شمالی
13.6	129.2	امریکای جنوبی
8.9	84.8	آسیای جنوبی
8.5	80.5	افریقا
5.3	50.8	اروپا
2.1	20.0	آسیای جنوب شرقی
1.6	15.7	امریکای شمالی
0.2	2.0	مکزیک و امریکای مرکزی
100.0	952.0	مجموع

از اولین کاربردهای تصاویر ماهواره‌ای در شناخت اراضی شور، استفاده از سنجنده MSS از ماهواره Landsat می‌باشد. در سال ۱۹۶۹، Dwivedi با استفاده از تحلیل عاملی بر باندهای ۱ تا ۴ این سنجنده به این مهم دست یافت. بعد از آن، در سال ۱۹۸۶، Menenti و همکاران با استفاده از باندهای ۱ تا ۵ و ۷ سنجنده TM اقدام مشابهی نمودند. در همان سال، Mulders و همکاران با استفاده از باندهای ۳ تا ۵ سنجنده TM، خاک‌های گچی و آهکی را مورد شناسایی قرار داده و نتایج مربوطه را گزارش نمودند. آنها دریافتند که سنجنده TM به همراه عکس‌های هوایی اطلاعات بسیار ارزشمندی برای نقشه‌برداری خاک‌های نواحی خشک فراهم می‌آورد. در سال ۱۹۹۰، Sah و همکاران، روش طبقه‌بندی رقومی تصاویر TM را برای تهیه نقشه‌های اراضی شور و آب ماندگی در هند پیشنهاد نمودند و با استفاده از باندهای ۳ تا ۵ و ۷ سنجنده TM با دقت ۹۶ درصد، اراضی شور و آب ماندگی را شناسایی نمودند.

تحقیقات مشابهی با استفاده از ترکیب رنگ کاذب باندهای مختلف، طبقه بندی نظارت شده و نظارت نشده و رگرسیون چند متغیره، توسط محققین مختلف من جمله: Brena و همکاران (۱۹۹۵)، Sah و همکاران (۱۹۹۵)، Tripathi و همکاران (۱۹۹۷)، Peng (۱۹۹۸)، Naseri (۱۹۹۸)، Alavipanah و همکاران (۱۹۹۹)، Fouad (۲۰۰۳) و Wannakomol (۲۰۰۵) صورت پذیرفته است.

در مقاله حاضر، خاک‌های تحت شوری و آب ماندگی و پهنه‌بندی آنها در ناحیه دشت سیستان با استفاده از تصویر ماهواره Landsat سنجنده‌های TM و ETM+ مورد توجه و بررسی قرار گرفته است.

منطقه مورد مطالعه

برای انجام تحقیق، دشت سیستان در محدوده جغرافیایی 61° تا 62° طول شرقی و 29° تا 32° عرض شمالی در انتهای حوضه بسته رودخانه هیرمند در نظر گرفته شد (شکل ۱). این محدوده از جمله مناطقی

است که اقلیم فراخشک دارد (میانه رو، ۱۳۸۰) و دارای شبکه آبیاری و زهکشی مدرنی است که برای بهبود وضعیت معیشتی اهالی و توسعه منطقه از اهمیت به سزایی برخوردار است. بالغ بر ۸۰ هزار هکتار اراضی آبی منطقه به وسیله شبکه گسترده‌ای از کانال‌ها و سدها از رودخانه سیستان و مخزن چاه نیمه تغذیه می‌شوند. دشت سیستان در میان تالاب‌های هامون احاطه شده و به شدت تحت تأثیر این تالاب‌ها می‌باشد (دانش کار آراسته، ۱۳۸۳).

دشت سیستان یک محدوده کم شیب و کم و بیش مسطح است و در این محدوده کوه‌های مرتفع وجود ندارد. ارتفاع دشت در مجاورت هامون هیرمند ۴۶۰ متر و در محل ورود رود هیرمند به خاک ایران ۴۹۵ متر بالاتر از سطح دریا می‌باشد. از آنجا که محدوده مورد مطالعه بخش انتهایی یک حوضه بسته است، دشت از رسوبات فلیش انباشته شده و بافت خاک از سبک تا بسیار سنگین متغیر است (مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۳۵۱ و ۱۳۵۶). در مجاورت شبکه آبراهه‌ها، ذرات درشت دانه انباشته شده و با افزایش فاصله از آبراهه‌ها، بافت خاک به ریزدانه تغییر می‌یابد. نفوذ پذیری خاک نیز از همین امر پیروی می‌نماید. مطالعات خاک‌شناسی صورت گرفته در منطقه حاکی از پروفیل یکنواخت خاک تا عمق ۱/۵ متری است (عمق پروفیل‌های مورد مطالعه)، لذا در این تحقیق خاک سطحی به دلیل سهولت نمونه‌برداری به عنوان معرف این لایه از خاک فرض شده است. منطقه دارای آبخوان نبوده و آب زیرزمینی به ذخیره در لایه‌های خاک سطحی محدود می‌باشد. بالا بودن سنگ بستر مؤید این موضوع است (جاماب، ۱۳۷۸).

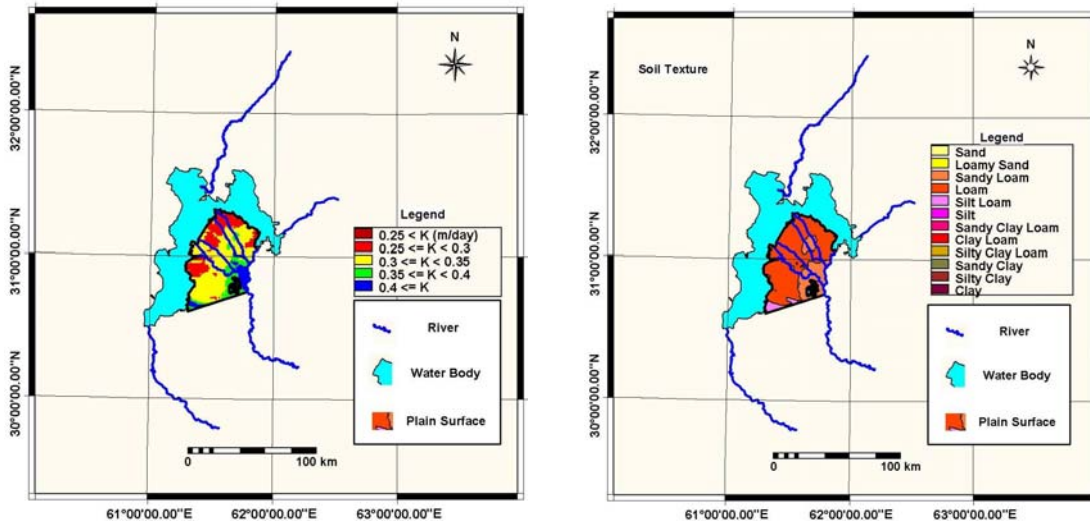


شکل ۱. محدوده مورد مطالعه.

منطقه سیستان از جمله مناطقی است که رویدادهای حدی نظیر سیل و خشکسالی در آن به وفور به وقوع می‌پیوندد و شرایط ویژه هیدرولیکی- هیدرولوژیکی و مکانی آن، خصوصیات منحصر به فردی به این ناحیه می‌بخشد. قرار گرفتن در انتهای یک حوضه بسته، سیستم پیچیده هیدرولیکی رودخانه هیرمند و تالاب‌های هامون، همچنین وزش بادهای یکصدویست روزه (با متوسط سرعت باد ۸ متر در ثانیه) به همراه بارندگی ناچیز سالانه (حدود ۶۰ میلی متر در سال)، تبخیر سالانه زیاد (حدود ۴۵۰۰ میلی متر در سال تبخیر از تشت کلاس A) شرایطی را بوجود آورده‌اند که این ناحیه موقعیت ویژه‌ای داشته باشد. خصوصیات فیزیکی خاک‌های منطقه توسط دانش کار آراسته و همکاران (۱۳۸۵) مورد بررسی قرار گرفت. شکل‌های (۲ الف و ب) نقشه‌های بافت خاک و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک را در سطح دشت نشان می‌دهد. چنانچه در این شکل‌ها نشان داده شده است، بافت خاک از سمت شرق به غرب و جنوب غربی ریزدانه شده و به دنبال آن هدایت هیدرولیکی نیز کاهش می‌یابد.

روش پژوهش

برای انجام تحقیق، تعداد ۱۰۰ نقطه در سطح دشت به صورت تصادفی و پراکنده در نظر گرفته شد و نمونه‌هایی از خاک سطحی (عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر) تهیه و در آزمایشگاه شیمی خاک مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور مورد آزمایش آنالیز شیمیایی قرار گرفت.



ب

الف

شکل ۲. نقشه‌های بافت خاک (الف) و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک سطحی دشت سیستان (دانش کار آراسته و همکاران، ۱۳۸۵).

به طور همزمان برای بررسی و مطالعه خاک‌های شور و اراضی دچار آب ماندگی در دشت سیستان از ترکیب‌های رنگی حقیقی و کاذب و شاخص‌های رقومی مناسب نیز استفاده گردید. چنانچه ذکر شد، شناسایی خاک‌های شور و آب ماندگی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سابقه طولانی دارد. در این بخش از تحقیق، هدف تفکیک آب ماندگی و اراضی تحت شوری از خاک‌های نرمال به کمک روش‌های مختلف طبقه‌بندی و ترکیب باندهای گوناگون بود. در این راستا، دو تاریخ مربوط به سالهای ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ هیدرولوژیکی در منطقه مورد مطالعه مورد توجه قرار گرفت. تصاویر TM مربوط به سین‌های ۰۳۸-۱۵۷ و ۰۳۹-۱۵۷ مورخ ۱۹۹۸/۸/۲۱ برای شرایط مرطوب و سین‌های ۰۳۸-۱۵۷ و ۰۳۹-۱۵۷ از تصاویر ETM+ مورخ ۲۰۰۲/۸/۲۴ برای شرایط خشک انتخاب و مورد پردازش قرار گرفتند.

بدین منظور نقشه کاربری اراضی برای دو تاریخ مزبور براساس بیش از ۱۵۰ نقطه کنترل، به روش طبقه‌بندی نظارت شده تهیه گردید. طبقه‌بندی نظارت شده به مفهوم فرآیند مرتب کردن تمام سلول‌های تصویر در تعداد محدودی از کلاس‌ها می‌باشد. همچنین براساس نتایج آزمایش‌های صورت گرفته بر ۱۰۰ نمونه تهیه شده، نقشه کلاس‌های شوری خاک به روش طبقه‌بندی نظارت شده تهیه شد. این کلاس‌بندی براساس طبقه‌بندی درجه شوری خاک‌ها، مطابق با جدول (۲) صورت پذیرفت.

جدول ۲. طبقه بندی شوری خاک‌ها (Richards, 1954).

EC (dS/m)	کلاس شوری خاک
0 – 2	شوری خیلی کم
2 – 4	شوری کم
4 – 8	شوری متوسط
8 – 16	شوری زیاد
16 <	شوری خیلی زیاد

برای تفکیک و شناسایی آب ماندگی اراضی و شوری خاک از ترکیب‌های رنگی حقیقی و کاذب گوناگون استفاده شد و برای انتخاب مناسب‌ترین ترکیب رنگی از تحلیل عاملی بهره گرفته شد و به دنبال آن برخی شاخص‌های رقومی منتج از تصاویر نیز مورد بررسی قرار گرفت. شاخص‌های مورد استفاده عبارتند از:

- بررسی شوری خاک:

برای تفکیک اراضی شور از خاک‌های غیر شور از شاخص‌های زیر استفاده شد (Wannakomol, 2005):

$$SI = (B1 \cdot B3)^{1/2} \quad (1)$$

$$NDSI = \frac{B3 - B4}{B3 + B4} \quad (2)$$

$$BI = (B3^2 + B4^2)^{1/2} \quad (۳)$$

$$NDVI = \frac{B4 - B3}{B3 + B4} \quad (۴)$$

در روابط فوق: SI، شاخص شوری؛ NDSI، شاخص شوری تفاضلی استاندارد شده؛ BI، شاخص درخشندگی؛ NDVI، شاخص گیاهی تفاضلی استاندارد شده؛ B1، B3 و B4، به ترتیب باندهای ۱، ۳ و ۴ تصاویر TM و ETM+ می باشند.

- بررسی زهدار بودن اراضی:

برای بررسی آب ماندگی اراضی از شاخص درخشندگی مطابق تعریف Asif و Ahmad (۲۰۰۲) استفاده گردید:

$$BI = B4 \cdot (B3^2 + B4^2)^{1/2} \quad (۵)$$

آب ماندگی اراضی به توپوگرافی، شبکه آبراهه و وضعیت زهکشی خاک بستگی دارد که در این ارتباط دو مورد اول با سنجش از دور قابل بررسی می باشند. لذا، مطابق پیشنهاد Wannakomol (۲۰۰۵) از ترکیب رنگی کاذب RGB = PC1,5,3 برای شناسایی وضعیت شبکه زهکشی طبیعی منطقه استفاده شد.

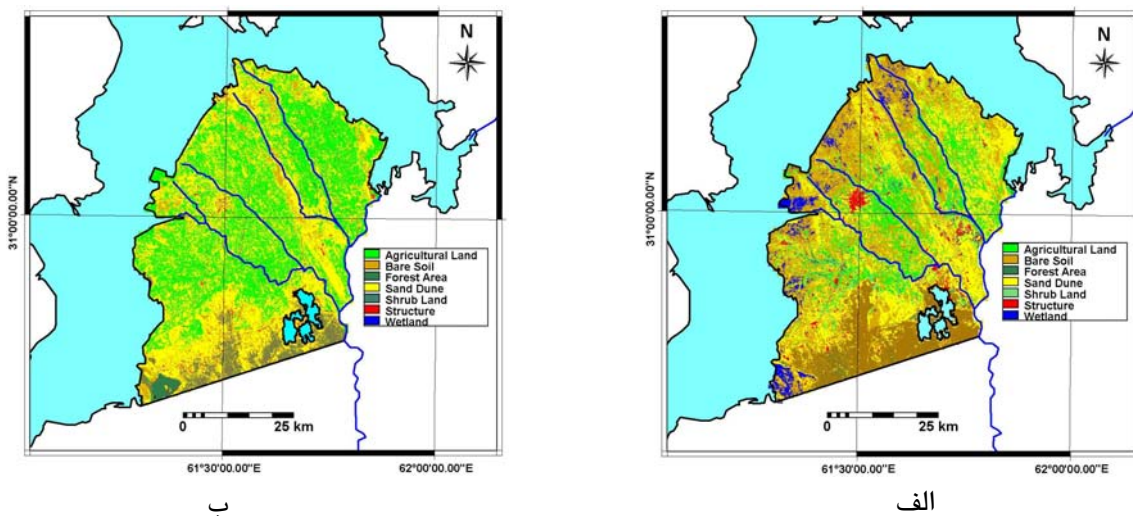
نتایج و بحث

پس از تهیه خمیر اشباع از نمونه‌های اخذ شده از منطقه، اقدام به تجزیه شیمیایی عصاره اشباع خاک گردید. در این ارتباط با استفاده از عصاره گیر بوخنر، عصاره اشباع تهیه و از طریق تیتراسیون به روش کمپلکسومتری با استفاده از EDTA یک صدم نرمال کاتیون‌های دو ظرفیتی کلسیم و منیزیم تعیین شد. کاتیون‌های تک ظرفیتی سدیم و پتاسیم با استفاده از فلیم فتومتر و نوارهای استاندارد تعیین گشت. سپس، نسبت سدیم جذبی (SAR) محاسبه گردید. هدایت الکتریکی (EC) عصاره اشباع خاک توسط دستگاه الکترومتر با الکتروده شیشه‌ای تعیین شد و اسیدیته (pH) با استفاده از pH-متر اندازه‌گیری شد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که در نواحی شرقی و شمال شرقی دشت، EC، SAR و pH کاهش و به سمت جنوب این کمیت‌ها افزایش می‌یابد. با توجه به روش طبقه‌بندی کیفی (Richrda, 1954) USSSL در نواحی شرقی دشت، خاک نرمال؛ در نواحی غربی و محل ورود رود هیرمند به خاک ایران، خاک شور؛ در جنوب دشت، خاک شور-سدیمی و در شمال غربی و جنوب غربی دشت سیستان، خاک از نوع شور و قلیا با غالبیت کاتیون‌های دو ظرفیتی کلسیم و منیزیم است، در حالی که قسمت جنوبی دشت که عموماً بایر نیز می‌باشد، کاتیون غالب یون سدیم می‌باشد.

با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده و معیار حداکثر تطابق نقشه کاربری اراضی برای تاریخ‌های ۱۹۹۸/۸/۲۱ و ۲۰۰۲/۸/۲۴ تهیه گردید (شکل ۳). هفت نوع کلاس کاربری از اراضی و پوشش برای دشت سیستان مورد توجه قرار گرفت که عبارتند از: اراضی بایر؛ شنزارها؛ تالاب‌ها و نیزارها؛ کشتزارهای فاریاب؛ تاغزارها و اراضی دارای پوشش گیاهی کوتاه قد؛ جنگل‌های دست کاشت گز و بالاخره نواحی مسکونی.

با توجه به شکل (۳) انتظار می‌رود که محدوده‌های پست حاشیه تالاب‌ها، دارای مشکلات آب ماندگی و شوری باشند. به منظور تعیین اراضی تحت شوری، روش‌های مبتنی بر سنجش از دور و پردازش تصاویر ماهواره‌ای به کار گرفته شد. برای این منظور، از روش‌های تفسیر چشمی و طبقه‌بندی رقومی استفاده گردید.

طبقه‌بندی نظارت شده بر روی تصویر ETM+ مورخ ۲۰۰۲/۸/۲۴، براساس نتایج آزمایش بر نمونه‌های خاک، منجر به کلاس‌بندی خاک منطقه به هر پنج نوع درجه شوری مندرج در جدول (۲) گردید. جدول (۳) مساحت مربوط به هر کلاس و درصد آن را برای این تصویر نشان می‌دهد. چنانچه ملاحظه می‌گردد، بیش از ۵۰ درصد خاک منطقه در کلاس شوری کم طبقه‌بندی شده است.



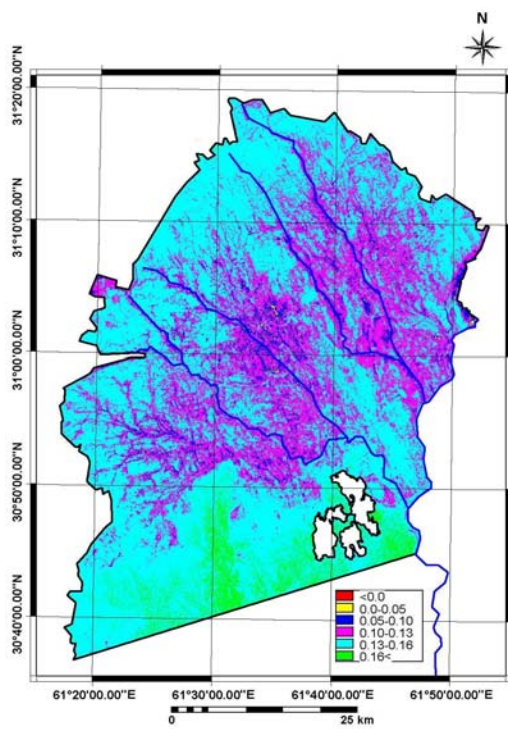
شکل ۳. کاربری اراضی دشت سیستان (الف) مورخ ۲۰۰۲/۸/۲۴ و (ب) مورخ ۱۹۹۸/۸/۲۱.

حاشیه آبراهه‌ها و محدوده‌های روان در طبقه شوری متوسط قرار دارند که علت آن استفاده از آب رودخانه‌ها برای آبیاری و به دنبال آن آبشویی اراضی می‌باشد و حاشیه‌ها موم‌ها و نقاط ارتفاعی پست نیز مطابق انتظار در کلاس شوری خیلی زیاد قرار می‌گیرد. لذا از شرق دشت به غرب به شوری خاک اضافه می‌گردد (شکل ۴ الف). شاخص‌های رقومی معرفی شده در معادلات (۱) تا (۵) مورد بررسی قرار گرفت که در میان آنها تنها شاخص NDSI تا حدودی با نتایج طبقه‌بندی نظارت شده مطابقت داشت. چنانچه در شکل (۴ ب) مشاهده می‌شود، مقادیر متوسط این شاخص به رنگ بنفش و سرمه‌ای با کلاس

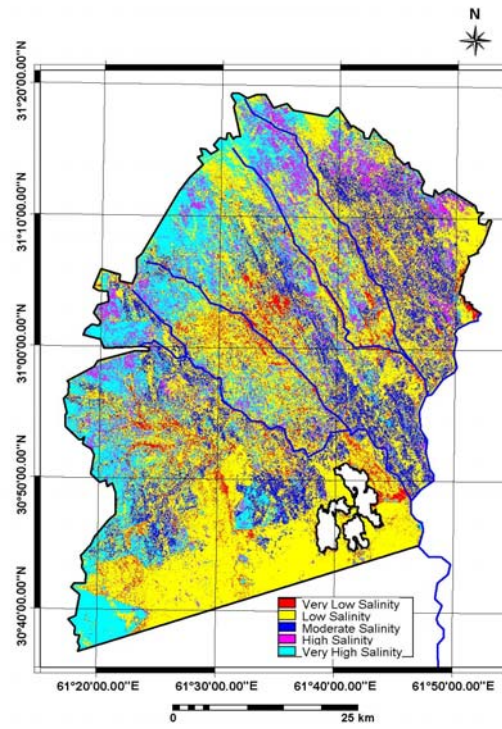
شوری کم تا متوسط تا حدود زیادی مطابقت دارد و از الگوی شبکه آبراهه‌ها نیز تبعیت می‌نماید. اما چنانچه در این شکل ملاحظه می‌گردد، شنزارها (رنگ سرمه‌ای در شکل ۴ الف) و اراضی شور قابل تفکیک نمی‌باشند. در این ارتباط، Asif و Ahmad (۲۰۰۲) استفاده از باندهای فرسرخ حرارتی را توأم با باندهای مرئی و فرسرخ میانی، پیشنهاد نموده‌اند.

جدول ۳. مساحت کلاس‌های شوری خاک دشت سیستان مستخرج از تصویر ETM+ مورخ ۲۴/۸/۲۰۰۲.

کلاس شوری خاک	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
شوری خیلی کم	163	5.7
شوری کم	1434	50.4
شوری متوسط	471	16.6
شوری زیاد	228	8.1
شوری خیلی زیاد	547	19.2
جمع	2843	100



ب



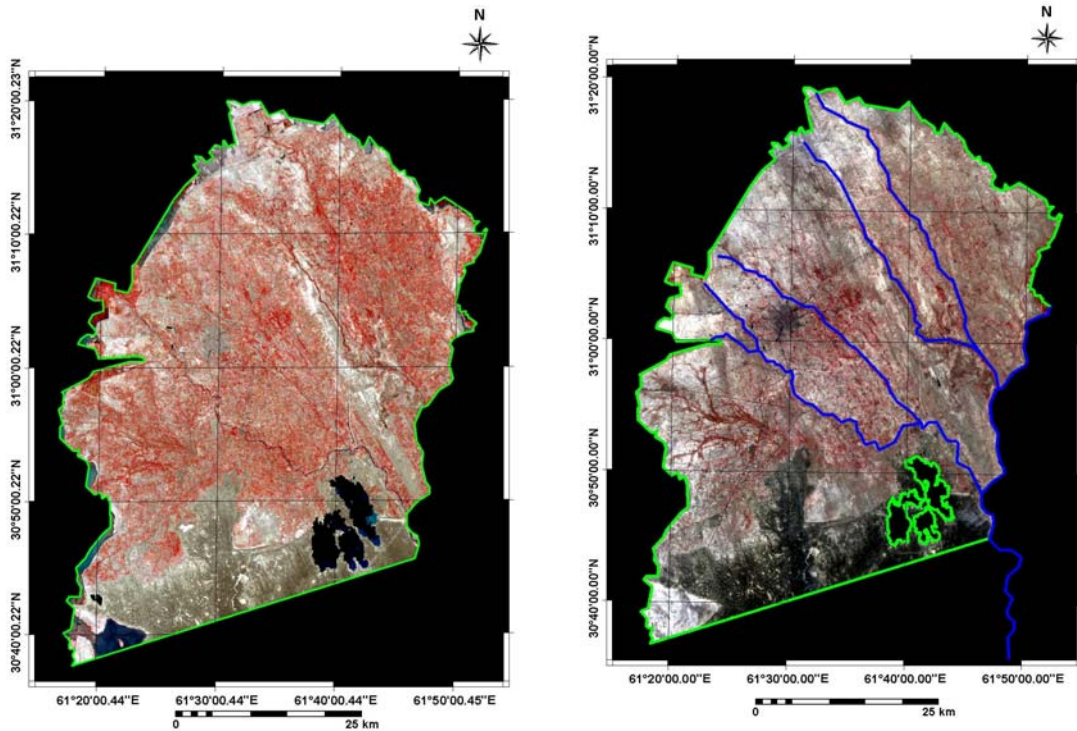
الف

شکل ۴. نقشه کلاس شوری خاک دشت سیستان به روش طبقه‌بندی نظارت شده (الف) و نقشه شاخص

NDSI (ب) مورخ ۲۴/۸/۲۰۰۲.

شاخص‌های IS و BI نتایج قابل تفسیری بدست ندادند و تفکیک واضحی از اراضی شور و غیرشور در این تصاویر مشاهده نشد که با نتایج سایر محققین من جمله (Wannokomol, 2005) مطابقت داشت. تحلیل عاملی میان باندهای تصاویر TM و ETM+، ترکیب رنگی ۷۵۳ را به عنوان ترکیب رنگی که بیشترین اطلاعات را از سطح زمین بدست می‌دهد برای تصاویر مورد استفاده معرفی نمود. اما ترکیب رنگی کاذب ۴۳۲ مطابقت بهتری با نتایج طبقه‌بندی نظارت شده نشان داد. شکل (۵ الف و ب) ترکیب رنگی کاذب ۴۳۲ را برای دو تاریخ تصویربرداری نشان می‌دهد. در این شکل، رنگ قرمز، پوشش گیاهی؛ رنگ سیاه و تیره، اراضی بایر و نواحی مسکونی؛ رنگ صورتی، خاک با شوری خیلی کم تا کم؛ رنگ طوسی، خاک با شوری متوسط تا زیاد و رنگ‌های روشن و سفید، خاک با شوری خیلی زیاد را نشان می‌دهد. چنانچه مشاهده می‌شود، هنگامی که پوشش گیاهی متراکم و وسیعی در سطح منطقه وجود دارد (شکل ۵ ب) این ترکیب رنگی قادر به تفکیک مناسب کلاس‌های شوری خاک نیست. در اکثر تحقیقات صورت گرفته به این نکته اشاره شده که بهتر است از تصاویری استفاده گردد که مربوط به دوره‌های فاقد پوشش گیاهی است.

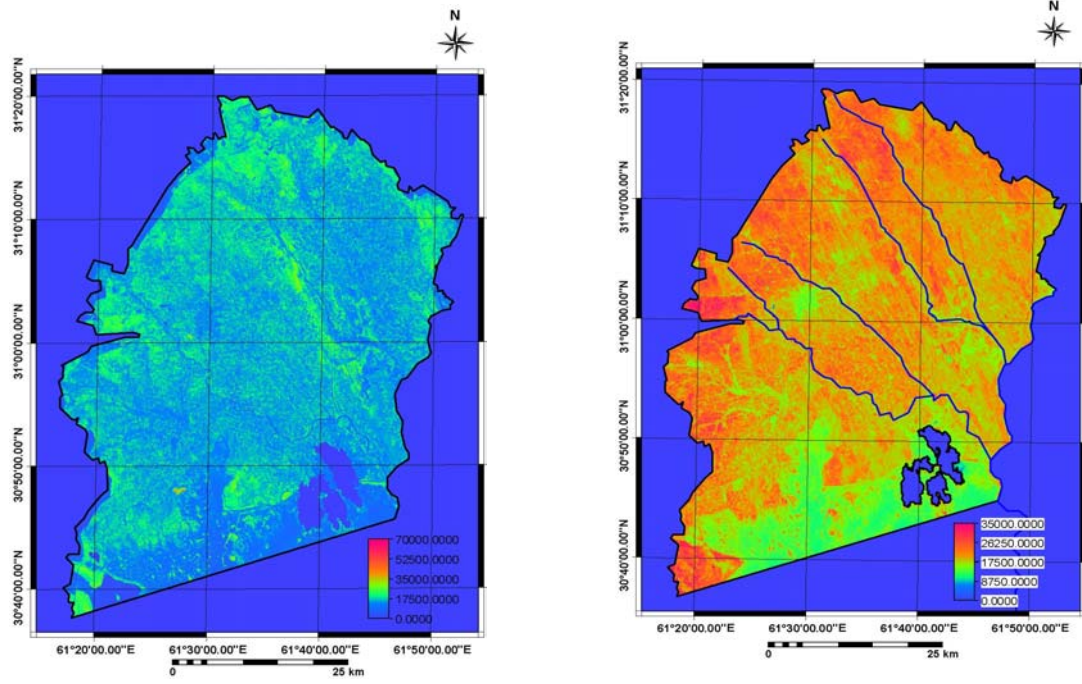
برای شناسایی نواحی که احتمال زهدار شدن آنها در سال‌های مرطوب وجود دارد از شاخص درخشندگی مطابق با معادله (۵) استفاده شد (شکل ۶ الف و ب). در این تصاویر نواحی قرمز تیره انتهای آبراه‌ها از جمله نواحی در معرض آب ماندگی و به دنبال آن شور شدن می‌باشند. برای بارزسازی شبکه آبراه از ترکیب رنگی کاذب $RGB = PC1,5,3$ استفاده گردید که با وضوح بیشتری عوارض سطحی را نشان می‌دهد (شکل ۷). چنانچه در این شکل مشاهده می‌شود، نواحی با رنگ سفید روشن در انتهای شبکه آبراه‌ها، محل تجمع نمک بوده، وضعیت آب گرفتگی در دوره‌های مرطوب را نشان می‌دهد. در هر حال چنانچه ملاحظه می‌گردد، وجود پوشش گیاهی وسیع و متراکم در تصاویر مورخ ۱۹۹۸/۸/۲۱، مانع از تفکیک دقیق کلاس‌های شوری خاک در سطح دشت سیستان شده است. لذا، پیشنهاد می‌گردد برای بررسی وضعیت شوری خاک دشت تنها از تصاویر مربوط به دوره‌های خشک استفاده گردد. همچنین، مشاهده شد که چه تفسیرهای بصری و چه تفسیرهای رقومی نتوانست شنزارها را از شورزارها تفکیک نماید لذا، بهره‌گیری از تصاویرهای پراسپکترال مانند HyMap برای تفکیک هر چه دقیق تر نوع خاک‌ها پیشنهاد می‌شود. از طرف دیگر با توجه به نقشه‌های بافت و هدایت هیدرولیکی خاک سطحی مطابق انتظار نواحی غربی دشت که از هدایت هیدرولیکی کم و بافت سنگین‌تری برخوردارند، در شکل (۷) به عنوان نواحی در معرض آب گرفتگی و آب ماندگی مشخص شده‌اند.



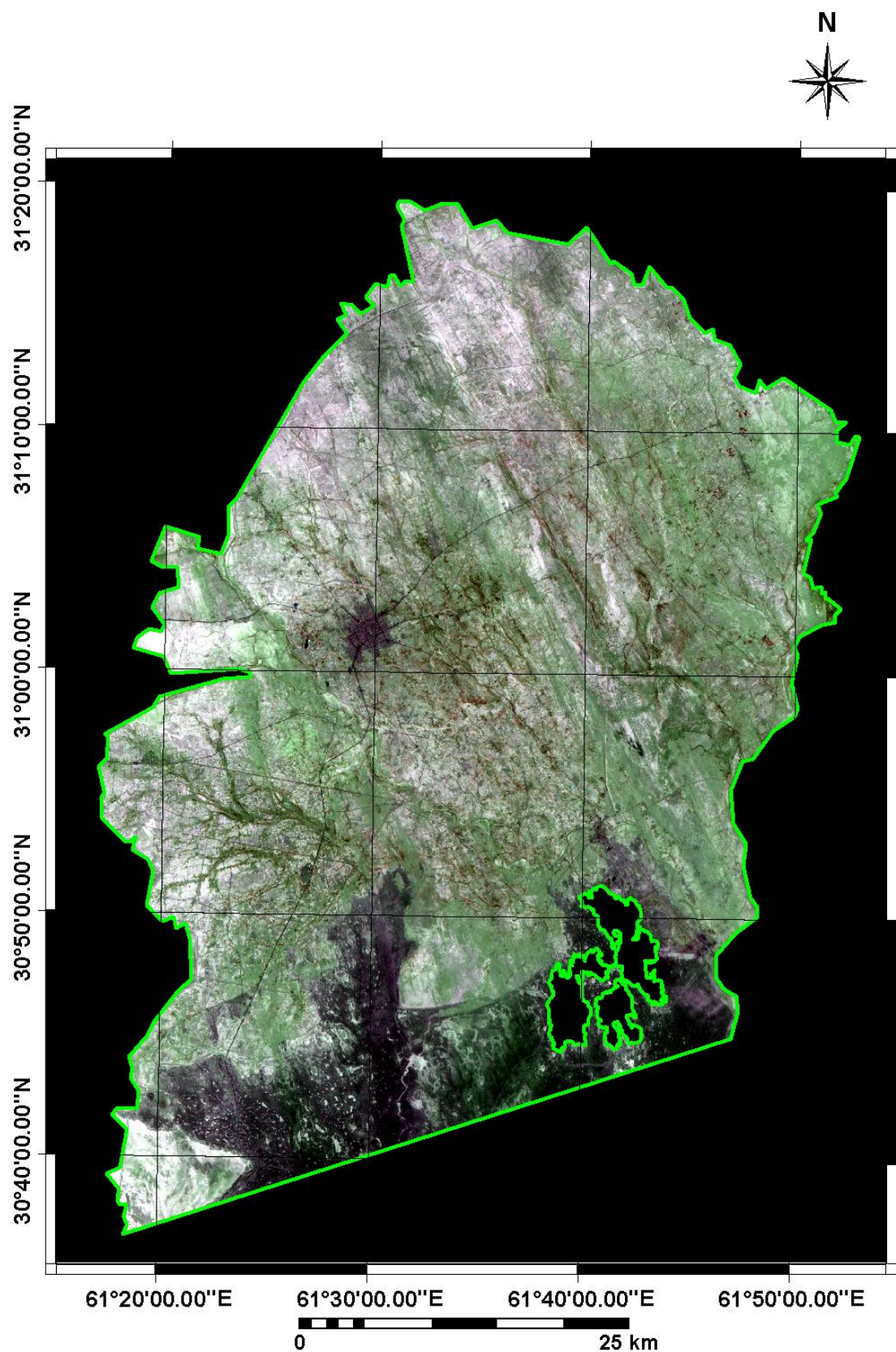
شکل (۵) ترکیب رنگی کاذب $RGB = 432$ ، (الف) ۲۴/۸/۲۰۰۲ و (ب) ۲۱/۸/۱۹۹۸.

نتیجه گیری

- ۱- اکثر مطالعاتی که در زمینه مدیریت آب و خاک مرتبط با موضوع این مقاله به کمک سنجش از دور صورت گرفته، مربوط به شناسایی خاک‌های تحت شوری بوده است. از آنجا که در آن مطالعات عموماً از روش‌های تفسیر بصری استفاده شده، نواحی دارای شوری زیاد به سادگی مورد شناسایی قرار گرفته است. در حالی که برای بررسی و شناسایی خاک‌های شور، تفسیرهای رقمی بیشتر مورد نیاز است.
- ۲- به هنگام استفاده از سنجش از دور بایستی به این نکته کاملاً توجه داشت که با تصاویر متداول TM، ETM+، ASTER و نظایر آنها، فقط عوارض سطحی مورد سنجش و پایش قرار می‌گیرند و اطلاعات زیرسطحی بایستی به صورت غیر مستقیم و از طریق اندازه‌گیری‌های میدانی تهیه گردد.
- ۳- به علت تغییرپذیری بازتاب سطح در طول سال، پایش شوری و الگوی کشت دچار برخی مشکلات می‌گردد که در این ارتباط عواملی نظیر رطوبت خاک، زمان آبیاری یا بارندگی، نوع و سن محصولات از همه مهمتر می‌باشند.



شکل (۶) نقشه توزیع مکانی شاخص درختندگی مورخ (الف) ۲۰۰۲/۸/۲۴ و (ب) ۱۹۹۸/۸/۲۱.



شکل (۷) ترکیب رنگی کاذب $RGB = PC1,5,3$ تصویر $ETM+$ مورخ ۲۰۰۲/۸/۲۴ برای بررسی شبکه آبراهه‌ها در دشت سیستان.

فهرست منابع

- ۱- جاماب. ۱۳۷۸. حوضه آبریز هیرمند، طرح جامع آب کشور (جاماب)، وزارت نیرو.
- ۲- دانش کار آراسته، پ. ۱۳۸۳. توسعه یک مدل توزیعی برآورد تبخیر منطقه‌ای با بهره‌گیری از فنون سنجش از دور (مطالعه موردی دریاچه هامون)، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۲۵۰ ص.
- ۳- دانش کار آراسته، پ.، ثقفیان، ب.، مهدیان، م.ح.، پرهت، ج. و سررشته‌داری، ا. ۱۳۸۵. بررسی چگونگی استفاده از سنجش از دور برای برآورد و توزیع مکانی تبخیر- تعرق به صورت منطقه‌ای (مطالعه موردی در دشت سیستان)، گزارش طرح تحقیقاتی شماره ۰۸-۰۰۰۳۳۵۰۰-۵۰-۸۲، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۱۰ ص.
- ۴- مؤسسه تحقیقات خاک و آب. ۱۳۵۱. گزارش خاکشناسی نیمه تفصیلی اراضی دشت گلگیر زابل، نشریه فنی شماره ۳۲۸، ۴۰ ص.
- ۵- مؤسسه تحقیقات خاک و آب. ۱۳۵۶. گزارش خاکشناسی نیمه تفصیلی منطقه آذر سیستان، نشریه فنی شماره ۵۰۵، ۷۰ ص.
- ۶- میانه رو، م. ۱۳۸۰. تعیین روند بیابان‌زایی در مناطق آسیب پذیر ایران مبتنی بر شاخص‌های اقلیمی و با اتکاء بر مدل‌های ریاضی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد شهر ری، ۱۴۵ ص.
- 7- Alavipanah, S.K., Goosens, R., and De dapper, M., 1999. Study of soil salinity in the Ardakan area, Iran based upon field observation and remote sensing, operational remote sensing for sustainable development, Balkema, Rotterdam, 419-426.
- 8- Brena, J., Sanvicente, H., and Pulido, L., 1995. Salinity Assessment in Mexico, In: Vidal, A. and Sargardoy, J.A. (Eds.), Use of Remote Sensing Techniques in Irrigation and Drainage, FAO, Rome, 179-184.
- 9- Daneshkar Arasteh, P., Saghafian, B., Mahdian, M.H., Porhemmat, J., and Sarreshtehdari, A., 2006. Application of remote sensing in regional total surface evaporation estimation and spatial distribution (Case study: Sistan Plain, Iran), Research Report No. 82-0500335000-08, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran, 110 pp.
- 10- Dwivedi, R.S., 1969. Monitoring of Salt-affected Soils of the Indo-Gangetic Alluvial Plains using Principal Components Analysis, International Journal of Remote Sensing, 17(10): 1907-1914.
- 11- FAO, 1988. Salt-affected Soils and their Management, Bulletin No. 39, FAO, Rome.
- 12- Foad, A.K., 2003. Soil Salinity Detection using Satellite Remote Sensing, Master Thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Obserbvation, Enschede, The Netherlands, 61 pp.
- 13- Ghassemi, F., Jakeman, A.J., and Nix, H.A., 1995. Salinisation of Land and Water Resources, Thailand, Centre for Resources and Environment Study, Sydney, Australia, 431-458.

- 14- Menenti, M., Lorkees, A., and Vissers, M., 1986. An application of Thematic Mapper Data in Tunisia, ITC Journal, 1: 35-42.
- 15- Mulders, M.A. and Epema, G.F., 1986. The Thematic Mapper: A New Tool for Soil Mapping in Arid Areas, ITC Journal, 1: 24-29.
- 16- Naseri, M.Y., 1998. Characterization of salt-affected Soils for Modeling Sustainable Land Management in Semi-arid Environment, PhD Thesis, Frier University, Germany.
- 17- Gorgan Region, Northeast Iran, Ph.D. Thesis, Ghent University, Belgium, 321 pp.
- 18- Peng, W., 1998, Synthetic analysis for extracting information on soil salinity using remote sensing and GIS: a case study of Yanggao Basin in China, Environmental Management, 22(1): 153-159.
- 19- Richards, L.A., 1954, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils, U.S. Salinity Laboratory DA, USDA, Handbook No. 60, 160 pp.
- 20- Saha, S.K., Kudart, M., and Bhan, S.K., 1990. Digital Processing of Landsat TM data for Wasteland Mapping in Parts of Aligarh District, Uttar Pradesh, India, International Journal of Remote Sensing, 11: 485-492.
- 21- Szabolcs, I., 1979, Review of research on salt-affected soils, UNESCO, Paris, France.
- 22- Wannakomol, A., 2005, Soil and groundwater salinization problem in the Khorat Plateau, NE Thailand, PhD Thesis, Freie University, Berlin, Germany, 206 pp.
- 23- Zehtabian, G.R., Alavipanah, S.K., and Ehsani, A.H., 2002. The use of Landsat Thematic Mapper data for mapping the marginal playa soils in Damghan Playa, Iran, FIG XXII International Congress on Spatial Information in Mapping and Cadastral Systems, Washington D.C., USA.

