بررسی تحولات ژئومورفولوژیک پلایای کهک، استان خراسان جنوبی بر اساس روش‌های استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و منطق فازی

دکتر محمدحسین رضایی مقدم
دانشیار جغرافیا طبیعی دانشگاه تبریز

دکتر مهدی ثقفی
استادیار جغرافیا دانشگاه پیام نور بیرجند

چکیده

پلایاها یکی از مهمترین محیط‌های شور به حساب می‌آیند. با توجه به اینکه وسعت مناطقی که بطور ژنتیکی شور می‌باشند در سطح جهان در حدود ۹۵۵ میلیون هکتار است، مناطقی که بطور ثانویه در معرض شور شدن قرار گرفته‌اند در سطح جهان حدود ۷۷ میلیون هکتار وسعت دارند. در این میان حدود ۵۸ درصد از مناطق در معرض شوری ثانویه را مناطق کشاورزی دارای آبیاری تشکیل می‌دهد. این موضوع مستلزم انجام ارزیابی‌های دقیق وضعیت شوری خاک و تغییرات آن به منظور تحت کنترل در آوردن روند قهقرایی تغییرات و نیز پایدارسازی مدیریت و کاربری اراضی در این مناطق حساس است.

داده‌های سنجش از راه دور تجزیه و تحلیل‌های مربوط به فرآیندها و الگوهای تغییرات در طی زمان و مکان‌های مختلف را تسهیل ساخته و از این رو جهت استفاده در علوم مربوط به سیستم زمین مورد تأیید قرار گرفته‌اند. اطلاعات سنجش از راه دور چند زمانه در قالب داده‌های مرئی و میکروویو بطور مؤثری می‌توانند جهت آشکارسازی تغییرات زمانی پدیده‌های سطحی که تحت تأثیر نمک قرار گرفته‌اند، مورد استفاده قرار گیرند. در این مقاله منابع اطلاعاتی متنوعی از قبیل: عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و نیز شیوه‌های مورد استفاده جهت بررسی و تهیه‌ی نقشه از داده‌های سنجش از راه دور از مناطق تحت تأثیر نمک بررسی شده است. محدودیت‌های موجود در خصوص استفاده از داده‌های سنجش از راه دور به منظور تهیه‌ی نقشه از مناطق تحت تأثیر نمک به چگونگی رفتار طیفی انواع نمک‌های موجود، توزیع مکانی نمک‌ها بر روی سطح زمین، تغییرات زمانی شوری، پوشش گیاهی به عنوان مانع و اختلاط‌های طیفی با سایر سطوح زمینی بستگی دارد. پلایای کهک در استان خراسان جنوبی واقع شده است. در این مقاله روش‌هایی مختلفی مانند: عدم اختلاط طیفی، طبقه‌بندی حداکثر احتمال، نسبت موجود بین باندها و طبقه‌بندی فازی مورد بحث قرار گرفته است. در نهایت در این مقاله تغییرات زمانی و مکانی شوری و نیز گسترش و توسعه‌ی پلایا با استفاده از ترکیب روش‌هایی که در آن داده‌های مختلف تلفیق و ترکیب شده، تعیین شده است.

کلیدواژه‌ها: پلایا، طبقه‌بندی فازی، سنجش از راه دور، آشکارسازی تغییرات، کهک.

مقدمه

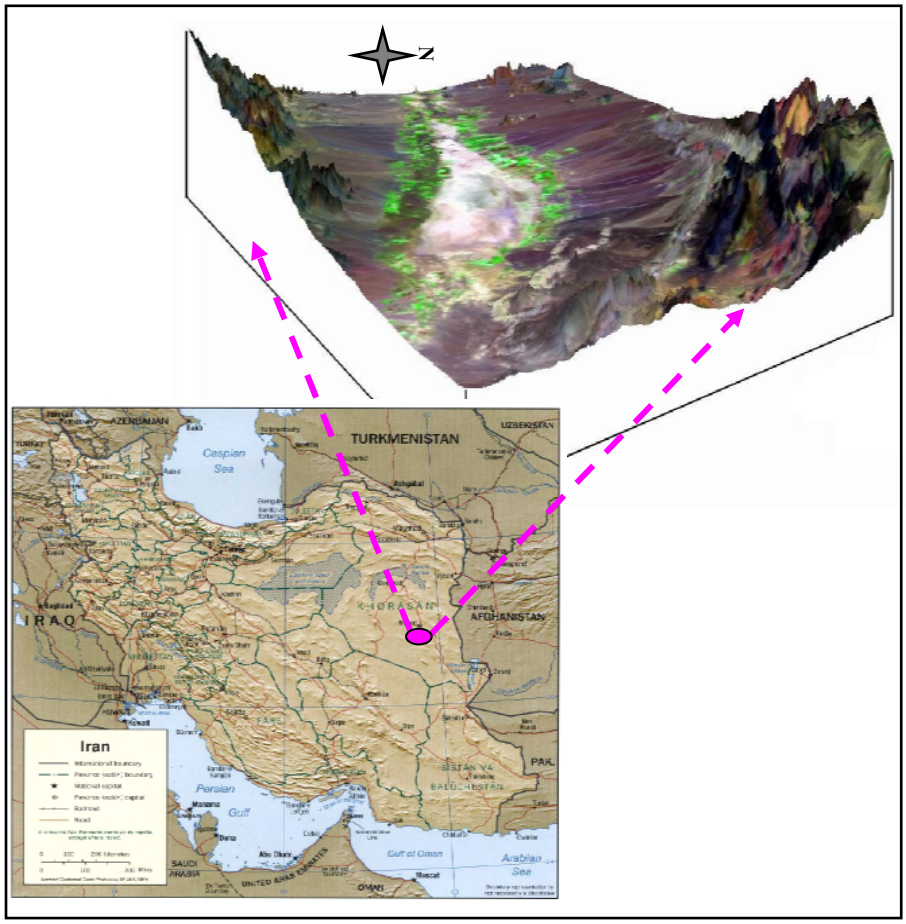
پلایا[1] به اشکال ژئومورفیک فرو رفته و محصوری گفته می‌شود که در مناطق بیابانی با چهره‌ی ویژه‌ای یافت می‌شود. پلایا یا دریاچه‌های حوضه‌ی انتهایی ضرورتاً سطحی مسطح با حداقل ناهمواری دارند و بطور متعدد در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا یافت می‌شوند *(Goudie,1991: 228)*. علاوه بر عوامل تکتونیکی که در ایجاد پلایاها تاثیر گذارند *(Roy,sinha,1986:19; Roy,1999:292)* در تشکیل پلایاها ترکیبی از مجموعه متنوع و گسترده‌ای از فرآیندها دخالت دارد که از جمله آنها؛ مجموعه عوامل فرسایشی مناطق خشک[2] *(Cooke و همکاران، ۱۹۹۳: ۴۳۲؛ Goudie و Wells، ۱۹۹۵: ۵۶)* و نیز فعالیت‌های انسانی است. نهشته شدن حجم بسیار زیادی از مواد در اندازه لای[3] در محل اتصال رودخانه‌ها *(Ghosh و همکاران، ۱۹۷۷: ۲۹۸؛ Ghosh، ۱۹۶۴: ۸۲)* و تشکیل تپه‌های ماسه‌ای در عرض مجاری رودخانه‌ها *(Agarwal، ۱۹۵۷: ۱۶۷؛ Singhvi وKar : ۱۹۹۲: ۱۲۲)* نیز به عنوان عواملی که باعث تشکیل پلایاهای بسته و کم عمق (۱ تا ۳ متر عمق) می‌شوند، مطرح شده است. تحولات فیزیکی و شیمیایی در پلایاها تحت شرایط مساعد ژئومورفولوژیک، تکتونیکی و آب و هوایی صورت می‌گیرد. پلایاها از لحاظ اقتصادی به جهت هزاران تن نمکی که سالانه از آب‌شور[4] آنها تهیه می‌شود، اهمیت بسیاری دارند. این پدیده‌های ژئومورفولوژیک با توجه به فرهنگی که در منطقه‌ی آنها حاکمیت دارد و نیز با توجه به چگونگی تشکیل شدن‌شان، نام‌های گوناگونی دارند.

منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در این مقاله پلایای نمکی است که در استان خراسان جنوبی و در جنوب شهر بیرجند واقع شده است. پلایای مذکور کهک نامیده می‌شود و در حدفاصل رشته کوههای باقران در شمال و شرق و رشته کوههای خونیک در سمت جنوب و غرب در دشت مختاران واقع شده است. موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه بین ۳۲ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۹ دقیقه‌ی عرض جغرافیایی شمالی و بین ۵۹ درجه و ۱ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۳۴ دقیقه طول جغرافیایی شرقی است (شکل۱). با وجود اینکه هر ساله به دلیل وقوع سیلاب‌های اتفاقی بخشی از سطح پلایا (تا عمق چند سانتیمتر) از آب پوشیده می‌شود، اما سطح آن غالباً فاقد آب است. پلایای مورد مطالعه از جمله بزرگترین پلایاهایی است که در منتهی‌الیه جنوبی رشته کوه باقران در استان خراسان جنوبی واقع شده است. از نظر آب و

1- Playa
2- Aeolean erosion
3- Siltation
4- Brine

هوایی منطقه‌ی مورد مطالعه در قلمرو آب و هوایی سرد و خشک واقع شده است. بارش‌های جوی منطقه بطور سالانه و فصلی تغییرات بسیار زیادی را نشان می‌دهند و مجموع بارش‌های سالانه در منطقه‌ی مورد مطالعه به حدود ۱۵۰ میلیمتر می‌رسد. فرآیندهای طبیعی خاص مناطق خشک‌در منطقه‌ی مورد مطالعه در فاصله ماههای اردیبهشت تا شهریور فعالیت‌می‌کنند و تنها جریان‌های آبی موقتی در مواقع بارش‌های ناچیز و پراکنده در منطقه به‌وجود می‌آید. دامنه‌ی دمای حداکثر در منطقه‌ی مورد مطالعه بین۲۰ تا ۴۳درجه سانتیگراد می‌باشد. مساحت پلایای مورد بحث در حدود ۱۷۰ کیلومترمربع و مساحت حوضه‌های زهکشی‌کننده به آن در حدود ۲۵۰۰ کیلومتر مربع است.



شکل ۱ : منطقه مورد مطالعه

رودخانه‌ی گز بزرگترین شبکه‌ی زهکشی‌کننده‌ی منطقه است و از سمت دشتی که پلایا در آن واقع شده به سمت غرب جریان می‌یابد. علاوه بر این در منطقه‌ی مورد مطالعه تعداد زیادی از مجاری آبرفتی قدیمی وجود دارد که نشانگر فعالیت بسیار سیستم‌های آبرفتی منطقه در گذشته است. فقدان شبکه‌ی زهکشی مناسب در این منطقه منجر به‌ذخیره‌شدن آب حاصل از بارش در گودال‌های طبیعی کوچک تا بزرگ (پلایاها) شده که این گودال‌های انباشته شده از آب جریانات سطحی در طی زمان‌هایی که میزان تبخیر بالا می‌باشد، تبدیل به گودال‌های آب شور شده‌اند. در خلال بارش‌های نسبتا سنگین در منطقه‌ی مورد مطالعه رودخانه‌ها و جریانات فصلی پلایا را تغذیه می‌کنند. در هنگام وقوع بارش (فصول سرد سال) این جریان‌ها مواد تخریبی و هوازده را با خود حمل کرده و در پلایا ته‌نشین می‌سازند. میزان شوری خاک در این مناطق بستگی به توازن بین مقادیر نهشته‌شدن نمک از طریق فرآیند تبخیر و رقیق شدن در اثر وقوع بارش دارد.

پلایای کهک در محلی که جریانات بادی در آن کانالیزه می‌شوند، یعنی در میان رشته‌کوه‌های باقران با ارتفاع ۲۷۲۰ متر از سطح دریا و رشته کوههای خونیک با ارتفاع ۲۵۰۳ متر از سطح دریا واقع شده است. پلایای مورد مطالعه در امتداد شمال‌غرب- جنوب‌شرق کشیده شده و طول آن به حدود ۴۳ کیلومتر و عرض آن بین ۱ تا ۳ کیلومتر متغیر است و ارتفاع آن از سطح دریا در حدود ۱۴۹۰ متر می‌باشد. این پلایا بزرگترین پلایای منطقه بوده و از نظر اقتصادی نیز اهمیت ویژه‌ای دارد.

مشاهدات جغرافیایی و ژئوشیمیایی[1]

مشاهدات جغرافیایی نشانگر حضورسنگ‌های دگرگونی و آذرین درونی از جمله پگماتیت‌ها و توده‌های نفوذی و سنگ‌های آتشفشانی با خصوصیات سنگ‌شناسی متفاوت در منطقه است. سنگ‌های متعلق به گروه‌های مختلف و متعلق به دوره‌های کرتاسه و ترشیاری سیستم رشته‌کوه باقران را تشکیل داده‌اند. سنگ‌های متعلق به دوره‌ی کرتاسه عبارتند از: پریدوتیت‌ها، آمیزه‌های رنگین، شیل و ماسه‌سنگ که در شمال و شمال‌شرقی منطقه حضور دارند و سنگ‌های متعلق به دوره‌ی ترشیاری از قبیل: توف، مارن و کنگلومرا در جنوب و جنوب غربی منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشند (جدول ۱).

1- Geochemical

جدول ۱ : خلاصه‌ی وضعیت زمین‌شناسی منطقه

مساحت Km2	رخساره	دوره	دوران	سنگ شناسی	نوع
۱۴۰	پلوتونیک	کرتاسه فوقانی	مزوزوئیک	پریدوتیت (Harzburgite-Lherzolite)	**آذرین**
۴۹	جابجایی دگرگونی	کرتاسه فوقانی	مزوزوئیک	آمیزه‌های رنگین	**آمیزه‌های رنگین**
۹۹۶	آواری	کرتاسه فوقانی	مزوزوئیک	شیل و ماسه‌سنگ	**رسوبی**
۱۲۲	پیروکلاستیک	ترشیاری(اولیگومیوسن)	سنوزوئیک	توف- مارن- کنگلومرا	**ولکانوسدیمانتر**

حضور توده‌های نفوذی از نوع سنگ‌های آذرین بیرونی متعدد در رشته‌کوه باقران نشانگر وقایع آتشفشانی متعدد در اواخر دوره‌ی‌مزوزوئیک در منطقه‌ی مورد مطالعه است.این توده‌های نفوذی، سنگ‌هایی از نوع آذرین بیرونی شامل ریولیت‌ها و بازالت‌ها می‌باشند.

لندفرم‌ها[1] و نهشته‌های سطحی متعددی در منطقه شناسایی شده‌اند که عبارتند از: تراس‌های آبرفتی متوالی، اشکال تراکمی وابسته به فرآیندهای فرسایشی باد در مناطق خشک، شیب‌های واریزه‌ای، تالوس‌ها[2] و حفره‌های ناشی از بادبردگی[3] و پلایاها. برخی از این لندفرم‌ها و نهشته‌ها تغییرات فرآیندهای فرسایشی گذشته را که به دلیل وقوع تغییرات آب و هوایی در کواترنری ایجاد شده را در خود ثبت کرده‌اند.

روش کار

- منابع اطلاعات و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای

در این مقاله از ۲ تصویر ماهواره‌ای لندست TM و +ETM با فاصله‌ی زمانی ۱۴ سال مربوط به سال‌های ۱۹۸۸ و ۲۰۰۲ استفاده شده است. هر دو تصویر مربوط به فصل تابستان می‌باشند (جدول۲).

1- Landform
2-Talus
3- Blowouts

جدول ۲: خصوصیات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

ماهواره	کد شناسایی	تاریخ اخذ	قدرت تفکیک	سنجنده
لندست ۴	2231036-01 WRS =159/03700	سپتامبر ۱۹۸۸	۲۸/۵	TM10
لندست ۵	2231036-01 WRS =159/03700	سپتامبر ۲۰۰۲	۲۸/۵	ETM+

در اولین مرحله تصاویر مورد استفاده تصحیح شدند. به این ترتیب که، پس از بررسی وضعیت جوی در هنگام اخذ تصاویر در محدوده مورد مطالعه، برای حداقل ساختن اثرات خصوصیات جوی بر انعکاس‌های طیفی ثبت شده بر روی تصاویر ماهواره‌ای از شیوه‌ی ساده کاهش غبارآلودگی[1] در تصاویر ماهواره‌ای *(Richards و Jia، ۱۹۹۹: ۲۴۱)* استفاده شده است *(Lillesand و Kieffer، ۲۰۰۰: ۳۱۲)*. در این بررسی مطالعات انجام شده به محدوده‌ی دشت حوضه‌های زهکشی‌کننده به پلایا متمرکز شده است. بنابراین محدوده‌ی دشت از حوضه تحت زهکشی پلایا بوسیله‌ی GPS، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و عکس‌های هوایی و با کمک شیوه‌های اتوماتیک و مدل ارتفاعی رقومی شده[2] و سیستم اطلاعات جغرافیایی استخراج شده است *(رضایی‌مقدم و ثقفی، ۱۳۸۳: ۸۰)*.

طبقه‌بندی خودکار لندفرم‌ها رویکرد جالب توجهی است. در این روش، طبقه‌بندی ایجاد شده شباهت خوبی با شیوه‌های دستی دارد *(Brabyan، ۱۹۹۸: ۱۲۲)*. با کمک تجزیه و تحلیل‌های بصری و طبقه‌بندی نظارت شده[3]، محدوده‌های نمکی و انواع کاربری‌های اراضی منطقه با استفاده از ترکیب رنگی باندهای ۷،۴ و ۱ تصاویر و شیوه طبقه‌بندی حداکثر احتمال[4] برای هر دو دوره استخراج شده است. خصوصیات شیمیایی سطح پلایا با کمک شاخص‌های تهیه‌ی نقشه از مواد سطحی از قبیل شاخص‌های: سدیم، NaCl، ژیپس، پوشش‌گیاهی مناطق خشک و آب شور *(ERDAS Field Guide، ۲۰۰۲: ۴۳۱)* استخراج شده است.

- آشکارسازی تغییرات[5]

فرآیند شناسایی اختلافات در وضعیت یک موضوع، سطوح یا فرآیندها که توسط مشاهده‌ی اختلافات زمانی صورت می‌گیرد، آشکارسازی تغییرات نامیده می‌شود *(Singh، ۱۹۸۹: ۱۸)*. روش‌های مختلف آشکارسازی تغییرات در سنجش از دور به تجزیه و تحلیل تصاویر متوالی

1- Haze compensation
2- Digital elevation model
3- Supervised classification
4- Maximum likelihood classification
5- Change detection

یک منطقه می‌پردازند و مشتمل بر تعیین اختلافات و نمایش فضایی آنها در تصاویر است. هنگام انجام فرآیند آشکارسازی تغییرات در نظر گرفتن موضوعات ذیل ضروری است:
۱- سیستم سنجنده ۲- خصوصیات طیفی ۳- کنترل‌های ژئودتیکی[1]

با توجه به اینکه شیوه‌های متعددی جهت آشکارسازی تغییرات وجود دارد، در این مطالعه از دو روش استفاده شده است؛ تفریق تصاویر که جهت مقایسه‌ی نتایج حاصل از نقشه‌های تهیه شده از مواد سطحی به کار گرفته شده است.

تفریق تصاویر به وسیله کم کردن مقادیر DN[2] (اعداد رقومی) مربوط به یک باند خاص با تاریخ مشخص از مقادیر DN پیکسل‌های همان باند مربوط به زمان دیگر انجام می‌شود. مطالعات انجام شده حاکی از این موضوع است که در روش تفریق تصاویر در مقایسه با سایر روش‌های آشکارسازی تغییرات، خطاهای مربوط به آشکارسازی کمتر است *(Hall، ۱۹۹۵: ۵۲)*

روش پس از طبقه‌بندی[3] که شامل مقایسه‌ی دو تصویر طبقه‌بندی شده بطور جداگانه است، جهت تخمین تغییرات در کاربری‌های اراضی مورد استفاده قرار گرفته است. چنانچه دو تصویر بطور جداگانه طبقه‌بندی شوند، تغییرات سنجنده و جو متعادل شده و به این جهت اثرات سنجنده و جو به حداقل می‌رسد. این روش بهترین شیوه برای تخمین تغییرات در داده‌هایی است که طبقه‌بندی شده‌اند *(Cook و Iverson، ۱۹۹۱: ۸۷)*. میزان صحت نقشه‌ی تغییرات حاصله بستگی به‌میزان صحت طبقات به‌صورت جداگانه دارد زیرا خطاهای طبقه‌بندی در هر تصویر باعث بروز خطا در نقشه تغییرات می‌گردد *(Singh، ۱۹۸۹: ۹۹۴)*.

در این مطالعه، تعیین صحت[4] براساس مقایسه‌ی گستره فضایی طبقات نقشه‌های موضوعی تهیه شده (برای مثال برحسب کیلومترمربع یا درصد پوشش منطقه‌ای که از آن نقشه تهیه شده) با گستره‌ی فضایی آنها در برخی از مناطق روی زمین یا سایر منابع حاوی اطلاعات که مستند بوده، انجام شده است. برای این منظور از سه منبع اطلاعاتی استفاده شده است:
۱- نقشه‌هایی که حاوی توضیحاتی در زمینه‌ی اطلاعاتشان هستند۲- مشاهدات میدانی و نمونه‌گیری با استفاده از GPS ۳- اسناد و مدارک تشریحی که همراه با پروفیل‌های خاک بوده و بطور مکانی تجزیه و تحلیل‌هایی از ویژگی‌های منطقه ارایه می‌دهند.

1- Geodetic control
2- Digital number
3- Post classification
4- Accuracy assessment

- منطق فازی[1]

در چند دهه‌ی گذشته، منطق فازی در قلمرو گسترده‌ای از مسایل مورد استفاده قرار گرفته است. گرچه تئوری منطق فازی نسبتاً جوان می‌باشد، محدوده کاربردهای آن بسیار گسترده است. یک سری فازی، سریی است که عناصر آن دارای درجه‌ای از عضویت می‌باشند. یک عضو از سری فازی می‌تواند درجه‌ی عضویت کامل داشته باشد (عضو ۱۰۰ درصدی) یا اینکه دارای عضویتی جزیی باشد (درجه‌ی عضویت بین صفر تا صددرصد). درجه عضویت متعلق به یک عضو ابدا تنها به دو مقدار منتهی نمی‌شود بلکه می‌تواند صفر یا یک یا هر مقداری بین آنها باشد. تابع ریاضی تعریف‌کننده‌ی درجه‌ی عضویت در یک سری فازی تابع عضویت نامیده می‌شود. تعریف طبیعی مسایل در عبارات زبانشناختی به جای استفاده از روابط مقادیر عددی دقیق مزیت عمده‌ی این تئوری است. در این مقاله، اطلاعات طیفی مربوط به هر کدام از طبقات معین جهت طبقه‌بندی تصاویر دارای تغییر به شیوه‌ی منطق فازی مورد استفاده قرار گرفته است. در آخرین مرحله، اطلاعات مربوط به خصوصیات سطحی پلایا که به وسیله تصاویر مورد استفاده تهیه شده است برای تخمین مناطق دارای تغییرات بحرانی در مدل طبقه‌بندی فازی به کار گرفته شده است. در شیوه‌ی طبقه‌بندی فازی سری‌هایی از تصاویر ایجاد می‌شود که عضویت هر پیکسل در آن براساس تشابه طیفی آن با مناطق نمونه‌گیری شده بوده و کاربر می‌تواند میزان همگنی مناطق نمونه‌گیری را محدود نماید (نمره Z).مدل مورد استفاده حاوی چهار سری فازی $A_1, A_2, A_3 A_4$ است، و تابع عضویت $\mu_{A_i}(x)$ سری‌های مورد استفاده یعنی A_4 $A_3\mathbf{I}$ $A_2\mathbf{I}$ $A_1\mathbf{I}$ از روابط ذیل تعیین شده است:

$$\mu_{\mathbf{I}\ A_i}(x)(1 \le i \le 4) = \mu_{A_1}(x) \wedge \mu_{A_2}(x) \wedge \mu_{A^3}(x) \ldots\ldots\ldots \wedge \mu_{A^6}(x)$$

و

$$\mu_{A_i}(x) \wedge \mu_{A_i}(x)(1 \le i, j \le 4) = \begin{cases} \mu_{A_i}(x) \\ \mu_{A_j}(x) \end{cases}$$

بنابراین $\mathbf{I}\ A_i(1 \le i \le 4) = \min\{\mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x) \ldots\ldots, \mu_{A_6}(x)$

طبقه‌بندی تغییرات نیز با توجه به توابع زیر صورت گرفته است:

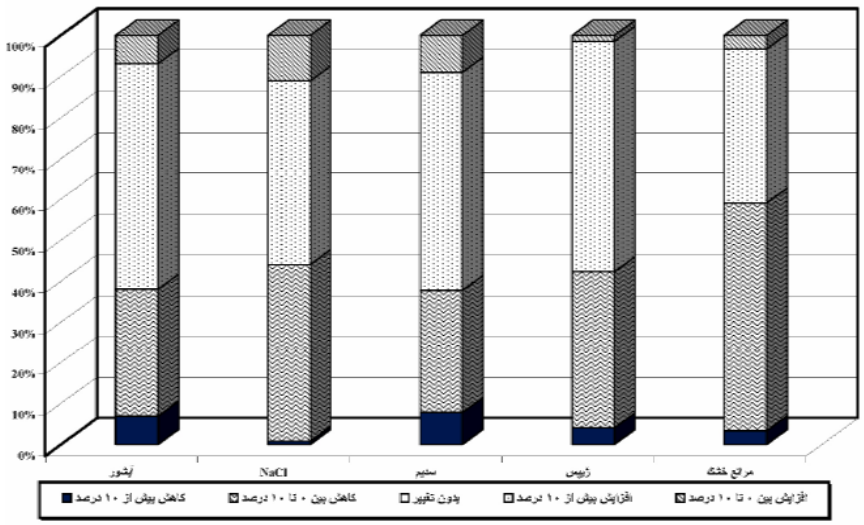
کاهشی بسیار	$\mu_{A_i}(x)$ if	$(1 \le i \le 4) \in [0,0.25]$
افزایشی بسیار	$\mu_{A_i}(x)$ if	$(1 \le i \le 4) \in [0.75,1]$
تاحدی کاهشی	$\mu_{A_i}(x)$ if	$(1 \le i \le 4) \in [0.25,0.5]$
تاحدی افزایشی	$\mu_{A_i}(x)$ if	$(1 \le i \le 4) \in [0.5,0.75]$

1- Fuzzy logic

تجزیه و تحلیل تغییرات شیمیایی

در تشکیلات پلایاها عناصر شیمیایی بسیاری حضور دارد. در این بررسی برخی از عناصر شیمیایی مانند: NaCl، سدیم، ژیپس و گستره آب‌شور در پلایا با کمک داده‌های ماهواره‌ای در طی دو دوره مورد مطالعه قرار گرفته است. تغییرات در تشکیلات شیمیایی پلایا در نتیجه‌ی عوامل بسیاری از قبیل: تغییرات آب و هوایی و تغییرات در کاربری‌های ارضی منطقه‌ی مورد مطالعه بروز پیدا کرده است. با تهیه‌ی نقشه از این مواد در دو دوره‌ی مختلف، نقشه‌ی تغییرات با کمک روش تفریق تصاویر آشکارسازی شده است.

برای تخمین تغییرات بین نقشه‌های حاوی عناصر شیمیایی در دو دوره، ما مقدار ۱۰درصد تغییر را برای طبقه‌بندی مناطق در ۵ طبقه در نظر گرفتیم. بنابراین، ما مناطق با بیش از ۱۰درصد تغییر افزایشی را به عنوان مناطق دارای بیشترین تغییرات افزایشی و مناطق بین صفر تا ۱۰درصد تغییرات افزایشی را به عنوان مناطق دارای تغییرات افزایشی کم و نیز مناطق با بیش از ۱۰ درصد تغییرات کاهشی به عنوان مناطق دارای بیشترین تغییرات کاهشی و مناطق بین صفر تا ۱۰درصد تغییرات کاهشی را به عنوان مناطق دارای تغییرات کاهشی کم و نهایتاً مناطق بدون تغییر طبقه‌بندی نمودیم (شکل۲).



شکل ۲: تغییرات در مساحت تحت حاکمیت عناصر شیمیایی و نیز وضعیت پوشش گیاهی منطقه که بطور کلی با عنوان مراتع منطقه خشک آمده نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که بیشترین روند تغییرات کاهشی برای NaCl و بیشترین روند تغییرات افزایشی برای ژیپس در طی دوره‌ی مورد بررسی رخ داده است.

در چشم‌انداز جدید پلایا، مناطق نمکی در قطعات دهها متری تا دهها هکتاری مشاهده می‌شود. بزرگترین پوسته‌های نمکی در مناطق با شیب۲-۰ درصد به‌وجود آمده‌اند. اما پوسته‌های نمکی همچنین در قطعات کوچکتری در امتداد و یا سواحل جریان‌های آبی ایجاد شده‌اند. تمامی اراضی نمکی در پلایا بطور مستقیم و یا غیر مستقیم توسط فعالیت‌های مربوط به کاربری‌های ارضی‌شان و تغییرات اقلیمی دچار تغییر شده‌اند. در پلایای کهک، تغییرات اقلیمی نقش اساسی و فعالی را در تغییر خصوصیات شیمیایی ایفا کرده است.

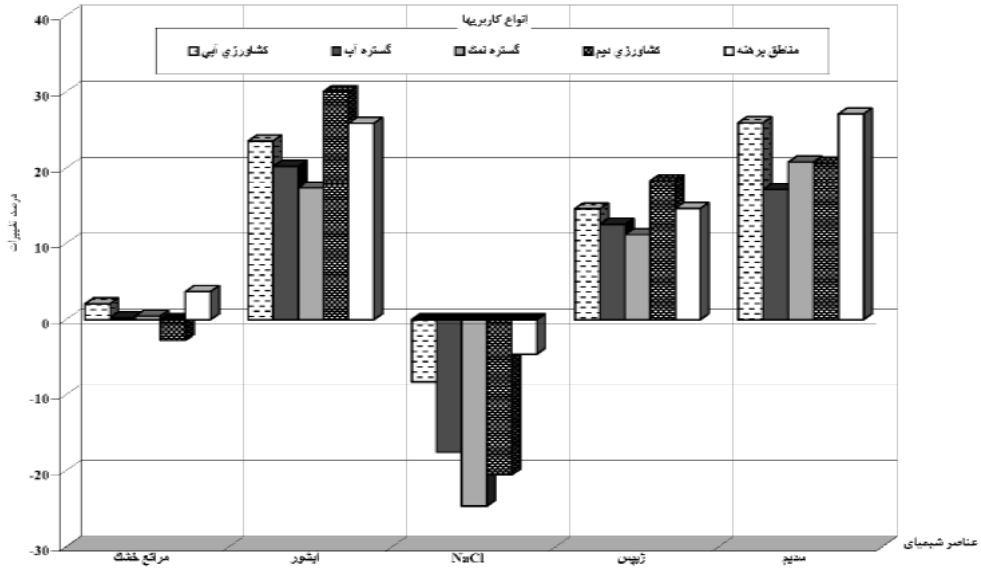
در منطقه‌ی مورد مطالعه، بیشترین تغییرات از نوع کاهشی مربوط به ژیپس و بیشترین تغییرات از نوع افزایشی مربوط به NaCl می‌باشد. بنابراین در طی دو دوره بررسی، بیشترین روند تغییرات کاهشی برای ژیپس و بیشترین روند تغییرات افزایشی برای NaCl مشاهده می‌شود (شکل۲).

تجزیه و تحلیل تغییرات کاربری اراضی

انواع متفاوتی از کاربری‌های ارضی در حاشیه پلایای مورد مطالعه وجود دارد. با استفاده از تصاویری که از جهت طیفی تصحیح شده و روش بیشترین احتمال در طبقه‌بندی نظارت شده، کاربری‌های اراضی در حاشیه پلایا طبقه‌بندی شده است.

بین سال‌های ۱۹۸۸ و ۲۰۰۲ افزایشی در حدود ۵۰۶۱ هکتار در مجموع اراضی کشاورزی حاشیه پلایا به وجود آمده که شامل همه‌ی تغییرات در اراضی مزروعی، مراتع طبیعی و مراتع کاشته شده می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که محدوده‌ی حوضه بطور سالانه در حدود ۱/۵ درصد افزایش در اراضی کشاورزی خود در طی دوره بررسی داشته است.

با استفاده از طبقات اصلی کاربری‌های استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای، تغییرات کاربری‌های اراضی حاشیه پلایا را به سه طبقه تقسیم نموده‌ایم که عبارتند از: ۱- تغییرات در شوری مناطق ۲- تغییرات در گستره‌ی آبی مناطق ۳- تغییرات در اراضی برهنه‌ی مناطق بین سال‌های ۱۹۸۸ و ۲۰۰۲. نتایج نشان می‌دهد که مجموع اراضی مزروعی در حاشیه‌ی پلایا با وجود اینکه در برخی از مناطق از بین رفته و در مناطق دیگر به وجود آمده تا حدود ۲۱ درصد افزایش داشته است (شکل۳). افزایش در مجموع اراضی کشاورزی در طی مدت مطالعه، که در نتیجه‌ی توسعه‌ی عمده مناطق کشاورزی آبی صورت گرفته در حدود ۵۶۲ هکتار است که تقریبا در هرجایی از حاشیه پلایا رخ داده است. قسمتی از این افزایش در نتیجه‌ی کاهش محدوده‌ی گستره‌ی آب‌شور در طی دوره حاصل شده است (شکل۳).



شکل ۳ : نمودار فوق درصد تغییرات افزایشی و کاهشی مساحت انواع کاربری‌های اراضی منطقه را در محدوده‌ی غلبه عناصر شیمیایی از جمله سدیم، ژیپس، آبشور، NaCl و نیز در محدوده مناطق دارای پوشش گیاهی مرتعی از نوع خاص مناطق خشک نشان می‌دهد. چنانکه مشهود است در محدوده غلبه NaCl انواع کاربری‌ها با روند کاهشی روبرو شده‌اند.

تغییرات در مساحت اراضی کشاورزی در حاشیه‌ی پلایا، نشانگر فعالیت کم فرآیندهای بیابانی شدن است در حالی‌که تغییرات در مجموع شوری پلایا مستقیماً مربوط به الگوهای تخریب پوشش‌گیاهی و تغییر اقلیم می‌شود. مجموع تغییرات در اراضی کشاورزی بین‌سال‌های ۱۹۸۸ و ۲۰۰۲ تخمین زده شده شامل: افزایش در اراضی مزروعی، کاهش در مراتع طبیعی و افزایش در مراتع مصنوعی است. تعیین صحت از جمله راههای ارزیابی نتایج طبقه‌بندی است. در این بخش نتایج طبقه‌بندی با داده‌های اولیه تصاویر مقایسه شده و گزارشی از آن تهیه شده است، این فرآیند با انتخاب نمونه‌های تصادفی صورت گرفته است (جدول۳).

جدول ۳: ماتریس تجزیه و تحلیل صحت نتایج طبقه‌بندی را نشان می دهد*

	اراضی کشاورزی آبی	اراضی کشاورزی دیم	خاک برهنه	آبشور	NaCl	سدیم	ژیپس	مراتع خشک
اراضی کشاورزی آبی	۴۲							
اراضی کشاورزی دیم		۴۸						
خاک برهنه			۳۵					
آبشور				۲۷				
NaCl					۲۳			
سدیم						۲۲		
ژیپس							۳۶	
مراتع خشک								۴۴
مجموع تعداد نمونه گیری‌ها	۵۰	۵۰	۴۰	۳۰	۳۰	۳۴	۴۲	۵۲
درصد صحت	۸۴	۹۶	۸۷	۹۰	۷۶	۶۴	۸۵	۸۴

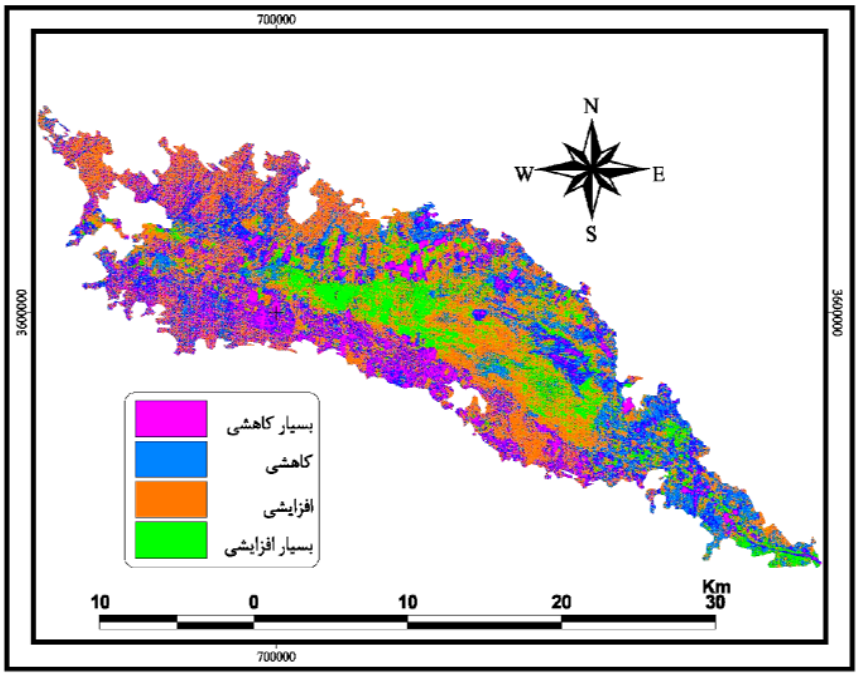
* در جدول فوق تعداد نمونه‌های صحیح روی زمین در برابر تعداد نمونه‌های صحیح در نقشه‌های طبقه‌بندی نتیجه شده قرار دارد. مجموع صحت طبقات برابراست با ۸۴ درصد و مجموع مقدار ضریب Kappa برابر است با ۰/۶۷۳۵.

بررسی خطرات ناشی از شور شدن

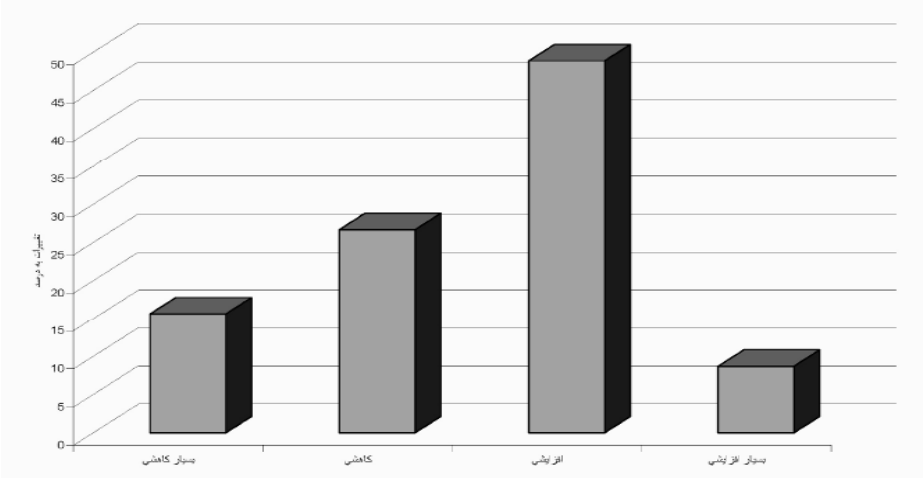
در ارزیابی به شیوه‌ی منطق فازی مناطقی که تغییرات عمده‌ای را در شور شدن و قلیایی شدن در مقایسه‌ی وضعیت حال با گذشته داشته‌اند، تعیین می‌شود(شکل ۴و ۵). در این روش ارزیابی روند گذشته نشان داده شده و مورد بازنگری قرار می‌گیرد، بطوری‌که می‌توان برای یک دوره‌ی احتمالاتی درآینده مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین، آشکارسازی تغییرات می‌تواند مبنایی برای پیش‌بینی تغییرات قرار گیرد.

مطالعاتی در خصوص پیش‌بینی تغییرات برای مناطق پلایا صورت گرفته است. مناطقی که در گذشته‌ی نه چندان دور تغییرات ویژه‌ای را متحمل شده‌اند به عنوان مناطق ویژه‌ی مستعد با پتانسیل افزایشی برای شور شدن مورد توجه قرار می‌گیرند که در حال حاضر بیشترین خطر شور شدن را در پی‌خواهند داشت. میزان احتمال برای اینکه چنین تحولی صورت گیرد را می‌توان برای مناطق مختلف محاسبه نمود همچنانکه این کار برای منطقه‌ای در روسیه صورت گرفته است *(Sadov و Krapilskaya, 1987: 25)*.

در طی مراحل تجزیه و تحلیل طبقات نتیجه شده، مقایسه مجموع صحت طبقات و ضریب Kappa جهت تشخیص کیفیت داده‌ها انجام شده است. بطور کلی مجموع صحت حاصله در حدود ۸۴ درصد بوده است.



شکل ۴: توزیع مکانی مناطق دارای تغییرات بحرانی (کاهشی یا افزایشی) از جنبه خصوصیات شیمیایی در سطح پلایای کهک را نشان می دهد. نقشه‌ی فوق با کمک طبقه‌بندی به‌روش منطق فاز ی حاصل شده است.



شکل ۵: درصد مساحت تغییرات صورت گرفته در خصوصیات شیمیایی سطح پلایای کهک را که حاصل از طبقه‌بندی تغییرات شیمیایی منطقه به روش منطق فازی است نشان می‌دهد.

منابع و تجزیه و تحلیل توده‌های نمک سطحی

دامنه‌ی تغییرات سطح آب زیرزمینی در پلایای مورد مطالعه در حدود ۱۴۵-۲۲ سانتیمتر متغیر می‌باشد که متوسط اندازه‌گیری شده حدود ۹۳ سانتیمتر است، در آب‌های زیرزمینی منطقه بلورهای نمک سطحی که در اراضی کشاورزی ظاهر می‌شوند، قرار دارند. کانی‌های تبخیری مناطق وسیعی از پلایا و دامنه‌های پست پلایا را پوشانیده‌اند.

انواع متفاوتی از توده‌های نمکی در حال حاضر در پلایای کهک وجود دارد که عمده‌ی آنها NaCl و ژیپس می‌باشد که در مناطقی در زیر نهشته‌های سطحی و در جایی‌که آب شور به درون نهشته‌های تشکیل دهنده پلایا نفوذ می‌کند حضور دارند. ته‌نشین شدن NaCl و ژیپس در منطقه تا زمانی ادامه می‌یابد که مقدار آنها به حد فوق اشباع برسد. اولین نتیجه از عمل تبخیر آب‌های زیرزمینی در منطقه که در عمق کمی قرار گرفته‌اند، عمدتاً رسوب‌گذاری ژیپس و NaCl در خاک سطحی است. این موضوع ناشی از فرآیند شور شدن در اثر عمل تبخیر می‌باشد.

تبلور نمک در خاک‌های دشت در نتیجه آب‌شویی صورت گرفته در چشم‌اندازهای مرتفع و به دنبال حرکت جانبی آب زیرزمینی است. در این فرآیند قسمتی از مواد محلول از طریق تبخیر سطحی آب زیرزمینی که در نتیجه‌گیری نیروی شعریه به سمت بالا حرکت کرده، نهشته شده و نمک‌ها در سطح خاک مناطق پست ظاهر شده است. این گونه تبلور نمک‌ها در سطوح و سایر رخدادهای مشابه آن با نحوه‌ی استفاده از زمین خصوصا آبیاری شدید در ارتباط است.

بیشتر تمرکز سدیم، ژیپس، سولفات و NaCl در منطقه‌ی پلایا صورت گرفته و به سمت مناطق مرتفع‌تر از میزان آنها بطور محسوسی کاسته می‌شود. تغییرات در خصوصیات شیمیایی و مواد محلول پلایا در این محدوده توسط میزان بارش، رواناب حاصل از بارش و فرآیند تبخیر کنترل می‌گردد.

تبلور نمک در اراضی کشاورزی شاهدی انکارناپذیر برای تداوم تولید پوسته‌های نمکی توسط نیروی شعریه و تبخیر آب زیرزمینی در سطح زمین به جای تبخیر از توده‌های آب راکد است. حضور مقادیر زیادی از مواد محلول NaCl در سطح مشخصه‌ی دیگری از تبلور مواد تبخیری به دنبال فرآیند صعود شعریه است، در غیر این‌صورت فرآیند آب‌شویی تمایل به ایجاد منطقه‌ای از بلورهای NaCl در زیر خاک سطحی و در نزدیکی سطح آب‌های دائمی دارد.

پدیده‌های نمکی در پلایا شبیه به پوسته‌های سیمانی شده نمکی می‌باشند، اما پدیده‌های نمکی پلایای کهک نازک بوده و در خاک‌های رسی ظاهر شده‌اند و مناطق کوچکی را به‌صورت لکه‌هایی متأثر ساخته‌اند. این پدیده‌ها در اثر تبخیر آب‌هایی که در نتیجه‌ی نیروی شعریه به سطح رسیده‌اند ایجاد شده‌اند. علاوه بر این نقش ژئومورفولوژیک پلایا به صورت حداقل ظاهر

شده است، با وجود این در طی وقوع بارش‌های متعدد نقش آن به صورت فعالی احیاء می‌شود. سایر محققین از قبیل: Glennie و Evans (۱۹۷۶) و Watson (۱۹۷۹) که در سایر نقاط دنیا به تحقیق در این خصوص پرداخته‌اند اشاره می‌کنند که پوسته‌های نمکی در اراضی داخلی تا بیش از ۷۵ سانتیمتر ضخامت داشته و توسط مواد محلول نمکی مختلفی مانند: NaCl، سولفات سدیم و ژیپس سیمانی می‌شوند. این پوسته‌ها بطور معمول پدیده‌هایی با طول عمر بیشتر می‌باشند که در مناطق نیمه‌خشک تا بسیار خشک یافت می‌شوند. در هرصورت آنها توسط فرآیندهای مختلفی تشکیل می‌شوند که عبارتند از: تبخیر از موجودات زیست‌کننده در آب دریاچه‌ها، جریانات جانبی زیرزمینی، و نزول آب‌های شهابی[1] و نیز نیروی شعریه بالا آمدن آب‌های زیرزمینی *(Sonnenfeld, 1989:51 ،Watson,1979:17)*.

در مجموع از سال ۱۹۸۸ تا سال ۲۰۰۲ چشم‌انداز پلایا بطور ویژه‌ای تغییر یافته و اراضی بیابانی شده در منطقه با سرعت توسعه یافته است. در طی این دوره در حدود ۶۲/۶۸۷۵ هکتار از مناطق در معرض شوری قرار گرفته است (شکل۳). در سال ۲۰۰۲ غلبه با مناطقی است که شور بوده ولی تثبیت شده و نیز مناطقی است که از نظر شوری جابجایی مکانی داشته‌اند.

بر اساس این مطالعه نتیجه می‌شود که حالات گسترش پلایا در محدوده تحت بررسی در بیشتر مناطق با سرعت گسترش یافته است و تنها در مناطق کوچکی فرآیند احیاء صورت گرفته است. از اینرو سازمان‌های دولتی و محققین باید توجه بیشتری به این موضوع داشته باشند. در گسترش پلایای کهک هم شرایط ناسازگاری طبیعی و هم فعالیت‌های انسانی را باید مسئول دانست.

بحث

در مجموع هدف اصلی این مطالعه عبارت است از آشکارسازی و تهیه‌ی نقشه‌ی تغییرات در گستره‌ی فضایی پلایا در طی زمان. شیوه‌های تجزیه و تحلیل معمول و استاندارد تصاویر ماهواره‌ای در این بررسی مورد توجه قرار گرفته است. این مطالعه بطور موفقی نشان داد که شیوه‌های آشکارسازی تغییرات را می‌توان برای مطالعه‌ی محیط‌های پلایا نیز به کار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌های نشانگر تغییرات، اطلاعاتی را ایجاد می‌کند که تشخیص سطح تغییرات چشم‌انداز را از نظر تشکیلات و ترکیبات پلایا ممکن می‌سازد. همچنین این اطلاعات عوامل به وجود آورنده را که بیشترین فشار را در سراسر منطقه‌ی مورد مطالعه سبب شده‌اند را مشخص می‌کنند. اطلاعاتی که نشانگر تغییرات هستند برای برنامه‌ریزی در زمان حال نیز مفید می‌باشند. ترکیب داده‌های حاصل از تغییرات با مشاهدات میدانی میزان دقت نقشه‌های

1- Meteoric waters

نشان‌دهنده تغییرات چشم‌انداز را افزایش می‌دهد. برای تعیین فواصل بین آستانه‌های کمی که تغییرات افزایشی و یا کاهشی شورشدن و یا مرطوب شدن را نشان می‌دهند، باید تحقیقات بیشتری انجام شود.

سنجش از راه دور ابزاری توانا جهت مطالعه اکوسیستم‌های مختلف زمین از قبیل محیط پلایاها به جهت تولید داده‌های با ارزش و مفید از نظر زمانی است. از جمله مهمترین علل گسترده شدن کاربردهای داده‌های سنجش از راه دور ساده بودن، سریع‌تر بودن و انجام تحقیقات مفید و با ارزش توسط داده‌های آن برای انواع مختلف محیط‌ها می‌باشد. در طی سال‌ها، سنجش از راه دور به منظور تهیه‌ی نقشه از مناطق وسیع مورد استفاده قرار گرفته است.علاوه بر این،داده‌های سنجش از راه دور در قالب‌عکس‌های هوایی جهت اهداف شناسایی، ترسیم و اندازه‌گیری مکانی چشم‌اندازهای محیطی بطور موفقی به کار گرفته می‌شدند. با عبور منظم ماهواره‌های سنجش از راه دور از روی مناطق، اطلاعات زمینی در قالب تصاویر چند طیفی و متعدد برای یک‌دوره زمانی بطور مداوم به دست می‌آید. بنابراین، تغییرات در شرایط محیط زیست زمین را می‌توان با استفاده از تصاویر رقومی‌شده‌ی ماهواره‌ای مورد ارزیابی قرار داد.با وجود این هنوز استفاده از این تصاویر در زمینه‌ی مطالعه تمامی مناظر مختلف مربوط به انواع پلایاها خصوصاً پلایاهایی که در مناطق نیمه‌خشک و خشک قرار دارند که معمولاً مساحت کمتر و ترکیب متنوع گونه‌های گیاهی در آنها یافت می‌شود، بسیار محدود می‌باشد. قابلیت استفاده از داده‌های ماهواره لندست TM این مسأله را تاحدی حل نموده است. قدرت تفکیک فضایی ۳۰ متر باعث شده تا داده‌های این ماهواره امکان مطالعه‌ی مناطق نسبتاً کوچک‌تر را فراهم نماید.

منابع و مآخذ

۱- رضایی‌مقدم،محمدحسین و ثقفی،مهدی(۱۳۸۳): *طبقه‌بندی و تحلیل مورفولوژی لندفرمهای زمین با استفاده از GIS و DEM*. نشریه دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز. شماره پیاپی ۱۷.

2- Agarwal, S.C.(1957) Pachapadra and Didwana Salt Source. Government of Indian Press, Delhi, p. 206. Bakker, R.J., Mamtani, M.A., 2000. Fluid inclusions as metamorphic process indicators in the southern Aravalli Mountain Belt (India). Contrib. Mineral. Petrol. 139.

3- Brabyan, L (1998) GIS analysis of macro landform. Presented at the 10th Colloquium of the Spatial Information Research Center, University of Otago, New Zealand, 16-19 November.

4- Cook, E.A. and Iverson, L. R (1991) Inventory and change detection of urban land cover in Illinois using Landsat Thematic Mapper data, Technical Papers ACSM-ASPRS Annual Convention, Vol. 3, Baltimore

5- Cooke, R.V., Warren, A., Goudie, A. S. (1993) Desert Geomorphology. UCL Press, London. 526 pp.

6- ERDAS (2002) ERDAS Field Guide, 6rd ed., ERDAS, Inc, Atlanta, GA, 686 P.

7- Ghosh, B. (1964) Geomorphological aspects of the formation of salt basins in western Rajasthan. In: Proceedings of the Symposium on Problems of Indian Arid Zone. Ministry of Education, Government of India and UNESCO, CAZRI, Jodhpur.

8- Ghosh, B., Singh, S., Kar, A. (1977) Desertification around the Thar-a geomorphological interpretation. Ann. Arid Zone 16.

9- Glennie, K.W., Evans, G. (1976) A reconnaissance of the Recent sediments of the Ranns of Kutch, India. Sedimentology 23.

10- Goudie, A. S (1991) Pans. Progress in Physical Geography 15 (3) 221-237.

11- Goudie, A.S., Wells, G.L (1995) The nature, distribution and formation of pans in arid zones. Earth-Science Reviews 38.

12- Hall, A (1995) Change Detection, ER Mapper5.0 Applications, Earth Resource Mapping Pty. Ltd.

13- Krapilskaya, N. M., & Sadov, A. V (1987) Aerospace monitoring of hydrogeological conditions and reclamation status of lands in southern Aral coastal strip. Problems of Desert Development, 1.

14- Lillesand, T.M., Kieffer, R.W (2000) Remote sensing and image interpretation, fourth ed. Wiley, New York 724 P.

15- Richards, J.A., Jia, X (1999) Remote Sensing Digital Image Analysis Third revised and enlarged ed. Springer, Berlin 363 P.

16- Roy, A. B (1999) Evolution of saline lakes in Rajasthan. Curr. Sci. 76.
17- Singh, A (1989) Digital change detection techniques using remotely-sensed data, International Journal of Remote Sensing, Vol. 10.
18- Singhvi, A.K., Kar, A (1992) Thar Desert in Rajasthan—land, man and environment. Geol. Soc. India, 186 P.
19- Sinha-Roy, S. (1986) Himalayan collision and indentation of Aravalli orogen by Bundelkhand wedge: Implications for neotectonics in Rajasthan. Proceedings of the International Symposium on Neotectonics in south Asia, Dehradun, India.
20- Sonnenfeld, P (1989) Part I. Genesis of evaporites. In: Sonnenfeld, P., Perthuisot, J.-P. Eds. , Brines and Evaporites. Short Course in Geology: American Geophysical Union, Washington. Vol. 3.
21- Watson, A. (1979). Gypsum crusts in deserts. J. Arid Environ. 2.