

تحولات ژئومورفولوژیکی دریاچه نمک قم بعد از آخرین دوره یخچالی

بهاره میرزاخانی*

کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت معلم تهران، تهران، ایران

آتنا عسگری

کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت معلم تهران، تهران، ایران

امید ابراهیمی

کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت معلم تهران، تهران، ایران

چکیده

در ایران مرکزی دریاچه های متعددی وجود دارد که در حال حاضر تبخیر از آنها از میزان آب ورودی بیشتر است. در نتیجه، کانی های محلول که در دوره های مرطوب تر وارد این حوضه های انتهایی شده است بر اثر ادامه خشکی رسوب می نمایند و زون های متعدد از کانی های تبخیری ایجاد می کنند. در حوضه اصلی دریاچه نمک با مساحت ۱۸۰۶ کیلومتر مربع در ایران مرکزی واقع شده است و حوضه خود را به مساحت ۸۱۵۳٫۷ کیلومتر مربع را زهکشی می کند. این پژوهش با هدف بررسی تحولات ژئومورفولوژیکی دریاچه بعد از آخرین دوره یخچالی به کمک شناسایی سطوح تبخیری اطراف آن انجام گرفته است. در پژوهش حاضر از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، مدل رقومی ارتفاع در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، تصاویر ماهواره ای ETM⁺ و مشاهدات میدانی و همچنین به کمک نرم افزارهای GIS و ERDAS انجام شده است. تکنیک مؤلفه های اصلی به منظور شناسایی سطوح تبخیری اطراف دریاچه بکار گرفته شد و نتایج آنالیز با مشاهدات میدانی ارزیابی شد. در نتیجه اعمال عملگر PCA، سه سطح در اطراف دریاچه نشان داده شد که مجموع آنها ۱۸۵۰٫۹۵ کیلومتر مربع مساحت داشت و سطح نامبرده مؤید حداکثر رشد دریاچه در آخرین دوره یخچالی بود. سه زون تبخیری که نشانگر خشک شدن تدریجی دریاچه تحت تأثیر کاهش بارش و افزایش تبخیر تا کنون بوده اند، به ترتیب شامل منطقه آهکی (کلسیت) با ۲۰۱٫۹۱ کیلومتر مربع، منطقه گچی با ۴۳۵٫۵۹ کیلومتر مربع و منطقه نمکی (هالیت) با ۱۲۱۳٫۴۵ کیلومتر مربع مساحت بودند.

واژه های کلیدی: تحلیل مؤلفه های اصلی PCA، دریاچه نمک، سطوح تبخیری

مقدمه

نزدیک به دو سوم مساحت کشور در مناطق بیابانی قرار گرفته است. پلایا و یا چاله ها نیز به عنوان واحدهایی از بیابان وسعت قابل ملاحظه ای از ایران را اشغال می کنند و با توجه به توان اکولوژیکی و اقتصادی آن ها می طلبد که مورد بررسی و ارزیابی دقیق و جدی قرار گیرند. بطور کلی در تحقیق حاضر سعی شده است ابتدا به معرفی لندفرم های ژئومورفولوژیکی منطقه مورد مطالعه پرداخته شود و سپس با شناسایی سطوح تبخیری اطراف دریاچه نمک قم به چگونگی تحولات ژئومورفولوژیکی آن از آخرین دوره یخچالی تا کنون پی برده شود.

در سال ۱۹۵۶، بوبک* با مطالعه عکس های هوایی و بررسی زمین های اطراف دشت کویر و مسیله، وجود شرایط مرطوب تر گذشته ایران مرکزی را نسبت به شرایط امروزی آن مطرح کرد. در ۱۹۵۸ هوکریده[†] و همکارانش با مطالعه زمین شناسی دوران چهارم در منطقه کرمان و جنوب و شرق ایران مرکزی، به آثار تخم مرغ شتر مرغ و گونه ای از دوزیستان و نیز انواعی از گیاهان دست یافته، دلایل حاکمیت شرایط مرطوب تر در این نقاط را ارائه دادند. در سال ۱۹۷۲، کرینسلی با مطالعه عکس های هوایی و مشاهدات دشت کویر، وجود دوره های مرطوب تر را نسبت به شرایط امروزی بیان کرد. درش[‡] در آخرین مقاله خود بنام «دشت لوت» و محمودی نیز در مقاله ای تحت عنوان «آب و هوای ایران»، تغییرات آب و هوایی ایران مرکزی را امکان پذیر دانستند.

قسمت های عمده ای از ایران در اواخر دوره ائوسن شرایط عمومی دریایی را از دست داد. از آن پس شرایط کم عمق تبخیری و رسوب های قاره ای خشک یا تشکیلاتی نظیر گچ و نمک در ایران مرکزی گسترش یافته است. از اوایل دوره پلیوستوسن، ایران مرکزی تقریباً موقعیت امروزی خود را باز یافته است. حفاری ها و سونداژهای ژئوفیزیکی وجود یک دریاچه وسیع را در دوره یخبندان وورم در محل کویر کنونی قم ثابت می کند. (معتمد، ۱۳۷۶) در مقابل در دوره های خشک (بین یخبندانی) همانند شرایط کنونی، چاله های داخلی کم آب و یا خشک شده و کویرها نیز به حوضه انتهایی شبکه های دائمی و فصلی محدود می شده اند. در نتیجه حوضه های داخلی در دوره های مرطوب شرایط دریاچه ای و در دوره های خشک شرایط باتلاقی و کویری داشته اند. (علایی طالقانی، ۱۳۸۶) بنا به ادعای معتمد (۱۳۷۶) تناوب لایه های ضخیم نمک با لایه هایی از رس قهوه ای تا خاکستری و مارن در چاله حوض سلطان، تنها از طریق سرد شدن و یا گرم شدن هوا در کوتاهترین قابل تفسیر می باشد. همین تناوب در ساختمان سازندهای کلوت ها در دشت لوت نیز مشاهده می شود.

* - Bobek

† - Huckridea

‡ - Dresh

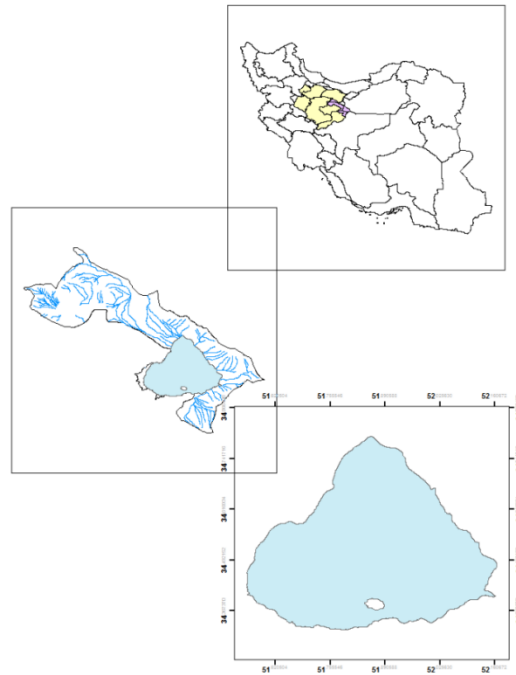
بدون شک، اقلیم تعیین کننده مرز میان پدیده های ژئومورفولوژیکی می باشد. تخمین ها حاکی از آن بوده است که بیش از نیمی از دریاچه های جهان در طول سالیان گذشته ناپدید شده اند و در حالیکه مسلم است که آب و هوا نقش مهمی در سلامت، عملکرد و توزیع دریاچه ها دارد، اما ارزیابی چگونگی تأثیر اقلیم بر آن ها مشکل است (Hulme, 2006). تحولات آب و هوایی بزرگترین اثر خود را بر تغییر سطح آب دریاچه ها و چگونگی رژیم هیدرولوژیکی، بیولوژیکی و بیوشیمیایی آن ها می گذارد (Ferrati et al, 2005) همچنین مطالعات نشان داده است که دریاچه های داخلی به طور عمده ای از تغییرات بارش متأثر بوده و تحت تأثیر خشکسالی های مکرر، طوفان ها و سیلاب ها قرار دارند (IPCC, 1996).

سالها است که محققان از روش تحلیل مولفه های اصلی در علوم مختلف استفاده نموده اند. اولین کاربردهای روش مذکور در علوم روانشناسی بود که به تدریج به سایر حوزه ها از علوم طبیعی و پزشکی تا علوم اقتصادی و اجتماعی راه یافت. در حوزه علوم جغرافیایی؛ در مورد استفاده از تکنیکهای سنجش از دور بویژه تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA) و استفاده از ترکیب بانندی در شناسایی پدیده ها در ایران می توان به پژوهشهای متعدد علوی پناه (۱۳۷۹ و ۱۳۸۳)، رامشت (۱۳۸۳)، زهتابیان (۱۳۸۹) و قهرودی تالی (۱۳۹۰، ۱۳۸۹، ۲۰۱۰) و شهرابی (۱۹۸۶) برای مطالعه تغییرات سطوح رسوبی اشاره نمود. ضیائیان فیروزآبادی (۱۹۹۵) نیز از روشهای تفریق تصاویر، تحلیل مؤلفه های اصلی و منطق فازی، طبقه بندی و ارزیابی پس از طبقه بندی برای بارزسازی تغییرات شهر مدرس هند به کار گرفته است. در این مطالعه از تصاویر ماهواره IRS ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۵ استفاده شده است. سونار (۱۹۹۸) با استفاده از داده های سنجنده TM و بکارگیری روش های روی هم اندازی تصاویر، تفریق تصاویر و تحلیل مولفه های اصلی و مقایسه و طبقه بندی، تغییرات کاربری اراضی در ناحیه آبتیکالی ترکیه را مطالعه کرد و نتیجه گرفت که تحلیل مولفه های اصلی و طبقه بندی تصاویر، نتایج بهتری را ارائه می دهند. پراکاش* و همکاران (۱۹۹۷) با استفاده از تصاویر رنگی کاذب، روش آشکارسازی لبه و روش مؤلفه های اصلی، تقسیم تصاویر و تبدیل IHS، اقدام به تهیه نقشه کاربری اراضی یک منطقه معدنی در هند نموده اند.

دریاچه نمک قم در حوضه اصلی دریاچه نمک در ایران مرکزی با مختصات جغرافیایی، در $51^{\circ} 91'$ تا $52^{\circ} 26'$ طول شرقی و $34^{\circ} 13'$ تا $34^{\circ} 53'$ عرض شمالی واقع شده است و حوضه خود را به مساحت $8153,7$ کیلومتر مربع را زهکشی می کند و فقط زمستان ها آب دارد. شکل و وسعت دریاچه متناسب با ورود آب و میزان بارندگی آن در فصول مختلف سال متفاوت است. در واقع، دشت مسیله شامل ۴ چاله با نامهای حوض سلطان و حوض مره در غرب و دریاچه نمک آران (که با نامهای قم و مسیله هم شناخته میشود) است. دریاچه نمک از نظر موقعیت جغرافیایی در شرق استان قم و در بین سه استان قم، سمنان و اصفهان قرار دارد. تبخیر زیاد سبب شوری شدید آب و ایجاد لایه ضخیمی از نمک در دریاچه شده است. مساحت این دریاچه در حدود 1806 کیلومتر مربع است. عمق نمک این دریاچه بین 5 تا

* - Prakash

۵۴ متر متغیر است که توسط لایه‌های خاک رس از یکدیگر جدا شده‌اند. زمینهای اطراف این دریاچه بشدت باتلاقی می‌باشند که وسعت باتلاقها در منطقه غرب دریاچه به مراتب وسیعتر از مناطق دیگر آن است. از جمله مناطق باتلاقی این دریاچه می‌توان به حوض قیلوقه در شرق و یا باتلاق دو کویری در منطقه جنوب شرقی دریاچه اشاره کرد. مهم‌ترین ترکیباتی که در دریاچه نمک وجود دارد عبارت‌اند از: کلرید سدیم، سولفات سدیم، کلرید منیزیم، سولفات منیزیم و



شکل شماره ۱: موقعیت دریاچه نمک

از نظر زمین شناسی دریاچه نمک در یک فرونشست کم ژرفای زمین ساختی تشکیل شده که پیرامون آن تعدادی گسل های اصلی و فرعی وجود دارد که بعضی از آنها مانند گسل های مرنجاب، راوند، سیاه کوه و دوازده امام، از گسل های جوان و فعال کواترنر به شمار می روند. سه زون عمده ی زمین شناسی حوضه ی آبخیز دریاچه ی نمک عبارتند از البرز مرکزی در شمال، ایران مرکزی در مرکز و زون سنندج - سیرجان در جنوب. بخشی از ارتفاعات البرز مرکزی، ایران مرکزی و زاگرس در این حوضه قرار دارد. در مجموع، مهمترین سازنده های فراهم کننده ی رسوب در حوضه ی آبخیز دریاچه ی نمک را سازنده های مارنی قم، شیلی و مارنی قرمز فوقانی در سنوزوئیک، شیل ها و اسلیت های ژوراسیک در مزوزوئیک تشکیل می دهند. رسوبات دریاچه به دو چین خوردگی و به صورت تقریباً افقی مشخص شده اند. پیش از آخرین فاز کوهزایی، رسوبگذاری در این منطقه یکسان نبوده و در نقاط مختلف با یکدیگر تفاوت داشته

است. در شمال رسوبات ریز دانه و نمک ها روی سازند قرمز بالایی قرار دارند. در جنوب رسوبات روی آندزیت ها و تشکیلات اولیگومیوسن (قم) قرار داشته و در غرب دریاچه، رسوبگذاری از روی توف ها آغاز شده است. کمینه ی ضخامت رسوب در بخش جنوب روی آندزیت ها (ائوسن) و تشکیلات قم حدود ۲۰ متر بوده و حفاری های شرکت نفت نشان داده است که بیشینه ی آن در غرب روی توف ها تا ۳۵۰ متر می رسد. این دریاچه تکتونیکی بوده و توسط گسله هایی از هر طرف محدود شده است. عدم پی سنگ یکسان و فرونشست های متفاوت در بخش های مختلف دریاچه، سبب ایجاد ضخامت های متفاوتی از رسوبات نیز شده است. به طور کلی و بر پایه ی شواهد موجود به نظر می رسد که دریاچه ی نمک، حوض سلطان و حوضه ی جنوب مرنجاب در مجموع یک واحد بزرگتری را تشکیل می داده اند که خود بخشی از حوضه ی بزرگ نئوژن در ایران مرکزی بوده است. سپس در اثر فرآیندهای تکتونیکی، حوض سلطان از دریاچه ی نمک جدا شده و به دو حوضه ی مستقل تقسیم شده که البته توسط یک کانال طبیعی کماکان به یکدیگر مرتبط بودند؛ اما به تدریج این ارتباط کاهش یافت و فقط محدود به فصول مرطوب سال شد. شایان ذکر آنکه در حال حاضر نیز ارتباط دریاچه ی نمک با حوض سلطان فقط در فصل بارندگی توسط این کانال برقرار می شود.

از مهم ترین رودهایی که به دریاچه نمک ختم می شوند می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

قمرود: این رود از دامنه کوه های قلعه خلیل واقع در شهرستان فریدن واقع در ۴۰ کیلومتری غرب خوانسار سرچشمه می گیرد و پس از عبور از استان های اصفهان و مرکزی، به استان قم وارد می شود. این رود پس از عبور از دشت سلفچگان و نیزار، رودهای فرعی زواریان، قره سو، سلمان و درّه باغ به آن می پیوندند. قمرود پس از عبور از وسط شهر قم، در ۲۲ کیلومتری شمال شرق شهر قم در محلی به نام پل دلآک به رود قره چای می پیوندد.

قره چای: این رود از ارتفاعات جنوب سازند اراک سرچشمه می گیرد و پس از عبور از استان های مرکزی و همدان و دریافت شعباتی از این استان ها، از طرف شمال غربی وارد استان قم (بخش جعفرآباد) می شود و پس از دریافت شعباتی گوناگون در محل پل دلآک به قمرود می پیوندد. این رود پس از عبور از دشت خشک و بیابانی مسیله وارد دریاچه نمک می شود.

از دیگر رودهایی که از کویر مسیله عبور میکنند و به دریاچه نمک منتهی می شوند، می توان به رود شور، کرج و جاجرود اشاره کرد. رود شور از جنوب شرقی دشت قزوین به سمت شرق جریان یافته و پس از دریافت زه آب دشت زرنده به سمت دریاچه نمک جریان می یابد. جاجرود از ارتفاعات شمشک و رودخانه کرج از ارتفاعات خرسنگ کوه در البرز مرکزی سرچشمه گرفته و از دشت ورامین و شهریار به سمت جنوب جریان می یابد. این دو رودخانه در انتها یکی

شده و جاجرود را تشکیل داده به دریاچه نمک میریزند. قسمت غرب و شمال غرب دریاچه نمک که رود کرج و جاجرود به آن وارد می شود، باتلاقی است.

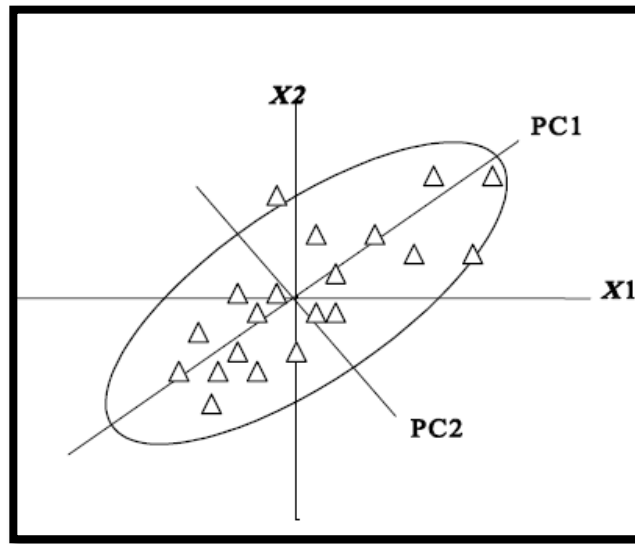
مواد و روش ها

تحلیل داده های چندگانه از نقش اساسی در تحلیل اطلاعات برخوردار است. مجموعه داده های چندگانه، حالت ها یا متغیرهای زیادی را برای هر مشاهده در بر دارند. اگر در هر مجموعه داده n متغیر وجود داشته باشد، هر متغیر می تواند دارای چند بعد باشد. با توجه با اینکه اغلب درک و شهود فضای چند بعدی دشوار است، روش تحلیل سلسله مولفه های اصلی، ابعاد کلیه مشاهدات را براساس شاخص ترکیبی و دسته بندی مشاهدات مشابه کاهش می دهد. روش فوق یکی از با ارزش ترین نتایج کاربرد جبر خطی است که به وفور در کلیه اشکال تحلیلی از علوم شبکه های عصبی تا نمودارهای کامپیوتری استفاده شده است، چرا که یک روش آسان و غیرپارامتریک برای استخراج اطلاعات مرتبط از یک مجموعه داده پیچیده می باشد.

در این روش متغیرهای موجود در یک فضای چندحالتی همبسته به یک مجموعه از مولفه های غیر همبسته خلاصه می شوند که هر یک از آنها ترکیب خطی از متغیرهای اصلی می باشند. مولفه های غیرهمبسته به دست آمده مولفه های اساسی (PCA) نامیده می شوند که از بردارهای ویژه ماتریس کواریانس یا ماتریس همبستگی متغیرهای اصلی بدست می آیند.

بطور کلی کاربرد عمده روش تحلیل اجزای اساسی عبارت است از: کاهش تعداد متغیرها و یافتن ساختار ارتباطی بین متغیرها که در حقیقت همان دسته بندی متغیرهاست. مزیت اصلی کاربرد این روش در اقتصادسنجی از بین بردن همخطی در مدل ها به واسطه تعداد زیاد متغیرهای موثر در مدل می باشد.

نمودار پراکنش شماره نقاطی را روی دو محور مختصات X_1 و X_2 نشان می دهد. برای تعیین جهت عمومی نقاط، یک بیضی رسم می شود تا همبستگی بین متغیرها مشخص شود.



شکل شماره ۲: انتقال داده ها به عوامل اساسی

برخی از نقاط خارج بیضی و البته تجمع تعداد زیادی از آنها روی قطر اصلی بیضی مشاهده می شود، جهت اصلی پراکنش نقاط نه در امتداد X_1 و نه در امتداد X_2 است بلکه بین آنها و بیشتر در امتداد قطر اصلی بیضی می باشد. این محور، PC_1 نامیده می شود که اولین جزء اصلی تغییرپذیری X_1 و X_2 می باشد. دومین جزء (PC_2) در امتداد قطر فرعی بیضی است که دقیقا بر PC_1 عمود بوده و باقی تغییرات در X_1 و X_2 را شرح می دهد. PC_1 و PC_2 است. یعنی:

$$X_i = a_{i1}PC_1 + a_{i2}PC_2$$

همچنین می توان ارزش مولفه های اساسی را با استفاده از معادلات زیر بدست آورد:

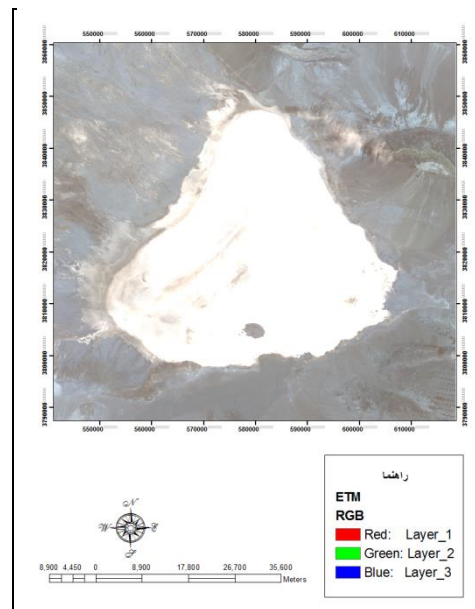
$$PC_1 = w_1X_1 + w_2X_2$$

$$PC_2 = w_3X_1 + w_4X_2$$

به طوری که w_i ضریب رگرسیون اجزای اساسی روی متغیرهاست.

مؤلفه های اساسی را می توان با استفاده از مجموعه داده های اصلی و در صورت عدم دسترسی به داده های اصلی با استفاده از ماتریس کواریانس یا ماتریس همبستگی محاسبه نمود. معمولاً زمانی که متغیرهای مختلف با واریانس های متفاوت در مجموعه داده ها وجود دارد از ماتریس همبستگی استفاده می شود. وقتی ماتریس همبستگی به کار می رود، در حقیقت از متغیرهای استاندارد شده* با میانگین صفر و انحراف معیار یک استفاده شد است.

در رابطه با تحقیق حاضر، ابتدا محدوده دریاچه نمک بر اساس مدل رقومی ارتفاع[†] و نقشه توپوگرافی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تعیین گردید. با توجه به مدل رقومی ارتفاع منطقه مورد مطالعه، میانگین ارتفاع دریاچه ۸۰۰ متر است و گودترین قسمت آن در جنوب دریاچه نمک با عمقی در حدود ۶۸۰ متر بالاتر از سطح دریای آزاد قرار گرفته است. برای بدست آوردن تغییرات سطح دریاچه از آخرین دوره یخچالی تا کنون، از روش تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA) مبتنی بر ماتریس همبستگی استفاده شد. در این روش، هدف شناسایی سطوحی بود که بر اثر تغییرات کانی بوجود آمده بودند. به این منظور، داده های ۶ باندهای انعکاسی از تصویر[‡] ETM⁺ در اندازه سلول ۳۰ متر، مربوط به نیمه گرم سال که میزان رطوبت کمتر است مورد بررسی قرار گرفت. برای افزایش تفکیک مکانی ابتدا با تصویر باندهای پانکرو ماتیک همان سنجنده، با ابعاد پیکسل ۱۵ متر ترکیب شدند.[§] (شکل شماره ۳)



شکل شماره ۳: تصویر سنجنده ETM⁺ دریاچه نمک

* -Standard Variable

† -Digital Elevation Model (DEM)

‡ -Enhanced Thematic Mapper

§ Merge Resolution

سپس ماتریس همبستگی تصاویر بدست آمده محاسبه شد. جدول شماره ۱ ضریب همبستگی بین درجه روشنایی باندها را نشان می دهد. بیشترین همبستگی که معادل ۰,۹۹۰۴۲ می باشد بین باندهای ۲ و ۱ از تصویر ETM است. بطور کلی بین باندها ETM1, ETM2, ETM3, ETM4, همبستگی قوی وجود دارد و همچنین باندهای ETM3 با ETM4 و ETM4 با ETM5 نیز همبستگی وجود دارد که از تکرار اطلاعات حکایت می کند.

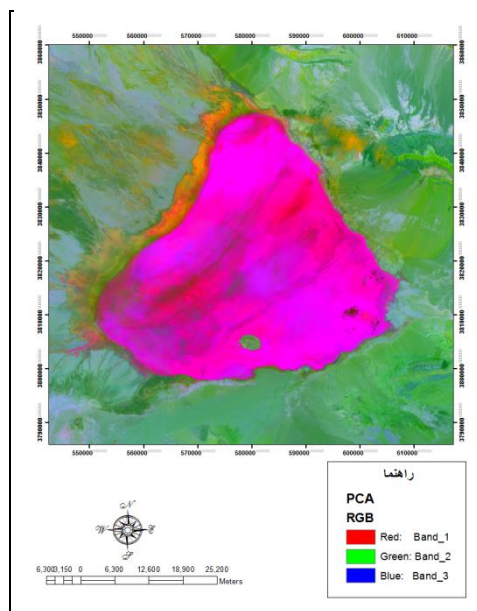
جدول شماره ۱: ماتریس همبستگی* شش باند انعکاسی ETM

	ETM1	ETM2	ETM3	ETM4	ETM5	ETM7
ETM1	۱					
ETM2	۰,۹۹۰۴۲	۱				
ETM3	۰,۹۷۵۰۷	۰,۹۸۹۳۹	۱			
ETM4	۰,۹۵۴۱۵	۰,۹۶۹۷۸	۰,۹۸۰۱۹	۱		
ETM5	۰,۸۰۸۶۴	۰,۸۳۵۶۰	۰,۸۵۹۸۳	۰,۸۸۷۹۵	۱	
ETM7	۰,۷۸۰۰۸	۰,۸۰۸۳۳	۰,۸۳۵۹۰	۰,۸۵۸۶۴	۰,۹۸۱۳۲	۱

سپس عملگر PCA در محیط نرم افزار ERDAS بر روی تصویر سنجنده ETM اجرا شد. (شکل شماره ۴) مؤلفه های ۶ گانه مبتنی بر باندهای ۱ تا ۷ سنجنده ETM (به استثنای باند ۶) محاسبه شد و سهم هر یک از PC از کل تغییرات تحت عنوان درصد واریانس (با مقدار ویژه[†]) مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج بدست آمده جدول شماره ۲ نشان می دهد که هر چه PC در مراتب پایین تری قرار گیرد، اطلاعات کمتری را دارا است. ۹۹,۳۸ درصد از واریانس در سه PC اولیه قرار می گیرد.

* - Correlation Matrix

†-Eigen Value



شکل شماره ۴: تصویر PCA از سنجنده ETM دریاچه مسیله

جدول شماره ۲: ضرایب بردارهای ویژه (λ)* برای باندهای انعکاسی در PC ها

	ETM1	ETM2	ETM3	ETM4	ETM5	ETM7	Eigenvector	Variences%
PC1	۰,۴۰۲۰۲	-۰,۳۳۴۷۳	-۰,۵۹۴۴۱	۰,۳۶۰۷۴	۰,۱۳۲۱۶	-۰,۴۷۴۷۵	3394.579	93.26
PC2	۰,۴۲۴۵۸	-۰,۲۷۵۲۳	-۰,۲۴۸۳۷	-۰,۰۲۵۰۰۱	-۰,۰۸۸۹۶	۰,۸۲۰۸۱	202.493	5.56
PC3	۰,۵۴۷۱۰	-۰,۲۳۰۵۸	۰,۳۰۹۲۴	-۰,۶۴۷۵۲	-۰,۱۹۴۸۶	-۰,۳۰۷۵۹	20.705	0.56
PC4	۰,۳۹۱۰۵	-۰,۰۴۲۰۹	۰,۶۶۴۱۸	۰,۵۵۰۷۲	۰,۳۱۵۵۸	۰,۰۳۵۵۵	12.018	0.33
PC5	۰,۳۳۷۸۱	۰,۶۱۰۲۹	-۰,۰۶۱۰۱	۰,۲۶۲۹۰	-۰,۶۶۱۷۰	-۰,۵۲۲۶۹	6.522	0.17
PC6	۰,۳۰۲۸۸	۰,۶۲۰۳۲	-۰,۲۱۰۹۰	-۰,۲۷۸۴۲	۰,۶۳۱۸۲	۰,۰۴۷۵۱۱	3.330	0.12

* - Linear Imaging Self - Scanning

بحث و نتایج

قسمت های عمده ای از ایران در اواخر دوره ائوسن شرایط عمومی دریایی را از دست داد. از آن پس شرایط کم عمق تبخیری و رسوب های قاره ای خشک یا تشکیلاتی نظیر گچ و نمک در ایران مرکزی گسترش یافته است. از اوایل دوره پلیوستوسن، ایران مرکزی تقریباً موقعیت امروزی خود را باز یافته است. دریاچه نمک قم در حوضه اصلی دریاچه نمک در ایران مرکزی واقع شده است و حوضه خود را به مساحت ۸۱۵۳٫۷ کیلومتر مربع را زهکشی می کند و فقط زمستان ها آب دارد. تبخیر زیاد سبب شوری شدید آب و ایجاد لایه ضخیمی از نمک در دریاچه شده است. مساحت این دریاچه در حدود ۱۸۰۶ کیلومتر مربع است. عمق نمک این دریاچه بین ۵ تا ۵۴ متر متغیر است که توسط لایه های خاک رس از یکدیگر جدا شده اند. زمینهای اطراف این دریاچه بشدت باتلاقی می باشند که وسعت باتلاقیها در منطقه غرب دریاچه به مراتب وسیعتر از مناطق دیگر آن است. از جمله رودهایی که از کویر مسیله عبور میکنند و به دریاچه نمک منتهی می شوند، می توان به رود شور، کرج، جاجرود، قره چای و قمرود اشاره کرد. مهمترین سازنده های فراهم کننده ی رسوب در حوضه ی آبخیز دریاچه ی نمک را سازنده های مارنی قم، شیلی و مارنی قرمز فوقانی در سنوزوئیک، شیل ها و اسلیت های ژوراسیک در مزوزوئیک تشکیل می دهند. در جنوب رسوبات روی آندزیت ها و تشکیلات اولیگومیوسن (قم) قرار داشته و در غرب دریاچه، رسوبگذاری از روی توف ها آغاز شده است. کمینه ی ضخامت رسوب در بخش جنوب روی آندزیت ها (ائوسن) و تشکیلات قم حدود ۲۰ متر بوده و حفاری های شرکت نفت نشان داده است که بیشینه ی آن در غرب روی توف ها تا ۳۵۰ متر می رسد.

نتایج تحلیل در تصویر ETM^+ ، سه سطح را استخراج نمود که دو سطح آن (سطح درونی و بیرونی) متعلق به PC1 و یک سطح آن (سطح میانی) مربوط به PC2 بوده است. (شکل شماره ۴) سطوح به دست آمده به ترتیب از درون به بیرون با مناطق نمکی، گچی و آهکی دریاچه نمک قم هم خوانی دارند. مساحت هریک از سطوح بدست آمده در هر دو تصویر در محیط GIS محاسبه گردید و نتایج، حاکی از آن بودند که ۱۲۱۳٫۴۵ کیلومتر مربع از سطح دریاچه نمک در منطقه نمکی، ۴۳۵٫۵۹ کیلومتر مربع در پهنه گچی و ۲۰۱٫۹۱ کیلومتر مربع آن در محدوده آهکی قرار دارد. سطح بزرگتر احتمالاً بیشترین گسترش دریاچه را در آخرین دوره یخچالی نشان میدهد که براساس آن دریاچه مساحتی بالغ بر ۱۸۵۰٫۹۵ کیلومتر مربع داشته است. (شکل شماره ۷)

کانی های تبخیری در محیط های کولابی؛ یعنی محیطی که میزان تبخیر نسبت به ورود آب، فزونی دارد تشکیل می شود. در چنین محیط هایی اصل اشباع عامل ایجاد انواع رسوب های تبخیری بوده و چون درجه اشباع آب با حرارت، متفاوت است، لذا ترتیب خاص در پیدایش سنگ های تبخیری پیدا می شود که به آنها شیل سنگ های تبخیری گفته می

شود. بنابراین بر اساس نوع سنگ های تشکیل دهنده حوضه، کانی های تبخیری به صورت محلول وارد این دریاچه می شوند.

بخش مهم آن، کانی کلسیت از سنگ های آهکی و کانی ژپس و نمک بود؛ لذا در دوره های گرم که میزان تبخیر بیش از آب های وارده به این دریاچه می باشد، شوری دریاچه افزایش می یابد و کانی های تبخیری به صورت پلایا متحول می شوند. چون در اثر افزایش تبخیر ابتدا کانی هایی مانند کربنات کلسیم که انحلال پذیری کمتری دارند رسوب می کنند؛ بنابراین بزرگترین سطحی که از مؤلفه اصلی تصویر ETM^+ بدست آمده، می تواند محدوده رسوب کانی کلسیت باشد. (شکل شماره) رسوبات کربناته عمدتاً از کانی های کربناته نظیر کلسیت ($CaCO_3$)، آراگونیت و دولومیت تشکیل شده اند. البته به دلیل فعالیت یخچال ها در پلیستوسن، این رسوبات در منطقه مورد مطالعه گسترش چندانی ندارند.



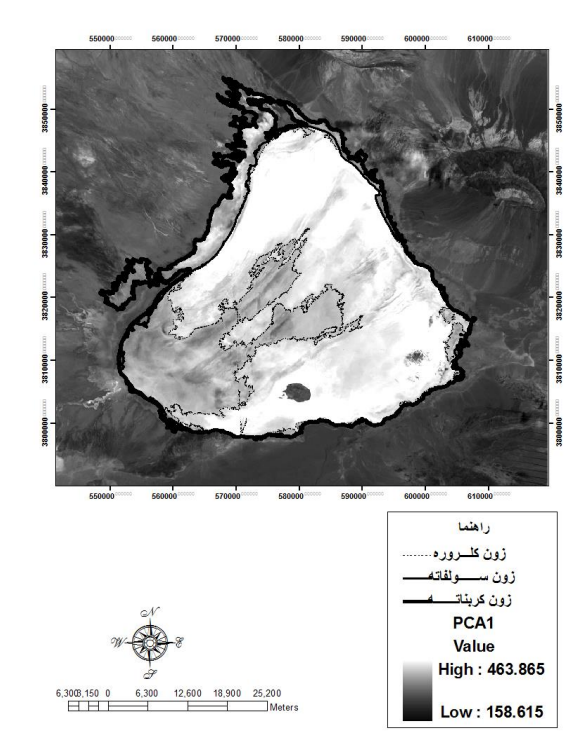
شکل شماره ۵: نمایی از کانی کلسیت در زون کربناته پلایای نمک قم

با استمرار اقلیم خشک و با افزایش تبخیر، کانی ها بر اساس میزان حلالیت خود رسوب می کنند. کانی ژپس که درجه حلالیت بیشتری نسبت به کربنات کلسیم دارد، با افزایش خشکی در دریاچه نمک رسوب نموده است. براساس مطالعات میدانی، در حواشی بخش های باتلاقی اطراف دریاچه نمک (زون سولفات)، منابع غنی سولفات سدیم مشاهده گردید. از مهم ترین اشکال ژئومورفولوژیکی موجود در زون سولفات کویر نمک، می توان به پلیگونهای چند ضلعی اشاره نمود.



شکل شماره ۶: اشکال پلیگونی در زون سولفات پلایای نمک قم

ادامه خشکی سبب می شود که کلورها بسترهای نمکی را تشکیل دهند. مطالعات میدانی نیز حاکی از آن بوده است که در زون کلوره و در ۵ سانتی متر اولیه سطح، هالیت از خلوص بسیار بالا (در حدود ۹۵ درصد) برخوردار است و هرچه به عمق برویم، درصد سولفات و نترات افزایش می یابد.



شکل شماره ۷: تصویر PCA1 از سنجنده ETM+

منابع

۱. رامشت، م.ح، و سیف،ع،(۱۳۸۸)، «کاربرد تصاویر ETM لندست و تکنیک G.I.S در بررسی قلمروهای دیرینه پلایای گاوخونی»، مجله جغرافیا و توسعه، پاییز و زمستان.
۲. زهتابیان، غ، قدیمی، م، طویلی، ع و بخشی، ج،(۱۳۸۹)، «اثر فاکتورهای محیطی آب زیرزمینی در پراکنش تیپهای گیاهی در اراضی حاشیه پلایای میقان اراک»، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۷، شماره ۳، صفحه ۳۶۱ - ۳۵۳.
۳. قهروری تالی، م،(۱۳۹۰)، «پایش تغییرات خط ساحلی و لندفرمهای ژئومورفولوژیکی خلیج فارس با استفاده از تکنیک های سنجنش از دور و سیستم های اطلاعات جغرافیایی»، فضای جغرافیایی، سال دهم، شماره ۳۰.
۴. قهروری تالی، م،(۱۳۹۰)، «کاربرد تکنیک PCA و شاخص OIF در شناسایی کانیهای تبخیری در پلایاها مطالعه موردی: دریاچه مهارلو»، سومین همایش علوم زمین، آشتیان.
۵. علوی پناه، ک،(۱۳۸۸)، «اصول سنجنش از دور نوین و تفسیر تصاویر ماهواره ای و عکس های هوایی»، انتشارات دانشگاه تهران.
۶. محمودی، ف،(۱۳۷۳)، «آب و هوای ایران»، مجله جغرافیا، دانشگاه تهران، شماره ۲۲.
۷. معتمد، ا،(۱۳۵۴)، «طرح پژوهشی بررسی وضعیت دریاچه حوض سلطان»، دانشگاه تهران.
8. Bobek, H.1965; Features and Formation of the Great Kewir and Massileh; University of Tehran: Arid Zone Research Center Publ.2.
9. Dresh.1974.Le Lat, Doeumentation; N.24, France: C.N.R.S.
10. Ferrati. R, Canziani. G, Moreno. D) 2005) Estero Del Ibera: hydrometeorological and hydrological characterization. Ecol Model 186:3-15.
11. Firouzabadi, P.1995.Digital approaches for change for change detection in urban environment using remote sensing Data.
12. Ghahroudi Tali, M., 2010, Assessment of Climate Change in Southern Caspian Sea (Khazar Sea), Climate and Water Balance Changes in the Caspian Region ,Astrakhan, Russian Federation, 19-20 October.
13. Gransser, R.1955.Geology of Central Iran, Proceeding of geological Conference, in Alger.
14. Huckridea, ET al.1964; Der Geological Kerman; Allemond: Thesis.
15. Hulme. P.E .2005. Adapting to climate change: is there scope for ecological management in the face of a global threat? J Appl Ecol 42:784-794.
16. International Panel on Climate Change (IPCC). 1996. Climate change impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific technical analysis. Contribution of working group II to the second assessment report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge.
17. Krinsely, D.1970.A Geomrphological and Paleoclimatological study of the playas of Iran .PHD, Final Report Thesis, Air Force Cambridge Research Labs.
18. Prakash,R., and Gupta,P.1998.Land use mapping and change detection in a coal mining area, International Journal of Remote Sensing, No.3, pp391-410.

19. Shahrabi, k.1986.Holocene sedimentology of hyper saline Lake Uremia, northwestern Iran.Palaeoclimatology, 54,105-130.
20. Stockline, j.1974, Meso-Cenozoic Organic Belts Northern Iran, Geol.Soc; London: S.P.pub, N.4.
21. Sunnar, F.1998.An analysis of changes in multi – data set, a case study in the Ikirelia area, Istanbul, Turkey, International Journal of Remote Sensing, No2, pp 225-235.

Geomorphologic elevations of Namak Lake after the last glacier courses

In Central Iran, there are several lakes that are now evaporating of water amount of input. As a result, the dissolved minerals in wet periods than enter this basin has been trailing on the effects dry deposition continues and multiple zones of evaporating mineralization. In Central Iran, there are several lakes that are now evaporating of water amount of input. As a result, the dissolved minerals in wet periods than enter this basin has been trailing on the effects dry deposition continues and multiple zones of evaporating mineralization. This research aims to examine developments of the geomorphologic Lake after the last glacier period to help identify the surrounding evaporating levels. In the study of topographic map 1: 25000 scale digital elevation models, 1: 50000, ETM + satellite imagery and field observations and also to help GIS software ERDAS. Techniques of the main components in order to identify the evaporating levels around the Lake were used and the results were evaluated by analysis of field observations. As a result of applying the operator the PCA, Three levels around the Lake were shown that the total they had an area of 1850.95 square kilometers and the maximum showing level confirms the growth of the Lake on the last course was the refrigerator that three zone evaporating gradual drying of the Lake under the impact of reduced precipitation and increased evaporation so far have been, respectively, contain calcareous area (calcite), 201.91 square kilometers, the area district with gypsum salt 435.59 square kilometers (halite) with an area of 1213.45 square kilometers.

Keywords: Principal Components Analysis PCA, Namak Lake, evaporating surfaces.