تحلیل لندفرم‌ها و فرآیندهای هالوکارستی دریاچه ارومیه

Analysis of morphogenesis processes halokarest landform of the Urmia Lake

علی نصیری[۱]، اسماعیل دانشمندی[۲]

دریافت:۹۰/٤/۱۵ پذیرش:۹۰/۱۲/۲۲

چکیده:

با توجه به تغییرات دینامیکی اخیر (خشک شدن دریاچه ارومیه) عمدتا به دلیل کنترل و مهار آب‌های سطحی و استقرار فرآیندهای جدید شکل زایی، این سوال مطرح می‌شود که لندفرم‌ها یاد شده در منطقه (نوار ساحلی دریاچه ارومیه) کدامند؟ چه فرآیندهایی آنها را بوجود می‌آورند؟ موضوع اصلی تحقیق حاضر مطالعه و شناخت و تحلیل لندفرم‌ها و فرآیندهای آنهاست. محیط‌های شکل‌زایی بصورت سیستمی بشکل انحصاری عمل نموده و خروجی این سیستمها، لندفرم‌های بی‌نظیر خواهد بود. لذا شناخت لندفرم‌های نمکی و عوامل سازنده آنها و آثار و شواهد آنها در نوار ساحلی دریاچه ارومیه از اهداف این پژوهش می‌باشد. از روش مشاهدات مستقیم، مطالعات و بررسی‌های میدانی، تحلیل وتوصیف لندفرم‌ها و فرآیندهای سازنده آنها استفاده شده است. یافته بدست آمده، حاکی از آن است که فرآیندهای شکل‌زایی هالوکارستی ساحلی در مقیاس‌ها و الگوهای متنوع زمانی و مکانی با چهره‌های خاص و بسیار جالب در دو گروه لندفرم‌های تراکمی و کاوشی ظاهر می‌شوند. شناخت الگوهای رفتاری و همچنین روند تغییر و تحولات این لندفرم‌ها نشان می‌دهد که لندفرم‌های هالوکارستی ناپایدار بوده و دوره تحولات کوتاهی داشته و در طبقه لندفرم‌های موقت و ناپایدار قرار می‌گیرند. با توجه به تغییرات محیط ژئومورفولوژیکی دریاچه ارومیه در چند دهه اخیر، مطالعه و بررسی فرآیندهای مورفوژنز و لندفرم‌های آن اطلاعات ارزشمندی را در خصوص تحولات سیستم‌های مورفوژنز هالوکارستی ارایه می‌دهد. این اطلاعات به توسعه و مبانی نظری و کاربردی این شاخه از علم ژئومورفولوژی کمک شایانی می‌نماید.

کلید واژگان: ندفرم، فرآیندهای مورفوژنز،کارست، هالوکارست، دریاچه ارومیه.

۱.استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور(نویسنده مسئول).
pnuworld@gmail.com
۲.استادیار گروه جغرافیا ، دانشگاه پیام نور.
danesh۵۷۳۹@gmail.com

Ali Nasiri[1] ,Esmaeil Daneshmandi[2]

Accepted:13/Mar/2012 Received:6/July/2011

Abstract:

Recognizing dynamic changes of the study area (drying of Urmia Lake) due to dam and runoff control and settlements of new morphogenesis processes generate some questions. What types of the landforms have been made in Urmia Lake? What types of geomorphogenesis processes have been activated in study area? Recognizing landforms and their processes is the main objective of this research. The morphogenesis environments operate systematically in a special way which makes unique landforms. There forerecognition of salt land form sand their productive factor sand their effects on the lakeshore are the main goals in this research. Field survey and visit have been used to analysis the processes and landforms. Results show halokarst coastal morphology appears in specific spatial patterns with two groups, deposited and incision landforms. Study of the behavior patterns and change or evolution of this landforms show that Holokarst landforms are unstable events and have short evolution period. Considering geomorphologic environment changes of the study area in recent decades, analysis of morphogenesis landforms and their processes provide good knowledge and information about Holokarst evolutions which is helpful for the improvement of the science of the branch of geomorphology.

Key word:landform, Morphogenesis process, Karst, Holokarst, Urmia Lake

1.Assistant Professor, Department of Geography, Payame Noor University. Email: pnuworld@gmail.com
2. Assistant Professor, Department of Geography, Payame Noor University. Email: danesh5739@gmail.com

مقدمه

محیط‌های مورفوژنز با توجه به شرایط و عوامل آن و برتری نقش فرآیندهای غالب ژئومورفولوژیکی، بسیار متنوع و متغیر عمل می‌کنند. این محیط با توجه به عامل زمان و تغییرات دینامیکی یعنی در هر دوره‌ای، نوع خاصی از سیستم‌های شکل‌زایی را پذیرا می‌شوند. سیستم‌های شکل‌زایی‌های بسیار متنوع هستند. اساس وجود سیستم‌های متفاوت شکل‌زایی بر نحوه تغییر و تحول و تعامل مجموعه عوامل و شرایط و همچنین کم و کیف چنین محیط‌هایی در زمان استوار است. در هر محیط مورفوژنز چگونگی و فراوانی، تنوع، اندازه و ابعاد و پیچیدگی پدیده‌های ژئومورفولوژیکی به دوره سیکل حیاتی سیستم‌های یاد شده بستگی داشته و همچنین متناسب با تداوم و پایداری سیستم محیط‌های مورفوژنز آنهاست. محیط‌های شکل‌زایی مانند هر محیط دیگری بصورت سیستمی عمل می‌کند. مجموعه شرایط، روابط و ترکیبات مواد و فرآیندها ناشی از عوامل داخلی و خارجی مرتبط و هماهنگ با هم، سیستم محیط مورفوژنز را تشکیل می‌دهند که انحصاری است و نظیر آن نمی‌تواند تکرار یا در جای دیگری پیدا شود. در این راستا با تغییرات دینامیکی محیط های مورفوژنز از نوع ژئومورفو- هیدرویی بوجود آمده در نواحی ساحلی دریاچه ارومیه، شرایط و مجموعه‌ای از فرآیندهای جدید شکل‌زایی فعال شده و چهره‌های خاصی از چشم انداز اشکال ژئومورفولوژیکی هالوکارست (یا لندفرم‌های ژئومورفو- هیدرو هالوکارستی) را بوجود آورند. لندفرم‌ها و فرآیندهای یاد شده در منطقه مورد مطالعه یعنی نوار ساحل دریاچه ارومیه ناشناخته است. موضوع اصلی تحقیق حاضر مطالعه و شناخت و تحلیل و توصیف لندفرم‌ها و فرآیندهای سازنده آنهاست. شناخت و آگاهی از تنوع، اندازه، تراکم، ابعاد و طبقه بندی اشکال ژئومورفولوژیکی هالوکارست و فرآیندهای سازنده آنها اهمیت و ضرورت تحقیق حاضر را آشکار می‌سازد که این موضوع، به توسعه مفاهیم و مبانی نظری این شاخه از علم ژئومورفولوژی کمک شایانی می‌کند. کلا عوارض ژئومورفولوژیکی را می‌توان بر اساس سیکل تحولات‌شان و ماهیت سنگها به دو طبقه تقسیم‌بندی نمود. الف) اشکال ناپایدار بعبارتی فصلی (که به لندفرهای کارستی یا تبخیری معروفند) و ب) اشکال نسبتا پایدار (اشکال ساختمانی). هر دو طبقه اشکال مذکور در منطقه مورد مطالعه یافت می‌شوند. برخی از سیستم‌های مورفوژنز دوره فعالیت کوتاه مدت و برخی دیگر دوره بلند مدتی دارند. این تبدیل و جایگزینی سیستم‌های شکل‌زایی مذکور در محیط‌های با سیستم پیچیده ساحلی بخصوص در حوضه داخلی دریاچه ارومیه ابعاد جدیدی به خود می‌گیرد که وجود محیطی با گنجینه‌ای از واحدهای زمین‌شناسی و ساختمانی ایران زمین از جمله آثار و شواهد تمامی آن واحدها، پیچیدگی خاصی به مجموعه لندفرم‌ها آن بخشیده است. در اثر پیدایش محیط مورفوژنز جدید هالوکارستی، لندفرم‌های نمکی ساحلی جالب که در نوع خود در جهان بی‌نظیر است، بوجود آمدند. در اینجا این سوال مطرح می‌شود که لندفرم ها و فرآیندهای سازنده آنها کدامند؟ لذا هدف عمده این تحقیق نیز بررسی سیستم‌های مورفوژنز مذکور فرآیندها و آثار و شواهد آنها در نوار ساحلی دریاچه ارومیه است. با استفاده از روش مشاهدات مستقیم، مطالعات و بررسی‌های میدانی، انواع لندفرم‌های هالوکارستی و فرآیندهای سازنده آنها تحلیل و تبیین توصیف شدند. یافته‌های تحقیق نشان دهنده این واقعیت است که سیستم‌های شکل‌زایی هالوکارستی درمقیاس‌ها و الگوهای متنوع زمانی و مکانی با چهره‌های خاص و بسیار جالب ظاهر می‌شوند که ممکن است در مدیریت منابع مانند ژئوپارک (ژئواکوتوریسم) بسیار مورد توجه باشد. شناخت الگوهای رفتاری و همچنین روند تغییر و تحولات سیستم‌های شکل‌زایی ژئومورفو-هیدروئی نشان می‌دهد که لندفرم‌های هالوکارستی در دو طبقه اشکال کاوشی و تراکمی شکل[1] می‌گیرند. فرآیندهای متضاد هالوکارستی

[1]. در خصوص طبقه بندی اشکال هالوکارستی اختلاف نظر وجود دارد. نگارنده مصاحبه هایی که با محققان صاحب نظر داشتم بعضی معتقدند که اشکال کارستی صرفا کاوشی بوده انواع حفره ها و چاله ها که طی فرآیندهای انحلالی شکل می گیرند را شامل می شود(دکتر یمانی۱۳۹۰). برخی دیگر معتقدند که هر دو لندفرم های کاوشی و تراکمی را در بر می گیرد(دکتر زمردیان۱۳۹۰). نگارنده با نظر دوم موافق است چرا که استالاگمیت ها و استالاکتیت ها و غیره در لندفرم های هالوکارستی و کارستی که از اشکال تراکمی هستند موید این نظر می باشد.

مانند تشکیل و تراکم بلور های نمک و انحلال آن از طرف دیگر عوامل تشکیل آنهاست. بررسی سیستم‌های مورفوژنز یاد شده اطلاعات ارزشمندی را در خصوص تحولات سیستم‌های مورفوژنز هالوکارستی ارائه و این اطلاعات به توسعه مبانی نظری و کاربردی این علم کمک شایانی می‌نماید.

مواد و روش‌ها

محیطها یا عرصه‌های متنوع ژئومورفوژنتیک بطور مستقیم مهمترین مرجع با شواهد و اسناد، و با اهمیت‌ترین منبع ارزنده و غنی از لندفرم‌ها و فرآیندهای سازنده آنهاست. زمین‌شناس‌ها و ژئومورفولوگ‌ها همواره بطور مستقیم و از نزدیک و پیمایش در زمین و حتی با تحمل رنج مسافرت‌های دور و دراز به مطالعه و بررسی و شناخت و تحلیل موضوعات مورد علاقه خود از نزدیک می‌پردازند. از این رو مشاهدات مستقیم و مطالعات میدانی نقش اول را در مطالعات ژئومورفولوژی و علوم زمینی ایفا می‌نماید. به منظور بررسی عوامل ژئومورفوژنتیک لندفرم‌های هالوکارستی و تنوع عوارض حاصل از آن در منطقه، عمدتا از روش مشاهدات مستقیم و مطالعات میدانی و همچنین روش تحلیل و تبیین توصیفی موضوعات یاد شده بیشترین بهره گرفته شده است. علاوه بر این از داده‌های زمین شناسی و توپوگرافی و دوربین عکاسی نیز مورد استفاده قرار گرفت.

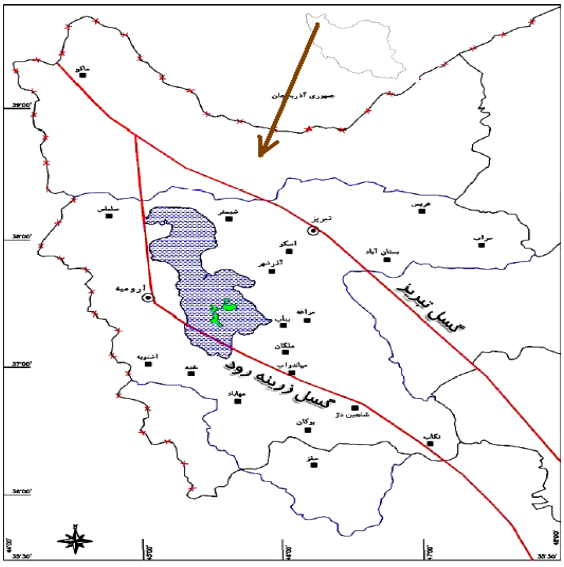
انجام این پژوهش طی مراحل زیر محقق شده است؛ نخست مطالعات پیشین و یافته‌های محققین قبلی مورد بررسی قرار گرفت. سپس اسناد و مدارک مربوطه از قبیل داده‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی و همچنین اطلاعات مفیدی که از طریق مطالعات میدانی از حوضه جمع‌آوری شده بود، در تحلیل مورد استفاده قرار گرفت. بخش عمده کار در این تحقیق مبتنی بر مشاهدات و بررسی‌ها و مطالعات و کارهای میدانی بوده است. در مراحل انجام کار میدانی از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، دوربین عکاسی و مشاهدات مستقیم به عنوان ابزار اصلی تحقیق استفاده بعمل آمد. در تمامی مراحل تحقیق، مشاهدات مستقیم با هدف بررسی و مطالعه تنوع مرفوژنتیکی عوارض از نزدیک، مهمترین رکن کار بوده است و نهایتا نتایج و یافته‌های تحقیق بصورت شکل و مباحث ارائه گردید.

زمین ساخت منطقه

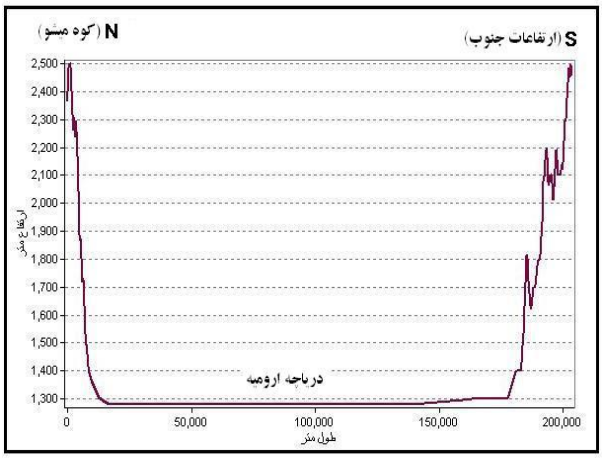
حوضه دریاچه ارومیه به عنوان یکی از پارک طبیعی و منطقه حفاظت شده جهانی، به ثبت رسیده است(جان دیویس و همکاران) که در شمال غرب کشور قرار گرفته است(شکل ۱). در سالهای اخیر به دلایل مختلف از جمله کنترل و مهار آب‌های سطحی، سطح آب دریاچه بسیار کاهش یافته و در حال خشک شدن است. در دهه‌های اخیر تغییرات محیطی در آن بطور مستمر ادامه یافته و بسیار شدت گرفته است. تغییرات مذکور ظهور و فعالیت سیستم‌های ژئومورفوژنز را بدنبال داشته است. در این سیستم‌ها عملکرد متقابل فرآیندهای بیرونی و اشکال زمین، زمینه تحولات بعدی را فراهم می‌سازد. در اثر تغییرات دهه اخیر در مقیاس محلی چشم‌انداز جدید ژئومورفولوژیکی متفاوت از قبل در حال شکل‌گیری بوده و به تغییرات فصلی حساسیت زیادی دارند. حوضه دریاچه ارومیه در کمربند کوهزایی آلپ – هیمالیا قرار گرفته و حلقه اتصال رشته ارتفاعات اروپا به شرق است. فلات آذربایجان گره میانی این کمربند و حلقه اتصال فلات آناتولی با فلات ایران است که نه تنها وسعت و دامنه کمربند مذکور به دلیل فشار پلیت عربستان و پوسته اقیانوسی خزر و مدیترانه در آن به حداقل رسیده است، بلکه روند کمربند در آن دچار انحراف به سمت جنوب گردیده است. محل تجمیع رشته‌های ارتفات البرز و زاگرس، زون ارومیه – سنندج و ایران مرکزی است. در این منطقه خصوصیات و ویژگی‌های اکثر واحدهای ساختمانی و تکتونیکی و ساختمانی–رسوبی ایران زمین یافت می‌شود (اشتوکلین – روتنر، نبوی ۱۳۵۵ به نقل از درویش زاده، ۱۳۸۵).

شکل‌گیری ساختمان ژئومورفولوژی این منطقه (سیستم‌های مورفوتکتونیک) مربوط به حرکت پلیت عربستان به سمت شمال و برخورد آن با پلیت اورازیا می‌دانند. به اعتقاد برخی صاحب نظران انحنای البرز در منطقه آذربایجان در اثر فشار پلیت عربستان به اورازیا با توجه به گسترش دریای سرخ است (درویش زاده، ۱۳۸۵).

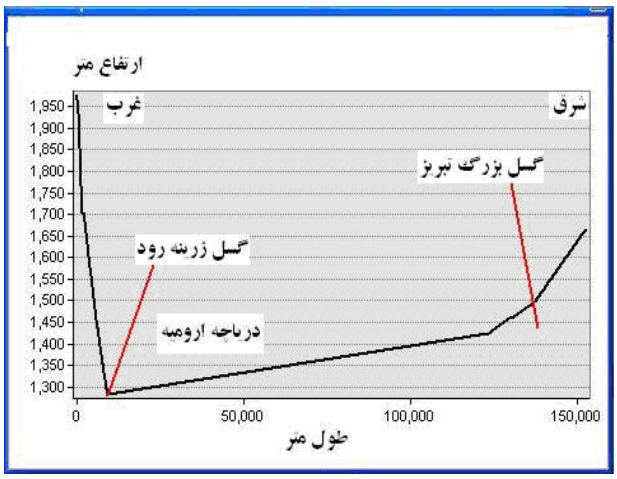
گسلها به صورت دیگری اشکال ناهمواری را تغییر می‌دهند(محمودی،۱۳۸۳). فرآیندهای درونی بزرگ، عمدتا تغییرات پوسته و ناهمواریهای سطح زمین و همچنین گسلها را در کنترل دارند. در حوضه دریاچه ارومیه دو گسل بسیار مهم و عمیق تبریز و زرینه رود ارومیه وجود دارد(شکل۱). در تکوین و شکل‌گیری چشم انداز ژئومورفولوژی و مورفواسترکچر این حوضه گسل های مذکور موثر بودند. این گسلها قطعات شکسته شده را موجب شده و بدین ترتیب بالا و پایین افتادن این قطعات عوارض جدید هورست و گرابن را در این حوضه بوجود آورده است. داده‌های زمین‌شناسی و بررسی‌های بعمل آمده نشان می‌دهند که دریاچه ارومیه یک گرابن بزرگ تکتونیکی – ساختمانی است (شکل ۲) که از شهر تبریز شروع شده و به شکل قوسی به طرف جنوب ادامه و به زرینه رود می‌رسد. چاله تکتونیکی مذکور با روند شمالغربی – جنوب شرقی به طولی در حدود ۳۰۰ الی ٤۰۰ کیلومتر و در پهنای متفاوت به شکل کمربندی گسترش‌یافته است. بررسی‌های زمینی نشان می‌دهد که تمایل و جابه جایی چاله مذکور به طرف غرب بیشتر است (شکل ۳). این چاله از بزرگترین چاله‌های ساختمانی فلات ایران به شمار می‌آید. حداکثر پهنای چاله مذکور در محل دریاچه کنونی به ۱٦۰ کیلومتر می‌رسد.



شکل ۱. موقعیت و گسلهای منطقه (احمدزاده ۱۳۸۵)



شکل ۲. نیمرخ طولی چاله ساختمانی دریاچه ارومیه



شکل ۳. نیمرخ عرضی بخش میانی چاله ساختمانی دریاچه ارومیه

گسل ارومیه از ماکو به طرف جنوب از شرق دریاچه ارومیه گذشته و به زرینه رود می‌رسد. فروافتاگی دریاچه ارومیه را ناشی از این گسل می‌دانند(درویش زاده ۱۳۸۵). این دریاچه با حداکثر قدمت دوازده الی پانزده هزارساله با توجه به گسل جوانتسوج- تبریز یک دریاچه بسیار جوان به شمار می‌رود (احمد زاده، ۱۳۸۵). رفتارهای مورفو- تکتونیک منطقه در کنترل گسلهاست. فعالیت این گسل را از پرکامبرین یعنی از کوهزایی کاتانگایی می‌دانند. زیرا سنگ‌های پرکامبرین تا پرمین در غرب آن دیده می‌شود. ادامه گسل مذکور به سمت جنوب در زیر رسوبات کواترنر پنهان می‌شود.

گسل تبریز، این گسل از شمال تبریز شروع تا کوههای مورو و میشو ادامه دارد و احتمالا پس از گذاشتن از خوی و ماکو به کوه آرارات در ترکیه می‌رسد و عده‌ای نیز معتقدند از طرف

جنوب شرقی هم به گسل قم – زفره و حتی آثار آن در مرکز ایران نیز قابل تعقیب است(نبوی، ۱۳۵۵ به نقل از درویش زاده، ۱۳۸۵). عده‌ای پیدایش آن را به فرآیندهای تکتونیکی اوایل دونین مربوط می‌دانند(افتخار نژاد، ۱۹۷۵؛ به نقل از درویش زاده،۱۳۸۵). فعالیت‌های آتش فشانی شدید آرارات در کواترنر و گنبدهای داسیتی اطراف جاده تبریز – بازرگان با روند خطی و دانه تسبیح مانند آن را ناشی از عملکرد این گسل می‌دانند.

فرآیندهای ژئومورفوژنز هالوکارستی اخیر با توجه به شرایط دینامیکی جدید بوجود آمده در منطقه و لندفرم‌های حاصل از آن را در اینجا مورد مطالعه و تحلیل قرار می‌دهیم.

یافته‌های تحقیق

بحث اشکال کارست به ویژه پدیده‌های هالوکارست از موضوعات بسیار جالب ژئومورفولوژیکی است که در کشور ما کمتر به آن پرداخته شده یا گزارش نشده است. این تحقیق اطلاعات جدیدی را در خصوص شکل‌زایی هالوکارست و آثار و شواهد حاصل از آن را در منطقه شمال غرب کشور برای اولین بار ارایه می‌دهد. بدین ترتیب در اینجا به ارایه یافته‌های جدید پژوهش حاضر به شرح زیر می‌پردازیم.

اشکال هالوکارستی

آب دریاچه ارومیه بسیار شور بوده و از انواع نمک‌ها اشباع است. نمکهای آن ناشی از وجود معادن نمک و گچ و دیگر رسوبات تبخیری در منطقه است. رسوبات تبخیری از جمله انواع نمکها در اثر تبخیر آب دریاچه، متبلور شده و لایه ضخیم نمکی را بوجود می‌آورد(شکل ۵). فرآیندهای فرسایشی انحلال و تبلور و همچنین فرسایش امواج اشکال متنوع هالوکارستی جالبی را در آن بوجود می آورند. طبقه بندی لندفرمها و شناخت آنها یکی از موضوعات مهم و جذاب ژئومورفولوژی است. لندفرمها بر اساس معیارها و شاخص‌های زیادی طبقه‌بندی می‌شوند. در اینجا لندفرم‌های هالوکارستی منطقه را براساس چگونگی شکل فیزیکی‌شان به دو دسته طبقه‌بندی نمودیم:

۱) لندفرم‌های هالوکارستی تراکمی که حالت برجسته و بلندی دارند.

۲) لندفرم‌های کاوشی غالبا حفره‌ها و چاله‌ها و غیره را شامل می‌شوند.

۱) لندفرم‌های هالوکارستی تراکمی

لندفرم‌های تراکمی متنوع بوده و در ذیل به تحلیل و شرح انواع آنها پرداخته می‌شود:

الف) اشکال بشقابی

یکی از اشکال بسیار جالب که در قسمت‌های عمیق‌تر و معمولا دهها متر دور از ساحل در سطح آب تشکیل می‌شود به شکل بشقاب بلوری با کف نسبتا گود و دیواره‌های متمایل و دهانه‌ای مضرس و منظم بصورت ته گود است، که می‌توان آن را بعنوان بشقاب‌های بلوری نامید(شکل ٤). در صورت ورود قطرات آب به داخل آن، تبخیر شده به بلوری‌های ته آن اضافه می‌شود. در اکثر مواقع این بشقاب‌های بلوری در اثر نزدیک شدن، به هم چسبیده و بشقاب‌های بلوری دو و سه قلو را بوجود می‌آورند. اشکال مذکور در سطح آب شناور بوده و در صورت برخورد با موانع یا بر اثر امواج با پر شدگی از آب سنگین شده و به ته دریا رسوب می‌نمایند. لیکن در سطح آب دریا ذرات نمک شناور بوده و این بشقاب‌ها با جذب بلورهای نمک سطح آب رشده کرده و بزرگ می‌شوند. اندازه این اشکال بلوری بسیار متفاوت بوده و با قطری درحدود ۳ الی۵ سانتیمتر گرفته تا ۲۰ سانتیمتری نیز رشد می‌نمایند. اندازه بلورهای نمک تشکیل دهنده آنها هم بسیار متفاوت بوده و اشکال این بلور ها نیز در قسمت‌های مختلف بشقاب گوناگون است. در ته بشقاب بلورهای نمک به شکل مربعی بوده و در قسمت‌های کناری معمولاً به شکل لوله‌ای و منشوری می‌باشند.

شکل ٤. اشکال هیدرو– مورفولوژی بشقاب‌های بلوری با نمای پشت

ب) لایه هالوکارست

با کاهش سطح آب دریاچه به دلیل تبخیر آب آن، لایه ضخیم نمک سفت شده‌ای برجای می‌ماند که گاها ضخامت آن به چند متر می‌رسد. این لایه نمک در زیر آب دریاچه ادامه داشته و در خارج از آب نیز در نوار ساحلی به رنگ سفید در پهنای بسیار متفاوت در طول خط ساحلی گسترش دارد(شکل۵).

شکل ۵. لایه نمکی ضخیم تشکیل شده در نوار ساحلی دریاچه ارومیه

اشکال بسیار جالب هالوکارست در این لایه نمکی تشکیل می شود. غالب این اشکال بعد از مدت کمی با افزایش سطح آب دریاچه و یا توسط آب‌های سطحی حاصل از بارش‌ها از بین رفته و معمولا فصلی و عمر چند هفته یا چند ماهه دارند.

ت)پشته‌های هالوکارستی ساحلی

در طول دهه‌های اخیر به موازات کاهش منابع آب (با بستن سد بر روی رودخانه‌ها) و خشک سالیهای اخیر، سطح آب دریاچه در فازهای مختلف عقب نشینی داشته است. رشته پشته‌های نمکی در پایان هر فاز پسروی مشاهده می‌شوند(شکل ٦). پشته‌های نمکی سفت شخت بوده و بطوریکی وسایط نقلیه براحتی از روی آنها تردد می‌کنند. در برخی نواحی پشته‌های نمکی بوسیله آب‌های جاری قطع شده و همچنین در برخی موارد تونلهای زیری در آن ایجاد شده است. در صورتی که قبل از پشته نمکی لایه‌ای از رس به همراه باشد در این صورت آب در پشت آن جمع شده و استخرهای آب در قسمت عقب پشته‌ها تشکیل می‌شود. معمولا پشته‌های نمکی مذکور بیشتر در سواحل با شیب ملایم و نسبتا ملایم مشاهده می‌شوند.

شکل ٦. پشته‌های یا رشته‌های هالوکارستی ساحلی دریاچه ارومیه

پ) پیپکراک‌های نمکی

در سطح لایه نمکی سوزن‌های نمکی حاصل از انحلال نمک در اثر بارش تشکیل می‌شود. و گاها نیز مواد مانند تکه‌های چوب و سنگ و غیره وجود دارند که در مواقع انحلال نمک توسط بارش بعنوان سپرعمل نموده و نمک‌های زیرین خود را از انحلال محافظت می‌نمایند بدین ترتیب ستونی از نمک با کلاهکی از مواد یاد شده را به جای می‌گذارند که به آن اشکال هالوکارستی پیپ کراک بلوری می‌توان نام داد(شکل۷). این فرآیند شبیه شکل‌گیری پدیده پیپ کراک در اثر یخبندان است با این تفاوت که در تشکیل پیپ کراک های نمکی، نمک نقش یخ را ایفا می‌کند و علاوه بر آن فرآیندهای متضاد مانند انحلال در نمک و بر عکس آن تبلور در یخ اشکال یاد شده را بوجود می‌آورد.

شکل ۷. اشکال شبه پیپ کراک نمکی سواحل دریاچه ارومیه

ث) ریپل مارک‌های بلوری

یکی از فراوان ترین اشکال بادی و امواج، ریپل مارک[1] (یا رشته های ماسه ای مارپیچی منظم) است که بصورت امواج موازی یا سینوسی تشکیل می‌شوند. لیکن در ریپل مارک های نمکی به جای ذرات ماسه بلورهای نمک اشکال مذکور یا بعبارتی رشته‌های مارپیچی موازی را ایجاد می‌نمایند که اشکال هالوکارستی ریپل مارک نام دارد(شکل ۸). این اشکال در ساحل خارج از آب و هم در داخل آب در بستر دریا مشاهده می‌شوند. برخی از آنها در خط ساحلی سفت شده و بعد از تشکیل مجددا" توسط امواج تخریب می‌شوند. ریپل مارک‌های داخل آب از تجمع بلورهای نرم و منفصل نمک تشکیل شده و هنوز سفت نشده‌اند. امواج آب در شکل دادن ریپل مارک‌های هالوکارستی نقش دارند برخلاف ریپل مارک‌های ماسه که باد در تشکیل آنها نقش ایفا می‌نمایند.

شکل۸. ریپل مارک های هالو کارست زیرآب و تخریب شده دریاچه ارومیه

ح) پیکان‌های نمکی

با تبلور نمک به طور مکرر و انباشته شده آنها در ساحل و فعالیت امواج، پیکانهای هالوکارستی شکل می‌گیرند. این اشکال بسیار زیبا در اندازه‌های مختلف و به اشکال گوناگون با کلاهک و بدون آن تشکیل می‌شوند. کلاهک یا بعبارتی تاج آن به اشکال مختلف و گاها به شکل S کشیده شکل می‌گیرند(شکل۹). این لندفرم هالوکارستی در مراحل بعدی توسعه یافته و نهایتا به دماغه یا فرورفتگی‌های در دریا را تشکیل می‌دهند.

شکل ۹ . اشکال پیکان‌های بلور یا نمکی با تاجی کشیده

ج) تومبلوهای نمکی

تشکیل بلورهای نمک و انباشت آنها در ساحل و فعالیت امواج و تپه‌های نمکی متعاقب آن جزایر نمکی بوجود می‌آیند. این تپه‌های نمکی یا جزایر مانعی در مقابل امواج عمل کرده و نیروی امواج را به پشت منحرف نموده و موجبات تشکیل رشته‌های نمکی مابین ساحل و جزایر مذکور را فراهم نموده بدین طریق تومبلوهای نمکی تشکیل می‌شوند(شکل۱۰).

دو نوع از تومبلو می‌توان اشاره کرد:

۱) تومبلوهای نمکی با هسته‌های سنگی

برخی از تومبلوها در اثر تشکیل اشکال کروی نمکی با هسته سنگ تشکیل می‌شوند(شکل ۱۰). اندازه این تومبلو ها در مراحل اولیه به اندازه تخته سنگ ها و سطح آنها بستگی دارند. و معمولا کوچکتر از سایر تومبلوهاست.

شکل ۱۰. تومبلوی هالوکارستی سواحل دریاچه ارومیه

۲) تومبلو های نمکی با تپه های نمکی

در برخی شرایط با تشکیل تپه‌های نمکی و توسعه آنها به جزایر، نهایتا با تکوین و تکامل آنها تومبلوها شکل می‌گیرند.

1. Ripple marks

خ) اشکال چند ضلعی

ترکیبات نمک و رس اشکال چند ضلعی را در کرانه دریاچه شکل می‌دهد. اشکال چند ضلعی در لایه نمکی هم بوفور مشاهده می‌شود. این پدیده با اجزاء یا سلولهایی به صورت اشکال گوناگون و در اندازه های مختلف و در هم به چشم می خورند و اشکال هندسی یکنواختی را بوجود نمی‌آورند. چند ضلعی‌های بلوری به دو شکل در نوار ساحلی دریاچه به چشم می‌خورند.

الف) اشکال چند ضلعی با حاشیه‌های برجسته

این اشکال توسط برآمدگی هایی از همدیگر جدا می‌شوند. برخی از الگوهای این اشکال با تبلور مجدد نمک در حواشی آنها یا بعبارتی در محل گسستگی‌ها، بصورت نوار باریک سفید برآمده ظاهر می‌شوند(شکل ۱۱).

شکل ۱۱ . اشکال چند ضلعی‌های درهم با حاشیه های برجسته

ب) **اشکال چند ضلعی با حاشیه‌های فرورفته**

در دسته دوم بر خلاف مورد فوق الذکر چند ضلعی ها با شیارهایی از هم جدا می‌شوند(شکل ۱۲). شاید تبلور و انحلال مجدد نمک تراکم یافته در مرز چند ضلعی‌ها دلیل پیدایش آنها باشد.

شکل ۱۲. اشکال چند ضلعی با حواشی فرورفته دریاچه ارومیه

ج) اشکال کروی

اشکال کروی در اثر رشد بلورهای نمک با هسته قلوه سنگ یا تخته سنگ‌های کنار ساحل دریاچه در نوار ساحلی و در زیر آب بوجود می‌آیند. این اشکال منظره بسیار زیبایی را در ساحل بوجود می‌آورند(شکل ۱۳). رسوبات مذکور در اثر فرسایش امواج و آبهای روان در ساحل و در بستر دریاچه تشکیل شده‌اند.

منشاء رسوبات یاد شده عمدتا بستر و از ارتفاعات اطراف دریاچه است. در نواحی از ساحل که بفور از قلوه سنگ‌های پوشیده باشد اشکال کروی نیز در آن فراوان به چشم می خورد. گاها در دور از ساحل در زیر آب نیز اشکال یاد شده رشد کرده و در بیرون از سطح آب به صورت جزایری در می‌آیند.

شکل ۱۳ . اشکال کروی ساحل دریاچه ارومیه

ر) چنگک‌های بلوری

در سواحل کم عمق دریاچه ارومیه امواج موجب حرکت رسوبات بلورهای نمکی منفصل گاها با چرخش و انباشت بیشتر آنها شده و سبب تشکیل چنگک‌های پلاژی هالوکارستی می‌شود. پدیده مذکور به اشکال گوناگون و در اندازه‌های متفاوت به شکل متقارن و نامتقارن شکل می‌گیرند(شکل۱٤)

شکل ۱٤. چنگک پلاژی بلوری نامتقارن هالوکارستی ساحل دریاچه ارومیه

ز) آتول‌های بلوری

آتول‌ها اشکال بیضوی یا دایره‌ای شکل با یک فرورفتگی واضح در مرکز (تالاب سنگ مرجانی) هستند(ثروتی، ۱۳۷۸). همانگونه در (شکل۱۵) مشاهده می‌شود اشکال شبه آتول نمکی در سواحل دریاچه ارومیه تشکیل شده‌اند. اشکال یاد شده در مقیاس ها و الگوهای متفاوتی مشاهده می‌شوند. تبلور نمک و فعالیت امواج رشته ماسه‌ای در ساحل تشکیل شده(شکل ۱٦) و با رشد این رشته‌ها، سدی در ساحل تشکیل و پشت آن دریاچه شکل می‌گیرد و در مراحل بعدی آب آنها تبخیر به چاله‌های نمکی تغییر شکل می‌یابند.

شکل ۱۵ . اشکال شبه آتول نمکی در ساحل دریاچه ارومیه

شکل ۱٦ . رشته‌های نمکی در خط ساحلی دریاچه ارومیه

استالاکمیت‌ها و استالاگتیت‌های هالوکارستی

در فررفتگی کوچک تخته سنگ‌های ریزش یافته به بستر دریاچه (شکل ۱۷) که زمانی در داخل آب قرار داشتند و اکنون از آب خارج شدند. این اشکال مشاهده می‌شوند(شکل ۱۸). امواج و انحلال لایه نمک بالای تخته سنگ توسط بارش و جریان آن در سطح سنگ و فرو رفتن آن در فرورفتگی تخته سنگ ها و تبلور مجدد نمک دلایل پیدایش آنها می‌باشد.

شکل ۱۷. واریزه‌های بستر دریاچه

شکل ۱۸ . استالاگمیت‌های هالوکارستی در تخته سنگها ساحل دریاچه ارومیه

د) لندفرم مرجانی شکل هالوکارستی

این اشکال در خط ساحلی مشاهده می‌شوند(شکل۱۹). اشکال کروی از تبلور نمک در فاصله کمی (کمتر از ۰,۵ الی ۳ متری) از ساحل شکل گرفته‌اند، که تاج آنها بیرون از آب است. در اثر امواج اشکال کروی مذکور بطور مرتب در داخل و خارج آب قرار می‌گیرند و با خیس شدن آنها ذرات نمک شناور به قسمت تاج چسبیده و همچنین تبخیر سریع آب نیز سبب رشد بلورهای‌درشت نمک مکعبی شکل در قسمت تاج آنها شده و در نهایت اشکال مرجانی شکل را بوجود می‌آورند

شکل ۱۹. اشکال هالوکارستی گل کلمی دریاچه ارومیه

۲) اشکال کاوشی

فرآیندهای هالوکارستی گروه دیگری از لندفرم‌های منحصر بفردی را بوجود می آورند که در ذیل به تحلیل آنها پرداخته می شود:

الف) گالی‌های هالوکارستی

یکی از اشکال جالب ودر نوع خود بی نظیر در سازند نمکی نوار ساحلی وجود گالی‌های بلوری یا نمکی است که می‌توان به آن هالو- گالی نام داد. این گالی‌ها در لایه یا بستر نمکی ساحلی دریا بوسیله فرسایش آبهای جاری سطحی بوجود می آیند(شکل ۲۰). این کانال های عمود بر ساحل بوده و رشته یا پشته‌های نمکی را قطع می‌کنند. ابعاد و اندازه‌های گالی‌های مذکور بسیار متفاوت بوده در نواحی که لایه نمک از ضخامت لازم برخوردار است با عمق بیشتری مشاهده می‌شوند.

ب) تونل‌های زیرزمینی

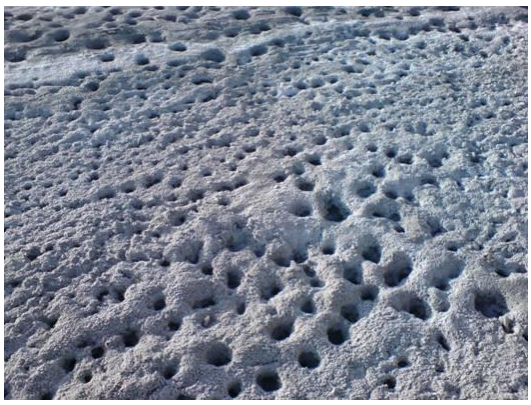
شکل ۲۰. اشکال گالی هالوکارستیک ساحل دریاچه ارومیه

در برخی نواحی ساحلی دریاچه ارومیه ضخامت لایه نمکی قابل توجه بوده تونل‌ها یا راهروهای زیر زمینی در مقیاس‌های متفاوت در آن تشکیل می‌شود. با تبلور نمک و انباشته شدن آنها در ساحل رشته‌ها یا پشته‌های نمکی بوجود می‌آیند. این پشته‌ها به موزات خط ساحلی تشکیل شده و بعنوان سدی در مقابل آبهای جاری سطحی عمل می‌نمایند. آبهای جاری شروع به انحلال لایه نمکی نموده و بدین طریق تونل‌های زیر زمینی نمکی و همچنین گالی‌های را به سمت دریا بوجود می‌آورند(شکل ۲۱). این راهروهای زیر زمینی عمود بر خط ساحل بوده و رشته یا پشته‌های نمکی را قطع می‌کنند. در اکثر موارد قسمت بالایی یا به عبارتی سقف آنها فروریخته و قطعات بزرگ و کوچک لایه‌های نمکی در کف مجرای آن مشاهده می‌شوند. در سازندهای آهکی ضخیم ساحلی تونل‌های زیرزمینی بزرگ و کوچک مشاهده می‌شود.

شکل ۲۱. تونل‌ها و راهروهای زیرزمینی هالوکارستی سواحل دریاچه ارومیه

ت) پای‌پینگ‌های بلوری

پای پینگ عبارت از فرسایش تونلی و یا لوله ای در اثر فرایند انحلال در سازندهای تبخیری تشکیل می‌شود. قطر لوله‌های پای پینگ از چند میلیمتر تا حدود ۳۰ سانتیمتر می‌رسد که به شکل افقی و یا عمودی گسترش دارند(احمدی، ۱۳۸٦). این اشکال به صورت عوارض کوچک و میکرویی در نوار نمکی دریاچه مشاهده می‌شود. مکانیسم پدیده مذکور به فعالیت آب‌های زیر زمینی در زیر لایه ضخیم نمکی خط ساحلی و آب‌های سطحی نفوذی به زیر لایه نمکی مربوط می‌شود(شکل ۲۲). این اشکال در سازند نمکی خط ساحلی در سازند نمک مشاهده می‌شود.



شکل ۲۲ . اشکال پای پینگ هالوکلاستی در سواحل دریاچه ارومیه

بحث و نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که فرآیندهای مورفوژنز هالوکارستی بسیار متنوع و در ضمن خاص بوده و دارای الگوهای پیچیده‌ای هستند. نیروها و عوامل مولد این فرآیندها نیز عملکردهای متفاوتی دارند. بسته به شرایط مورفوژنز برخی فرآیندها عمری کوتاه یا فصلی و برخی دیگر نسبتا پایدار(ساختمانی) و فعال هستند. هر گونه تغییر اعم از سریع یا کند در محیط، موجب تغییر در سیستم‌های مورفوژنز با رویکردهای مختلف اعم از تشدید یا تضعیف آن شده و ممکن دگرگونی آن سیستم‌ها را بدنبال داشته باشد. آهنگ تغییر و تحولات و شدت و وسعت عملکرد سیستم‌های مذکور تابع شرایط و داده‌های محیطی و چگونگی تغییرات آن خواهد بود.

در منطقه مورد مطالعه، تغییرات سریع محیطی، تشکیل و رشد قارچی لندفرم های هالوکارستی را موجب شده است. دریاچه ارومیه حوضه بسته مرتفعای است که در حدود ۱۳۰۰ متر از سطح دریاهای آزاد ارتفاع داشته و رژیم حوضه های بسته را دارد. تغییرات محیطی در حوضه‌های بسته بازتاب سریعی دارد که با حوضه بزرگ متفاوت است. همانطوریکه قبلا نیز اشاره شد، دریاچه مذکور در چاله‌ای ساختمانی نامتقارن (شیب غربی) بوجود آمده که از نظر ساختمان زمین شناسی بین دو سیستم گسل فعال تبریز در شمال و گسل زرینه رود در غرب و جنوب واقع است. این گسلها منشاء عمیقی دارند. دریاچه مذکور جوان بوده بعد از آخرین فعالیت یخچالی و بر اثر فعالیت‌های تکتونیکی به شکل فعلی درآمده است(درویش زاده، ۱۳۸۵). در دوره‌های یخچالی لندفرم‌های منطقه بیشتر از نوع پادگانه‌های دریایی بوده است. شواهد مربوط به پادگانه‌های ساحلی باقیمانده از دوره‌های یخچالی در ارتفاعات ۷۵ متری تا ۱۱۵ متری از سطح امروزی دریاچه نشان دهنده تغییرات مکرر سطح آب آن در طول دوره‌های یخچالی بوده است. در اطراف تبریز پادگانه دریاچه دیگری در ارتفاع حدود ۱٤۱۰ متر و همچنین در ارتفاعات ۱۵۵۰–۱۵۰۰ متری وجود دارد که احتمالا با این دریاچه در ارتباط بوده است(عیوضی،۱۳۸۳). تحقیقات انجام گرفته نشان می دهد که سطح آب دریاچه در دوره‌های گذشته نوسانات زیادی داشته و سطح آب آن مسلما با سطح امروزی قابل مقایسه نیست. امروزه سطح آب دریاچه به پایین‌ترین سطح خود رسیده و در غالب سواحل آن، آب کیلومترها از خط ساحلی پسروی کرده که در اثر آن برخی از جزایر به خشکی متصل شده و لایه ضخیم نمکی در آن شکل گرفته است. در این شرایط لندفرم‌های شکل گرفته در نواحی ساحلی عمدتا از نوع

هالوکارستی بوده که مفصلاً در یافته‌های تحقیق به آن پرداخته شد. دلایل متعددی از جمله عامل انسانی را در تشکیل چنین فرآیندهای مورفوژنز و لندفرم‌ها را موثر می‌دانند. به همین ترتیب مهار گسترده آب‌های سطحی و همچنین تداوم خشک سالیها در دهه های اخیر، موجب شکل‌گیری چشم انداز ژئومورفولوژیکی هالوکارستی در منطقه شده است. محیط مورفوژنز جدید موجب شده که لایه نمکی به شکل نواری در ناحیه خط ساحلی دریاچه تشکیل شود. تشکیل بلورهای نمک در منافذ سنگها و رشد سریع آنها با تبخیر شدید آب باعث متلاشی شدن سنگها (هالوکلاستی) می‌گردد(شکل ۲۳). سیستم‌های مورفوژنز هالوکارست دو گروه از لندفرم‌های تراکمی و کاوشی را بوجود آوردند. تنوع اشکال آن قابل توجه و بسیار جالب و در دنیا بی‌نظیر و در منطقه سابقه نداشته است. موضوع دیگر دوام و پایداری اشکال هالوکارست است که این امر به وجود لایه نمکی و ضخامت و دوام آن و فراوانی بارش‌ها و مقدار روان آب‌های سطحی بستگی دارد. معمولا در بعضی نواحی ساحلی، این اشکال مدت زمان کوتاهی دارند بویژه در فصل مرطوب و سرد، اگر بارش‌ها زیاد باشد محو می‌شوند و مجددا در دوره گرم سال ظاهر شده به حداکثر رشد خود می‌رسند. دما، بارش باران و آب‌های سطحی فرآیندهای هالوکارستی منطقه را در کنترل دارند. تحقیق حاضر با تحلیل فرآیندها و لندفرم‌های هالوکارستی مربوطه در مقیاس ناحیه‌ای کمک شایانی به توسعه مفاهیم و مبانی نظری این از شاخه ژئومورفولوژی نموده است.

شکل ۲۳. تخریب فیزیکی سنگها بر اثر پدیده هالوکلاست

References

1. Ahmadi,Hasan(2007), Applied geomorphology, volume 1, Watery Erosion, Fifth Edition, Tehran University Press.
2. Darvishzade, Ali(2006), Iranian geology (stratigraphy, tectonics, metamorphism and magmatism), Second Edition, Amir Kabir University Press.
3. Mahmodi, Farajolah(2007), Dynamics geomorphology, First Edition, Payame Noor University Press.
4. Mahmodi, Farajolah(2004), Building geomorphology, Seventh Edition, Payame Noor University Press.
5. Diter, Keltat (2009), Physical Geography of Seas and Beaches, First Edition, Translator Mohamad Reza, Servati, Samt press.
6. Terikar, Jan(1990), Dry forms of ruggedness, Translator Mehdi Sadigi & Mohsen Poor Kermani, First Edition, Press Astan Quds Razavi Cultural Affairs.
7. Chorli, Rechard j., Shom, Estanli E., Soden, E.(1996), Geomorfology, Translator: Ahmad, Moatamed, First Edition, Samt Press.
8. Chorli, Rechard j., Shom, Estanli E., Soden, E.(2000), Geomorfology, Translator: Ahmad, Moatamed, Fourth Edition, Samt Press.
9. Nasiri, Ali(2001), Use mapping, environmental ecological Urmia lake basin using Landsat ETM technology, remote sensing and GPS data, Issue No. 04/81, Office of Statistics and Information Technology - Ministry of Agriculture.
10. Saroei, Saeid(2001), Evaluation of remote sensing and GPS technologies in land cover mapping Shadegan, Office of Statistics and Information Technology - Ministry of Agriculture.
11. Daivis, Jun, Claich, Gordon, &(1999), Benefits of Wetlands, Translator: Saiyd Amir, Abafat, Press the green circle(Daere Sabz).
12. Jedari Aivazi, Jamshid(2004), Geomorfology of Iran, Payame Noor University Press.
13. Azari Takami, Gobad, (1995), A review of reserves and resources utilization of The Artemia Urmia Lake, Veterinary Faculty of Tehran University.
14. First Consulting Engineers, As a wetlands ecosystem overview Urmia lake, A picture of the current situation.
15. Makhdoom, M., et al. (2001), Environmental assessment and planning by Geographic Information Systems, First printing, Tehran University, Institute for Publishing and Print.
16. Ahadzadeh, Bahman(2006), plan "As defined in equation parameters affect the level and volatility of salt water Urmia lake" Assistance Researche of Urmia University Research – Winter.