مجله آمایش جغرافیایی فضا،
فصلنامه علمی- پژوهشی دانشگاه گلستان
سال دهم/ شماره مسلسل سی و ششم/ تابستان ۱۳۹۹ / صفحات: ۳۰-۱۵

مطالعهٔ تأثیرات دیاپریسم نمکی در ژئومورفولوژی شمال شرقی شهرستان شاهرود

غلامرضا مقامی مقیم[1]*
[1]استادیار دانشکده علوم زمین دانشگاه دامغان
تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۵/۱۵

چکیده

دیاپریسم نمکی فرآیندی است که در طی آن یک لایه از کانی‌های تبخیری به درون لایه‌های فوقانی نفوذ نموده سبب شکل‌گیری ناهمواری‌های ویژه‌ای می‌شوند. مطالعه این ناهمواری‌ها به دلیل وجود منابع نفتی، استقرار سکونت‌گاههای انسانی و عبور راههای ارتباطی ضروری است. منطقهٔ موردمطالعه که در شرق شهرستان شاهرود قرار دارد یکی از مناطقی است که تحت تأثیر دیاپریسم نمکی، ناهمواری‌های ویژه‌ای در آن ایجادشده که سن تقریبی آن‌ها به دورهٔ میوسن می‌رسد. علاوه بر دیاپریسم نمکی وجود گسل احتمالی جیلان- فراشیان در شمال و طاقدیس جیلان در مرکز سبب شکستگی‌هایی شده که نمک از طریق آن‌ها به لایه‌های بالایی نفوذ و سبب شکل‌گیری ناهمواری‌های نمکی شده است؛ همچنین تأثیر فرایند انحلال نقش مهمی در شکل‌گیری کارست‌های نمکی در منطقه داشته که برای نخستین بار در مطالعهٔ گنبدهای نمکی به آن توجه شد. در این پژوهش که باهدف مشخص شدن تأثیر دیاپرهای نمکی در مورفولوژی منطقهٔ موردمطالعه و با استفاده از روش مطالعات میدانی و سنجش از دور تأثیر دیاپریسم نمکی روی مورفولوژی منطقهٔ مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد دیاپریسم نمکی با ایجاد گنبدهای نمکی، درز و شکستگی، چین‌های ثانویه، کارست‌های نمکی، دره‌ها، پلیگون‌ها، یخچال‌ها، چشمه‌ها و اشکال گل‌کلمی توپوگرافی خاصی را در منطقه سبب شده و با ایجاد مورفولوژی ویژه‌ای این منطقه را از بیابان‌های مجاور خود متمایز نموده است. به‌دلیل عبور راه آهن تهران مشهد از منطقه مورد مطالعه و جلوگیری ازخطرات احتمالی سازندهای نمکی برای این خط آهن پیشنهاد می شود مطالعات تکمیلی در این زمینه انجام شود.

واژه‌های کلیدی: دیاپریسم نمکی، گسل جیلان فراشیان، تاقدیس جیلان، کارست‌های نمکی

مقدمه

دیاپریسم نمکی فرآیندی است که در طی آن یک لایه از کانی‌های تبخیری به درون لایه‌های فوقانی نفوذ نموده و سبب شکل‌گیری ناهمواری‌های ویژه‌ای می‌شوند. این ناهمواری‌ها به‌دلیل وجود منابع نفتی، استقرار سکونت‌گاههای انسانی و عبور راههای ارتباطی اهمیت زیادی دارند. منطقهٔ مورد مطالعه یکی از مناطقی است که تحت تأثیر فعالیت‌های شدید دیاپریسم نمکی قرار دارد و به‌دلیل هموار بودن سرزمین‌های مجاور آن ناهمواری‌های ایجاد شده توسط این فرایند توپوگرافی ویژه‌ای به آن بخشیده که این توپوگرافی تأثیرات زیادی در فعالیت‌های انسانی ازجمله خط آهن مشهد- تهران و معیشت روستاهای منطقه داشته است. کشور ایران جزو مناطقی است که دیاپریسم نمکی نقش قابل‌توجهی در ریخت‌شناسی آن داشته است به همین دلیل مطالعاتی در این زمینه انجام شده است.

*نویسنده مسئول:
maghami_dr@yahoo.com; gh.maghami@du.ac.ir

تالبوت[۱] (۱۹۷۹) مقاله‌ای در مورد جابجایی نمک‌ها در جنوب ایران نوشت و اصطلاح یخچال‌های نمکی را برای حرکت نمک در این قسمت ایران به کاربرد. موریس[۲] و تویس[۳] (۲۰۰۷) پس از پژوهش چندین مورد از گنبدهای نمکی در قارهٔ آسیا و آمریکا به این نتیجه رسیدند که در بالاآمدگی دیاپرهای نمکی ناپایداری ثقلی لایه‌های با چگالی کمتر دخالت داشته است. هاردینگ[۴] و هوس[۵] (۲۰۱۵) دیاپرهای نمکی را در کشور هلند موردبررسی قرار داده به این نتیجه رسیدند که دیاپرهای نمکی نقش عمده‌ای در شکل‌گیری طاقدیس‌ها و ناودیس‌های شمال این کشور داشته است. آرین و نوروز پور (۲۰۱۵) تکتونیک نمکی در ایران را موردمطالعه قراردادند و به این نتیجه رسیدند که در شکل‌گیری گنبدهای نمکی ایران تکتونیک نقش تعیین‌کننده ای داشته است. ساکت (۱۳۸۴) کتابی با عنوان گنبدهای نمکی ایران منتشر ساخت و از دیدگاه اقتصادی آن‌ها را مورد تجزیه‌وتحلیل قرارداد. معتبرترین منبع فارسی در رابطه با گنبدهای نمکی کتاب مجموعه مقالات سمپوزیوم دیاپیریسم نمکی در ایران می‌باشد (عفیفی، ۱۳۸۸). ثروتی (۱۳۸۷) با مطالعهٔ گنبدهای نمکی ایران به این نتیجه رسید که علاوه بر دیاپریسم نمکی تکتونیک نیز نقش تعیین‌کننده‌ای در گنبدهای نمکی ایران داشته است که در این فرایند نیروهای فشارشی و کششی به طبقات حاوی نمک نیرو وارد نموده گنبدهای نمکی را به وجود می‌آورد. رجبی و همکاران (۱۳۸۸) به مطالعهٔ گنبدهای نمکی آذربایجان پرداخت و به این نتیجه رسید که در شکل‌گیری آن‌ها فعالیت‌های تکتونیکی و چگالی نمک نقش بیشتری داشته است. زمانی و همکاران (۱۳۹۲) گنبد نمکی خواجه را در تبریز مطالعه و آن را برای ذخیره‌سازی منابع گاز مناسب دانست. علی‌رغم این‌که استان سمنان بیشترین ذخایر نمک را در بین استان‌های دیگر دارد (پایگاه ملی داده‌های علوم زمین، ۱۳۸۰). متأسفانه سازندهای نمکی آن کمتر موردمطالعه قرارگرفته است در این مقاله سعی بر این است تا نقش دیاپریسم نمکی در ژئومورفولوژی منطقه، به شیوه‌های میدانی و داده‌های سنجش از دور موردبررسی قرار گیرد تا از نتایج آن در عمران و آبادانی منطقه موردمطالعه، استفاده شود.

مبانی نظری

سطح زمین پوشیده از ناهمواری‌های متعدی است که این ناهمواری‌ها ریخت ظاهری آن را می‌سازند در مورفولوژی هر منطقه فرایندهای مختلفی دخالت دارند یکی از این فرایندهای دیاپریسم نمکی است. در این فرایند، تحت تأثیر نمک اشکال و ناهمواری‌های خاصی در سطح زمین ظاهر می شوند و تأثیرات قابل توجهی مورفولوژی یک مکان به خصوص نواحی بیابانی دارند (مقامی‌مقیم و همکاران، ۱۳۹۷: ۵۵-۳۷). در بین فرایندهای مختلف موثر در ژئومورفولوژی یک مکان، پس از چین خوردگی‌ها، گسل‌ها و آتشفشان‌ها دیاپریسم نمکی نقش قابل توجهی دارد. دو عامل افزایش حجم نمک در اثر دریافت رطوبت و تکتونیک محرک اصلی نمک در این فرایند محسوب می‌شوند. همچنین عواملی چون فعالیت‌های آتشفشانی، فرسایش و اقدامات انسانی می‌توانند این فرایند را تسهیل نمایند. اشکال به‌وجود آمده در اثر این فرایند چنانچه تحت تأثیر عوامل هوازدگی و انحلال قرار گیرند آثار باقیمانده آنها را می‌توان کارست نمکی نامید. بر خلاف کارست‌های آهکی به دلیل انحلال بالای نمک کارست‌های نمکی دوام زیادی در مقابل فرسایش ندارند و مانند بسیاری دیگر از اشکال نمکی به راحتی از بین رفته و یا به شکلی دیگر تبدیل می‌شوند (Navidtalab and Maghami Moghim, ۲۰۲۰). به‌دلیل ناپایداری کارست‌های نمکی محققان رغبت زیادی به مطالعه آنها از خود نشان نمی دهند. اشکال ژئومورفولوژیکی ناشی از دیاپریسم نمکی تنوع زیادی دارند و در شکل گیری آنها فرایندهای دیگر نیز سهیم می باشند برخی از این اشکال به دلیل شباهت

۱. Talbot
۲. Moores
۳. Twiss
۴. Harding
۵. Huuse

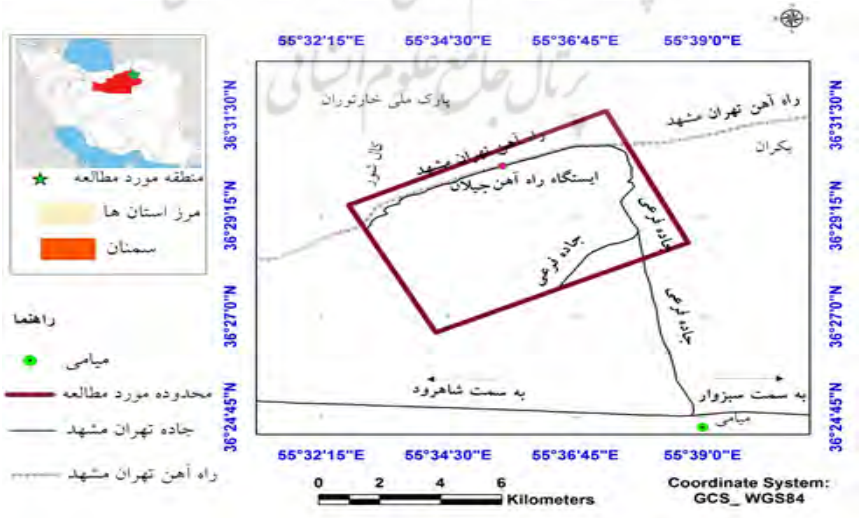
به سایر اشکال ژئومورفولوژیکی نام گذاری شده‌اند نظیر یخچال‌های نمکی که به خاطر شباهت سطحی نمک به یخ به این نام شهرت دارند (رجبی و همکاران، ۱۳۸۸).

روش تحقیق

اصل و بنیان این پژوهش بر مبنای مطالعات میدانی انجام گرفت این مطالعات باهدف شناسایی و مساحی لند فرم‌های ناشی از دیاپرهای نمکی، انجام شد علاوه بر پیمایش‌های میدانی از داده‌های ماهواره‌ای نیز در سطحی وسیع استفاده گردید. این داده‌ها شامل داده‌های سنجنده +ETM ۲۰۱۰، تصاویر DigitalGlobe و داده‌های مدل رقومی ارتفاعی (DEM) ۳۰ متر مربوط به سنجنده SRTM بود. تمامی داده‌ها نسبت به برداشت‌های صحرایی به‌دست‌آمده توسط GPS تصحیح هندسی شده است. سیستم مختصات داده‌ها لا مبرت محلی ایران LamIran در نظر گرفته شد. برای استخراج داده‌های ماهواره‌ای از ابزار Earth explorer استفاده گردید؛ همچنین از ابزار ArcBruTile اطلاعات Google Earth به محیط ArcGIS منتقل و به کمک ابزار Image Analysis نرم‌افزار ArcGIS عملیات بارزسازی تصاویر انجام گرفت. تهیه لایه‌های رقومی برای منطقه مهم‌ترین مرحله این پژوهش بود در این مرحله داده‌های DEM به لحاظ خطای sink به کمک افزونه Archydro در محیط ArcGIS موردبررسی و اصلاح قرار گرفت. سپس به کمک همین افزونه لایه رقومی حوضه‌های آبریز با فرمت رستری و وکتوری تهیه شد که اولین اقدام در این زمینه تهیه لایه رقومی شبکه زهکشی بود. لایه رقومی گنبدهای نمکی و مساحت آن‌ها نیز با تلفیق تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸، دیجیتال گلوب و مشاهدات میدانی انجام شد. برای انجام این کار از فیلترهای آشکارکنندهٔ لبه لاپلاس استفاده و به‌صورت کامپیوتری مرز تقریبی گنبدهای نمکی ترسیم گردید. لایه رقومی دولین‌ها به کمک مطالعات صحرایی و تصاویر ماهواره‌ای مشخص گردید. لایه رقومی مخروط‌ها وپلی گون‌های نمکی با تلفیق مشاهدات صحرایی مبتنی بر GPS و انطباق آن اطلاعات ماهواره‌ای تهیه شد. کلیه نقشه‌های موردنیاز این پژوهش با کمک نرم‌افزار ArcGIS ترسیم شد.

محدوده و قلمرو پژوهش

منطقهٔ موردمطالعه در شمال شرقی استان سمنان و شرق شهرستان شاهرود قرار دارد. از شمال به رودخانه کال شور، از جنوب به مزارع شمال میامی، از شرق به روستای بکران و از غرب به شهر شاهرود محدود می‌گردد. ازنظر مختصات جغرافیایی بین ´۲۷-°۳۶ تا ´۳۱-°۳۶ شمالی و ´۳۲-°۵۵ تا ´۳۸-°۵۵ درجهٔ شرقی از نصف‌النهار گرینویج قرارگرفته است (شکل ۱).



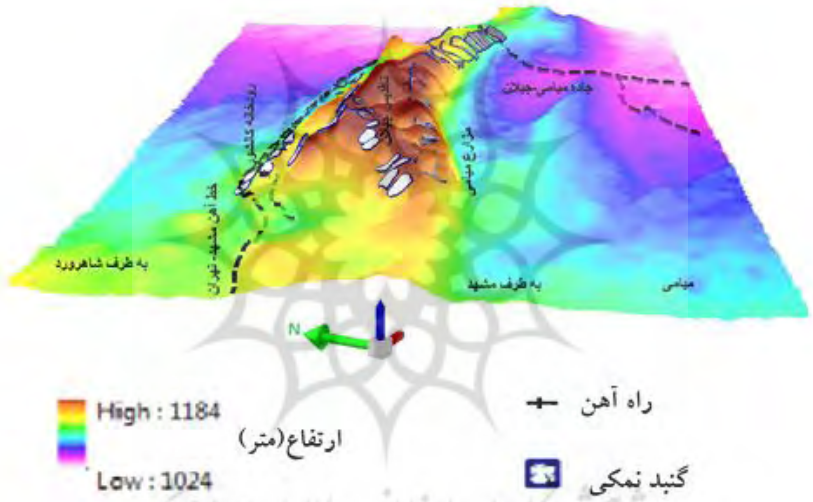
شکل ۱: نقشهٔ موقعیت جغرافیایی منطقهٔ موردمطالعه در ایران و استان سمنان (منبع: نگارنده ۱۳۹۶)

از نظر زمین‌شناسی بیشتر سازندهای منطقه از مارن گچ‌دار زرد و سفیدرنگ دارای لایه‌ها و عدسی‌های نمک ساخته‌شده و سن آن مربوط به پلیوسن است. ازنظر ساختمانی این منطقه تحت تأثیر گسل احتمالی جیلان- فراشیان در شمال و طاقدیس جیلان در مرکز می‌باشد. جاده میامی- جیلان در جنوب و خط آهن تهران به مشهد در ایستگاه جیلان راههای دسترسی به منطقه است.

یافته‌های تحقیق

مکانیسم‌های تشکیل دیاپیرهای نمکی منطقه مورد مطالعه

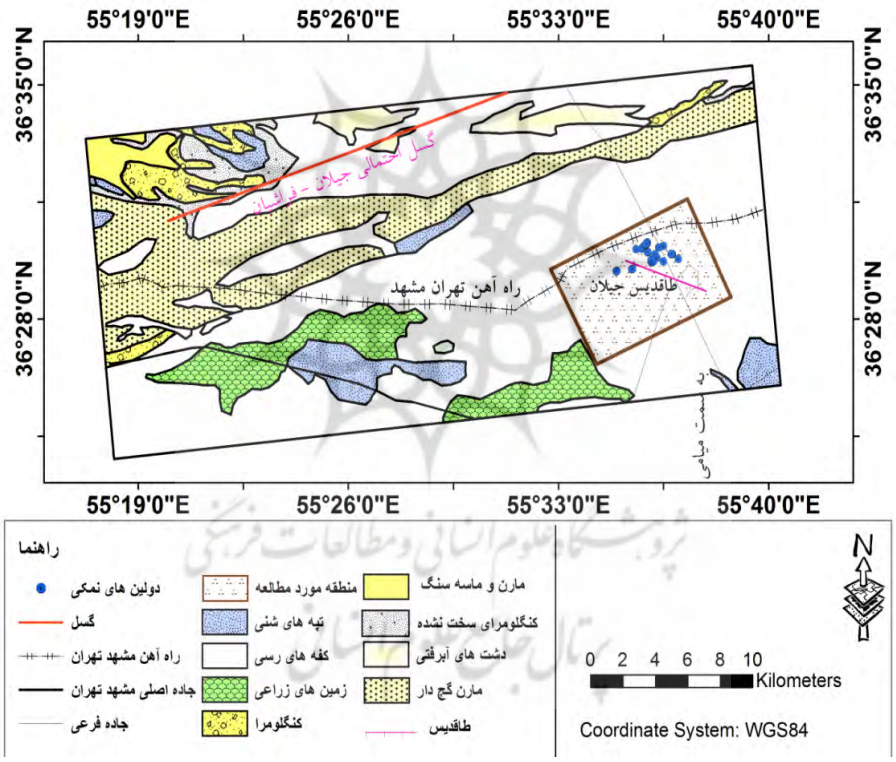
علت اصلی شکل‌گیری گنبدهای نمکی تزریق نمک به سنگ‌های مجاور آن است (مدنی، ۴۸۶:۱۳۹۴). بالا آمدن نمک و ایجاد مناظر نمکی را تکتونیک نمکی می‌گویند (اصغری‌مقدم، ۲۲۲:۱۳۸۹). مطالعهٔ منطقه نشان می‌دهد فعالیت مداوم گسل احتمالی جیلان – فراشیان باعث شکسته شدن سنگ‌های پوشاننده شده است. در طول این شکستگی‌ها نمک علاوه بر صعود، بخشی از لایه‌ها را خمیده و باعث ایجاد چین ثانویه در جنوب این گسل و شکل‌گیری طاقدیس جیلان در مرکز منطقه شده و جابجایی‌هایی را در حوضهٔ تبخیری آن سبب شده است (شکل ۲ و ۳).



شکل ۲: تصویر سه‌بُعدی از طاقدیس جیلان در مرکز منطقهٔ مورد مطالعه (منبع: تصاویر ماهواره‌ای SRTM)

شکل ۳: نیمرخ توپوگرافی طاقدیس جیلان (منبع: نگارنده ۱۳۹۶)

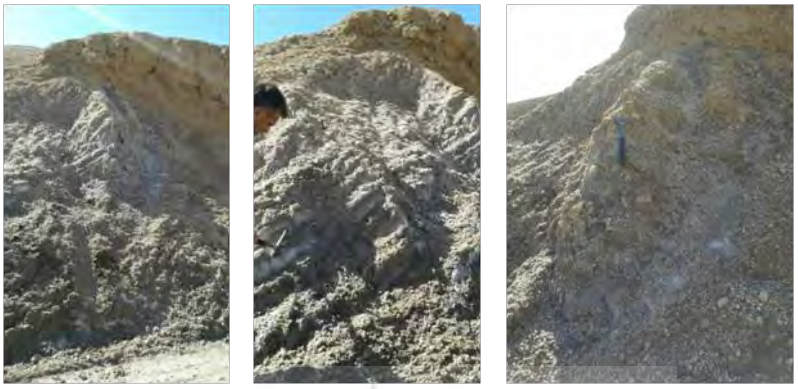
این جابجایی‌ها منجر به تزریق نمک از لایه‌های زیرین به رسوبات سطحی شده است. علاوه بر دیاپریسم نمکی تکتونیک نیز نقش تعیین‌کننده‌ای در گنبدهای نمکی منطقه داشته است. در این فرایند نیروهای فشارشی و کششی به طبقات حاوی نمک نیرو وارد نموده گنبدهای نمکی را به وجود می‌آورد (ثروتی، ۹۶:۱۳۸۷). ازنظرتکتونیکی منطقه جزو کمربند جنوب البرزاست (علوی، ۱۹۹۲). سنگ‌های تبخیری ائوسن، الیگوسن بنیاد لیتولوژی این منطقه است (نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ میامی)؛ بنابراین منطقه یک حوضهٔ رسوبی کم‌ژرفا بوده که در ائوسن میانی به وجود آمده است. از ویژگی‌های آن تشکیل سنگ‌های ائوسن بالائی است که با نهشته‌های تبخیری در الیگوسن نیز دنبال شده‌اند. در مطالعات گنبدهای نمکی منطقه دو جهت محوری متقاطع موازی با روند غالب ساختاری شمال ایران مرکزی قابل‌تشخیص‌اند که به نظر می‌آید نتیجهٔ تلاقی هم‌زمان دو روند چین‌خوردگی باشد. که از تلاقی آن‌ها جایگاه مناسبی برای جمع شدن توده‌های تبخیری به وجود آمده و طی چین‌خوردگی در جنوب البرز طاقدیس‌ها و گسل‌های بی‌شماری شکل‌گرفته که طاقدیس جیلان در قسمت میانی و گسل جیلان-فراشیان در شمال منطقه مهم‌ترین آن‌ها است (شکل۴).



شکل ۴: نقشهٔ زمین‌شناسی منطقهٔ موردمطالعه(منبع: نقشه زمین شناسی منطقه مقیاس۱:۱۰۰۰۰۰)

در اثر فعالیت آن‌ها سنگ‌بستر منطقه شکسته و با ظهور نمک، گنبدهای نمکی به وجود آمده‌اند. یکی از فرضیات شکل‌گیری گنبدهای نمکی منطقه این بود که نمک‌های مدفون‌شده در زیر رسوبات قبل از میوسن، در اثر دریافت رطوبت افزایش حجم داده به لایه‌های بالای خود فشار آورده سبب شکل‌گیری گنبدهای نمکی شده است. در برخی منابع رسوبات تبخیری منطقه را مربوط به عقب‌نشینی دریاچه قم می‌دادند که به‌صورت لایه‌های قرمز فوقانی رسوب‌گذاری شده‌اند (زمردیان، ۶۵:۱۳۹۲). فرایند فرسایش نیز در شکل‌گیری دیاپریسم منطقه بی‌تأثیر نبوده است. رسوبات سطحی ازجمله ماسه، شن و مارن

قسمت زیادی از نمک‌ها را پوشانده است. فرسایش با حذف آن‌ها باعث شده مجموعه نمکی به سطح جریان یافته اشکال جالب توجهی را به وجود آورد (شکل۵). علل اصلی فرسایش گنبدهای نمکی وجود سازندهای تبخیری در آن است (کردوانی،۱۳۷۱: ۱۵). دو نیروی مقاوم در برابر تشکیل دیاپریسم وجود دارد؛ که حذف آن‌ها توسط مکانیسم‌های زمین‌شناسی و عوامل آنتروپوژنیک دیاپریسم تشکیل می‌شود. عوامل آنتروپوژنیک آن دسته از عواملی انسانی است که سبب تغییر در ریخت زمین می‌گردد (زمردیان، ۱۳۹۴ :۱۷).



شکل ۵: عریان‌شدگی دیاپر نمکی در اثر فرسایش لایه‌های پوشاننده نمک (منبع: نگارنده۱۳۹۶)

احداث خط آهن تهران - مشهد در محدودهٔ بکران تا شاهرود و جادهٔ شوسهٔ میامی به ایستگاه جیلان در قسمت میانی منطقه سبب شده تا لایه‌های رسوبی سطحی و مواد پوشانندهٔ نمک فرسایش یافته و توده‌های نمکی در سطح زمین ظاهر شوند (شکل ۶). پس از فرایند زمین‌ساخت و دیاپریسم انحلال نمک در آب بیشترین نقش را در شکل‌گیری ناهمواری‌های نمکی منطقه داشته است. فرایند انحلال نمک در آب به‌صورت زیر بیان می‌شود.

$$Nacl_{(s)} \rightarrow Na^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$$

S⟵ جامد و ^{aq}⟵ آب (پوشش آبی) است.

شکل ۶: احداث جادهٔ میامی به ایستگاه جیلان سبب عریان‌شدگی گنبدهای نمکی شده است (منبع: نگارنده ۱۳۹۶)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

قابلیت انحلال‌پذیری یک ماده در دمای معین برحسب گرم ماده در ۱۰۰ گرم آب است. قابلیت انحلال‌پذیری (Nacl) نمک در ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد برابر ۳۵ گرم در ۱۰۰ گرم آب است. این قانون مربوط به آب خالص می‌باشد که تأثیر چندانی در انحلال سنگ ندارد، مگر در سنگ نمک، جدول ۱ تأثیر انحلال ۱۰ لیتر آب خالص در انحلال برخی از سنگ‌ها را مشخص می‌کند (پروین، ۱۶:۱۳۷۵).

جدول ۱: قدرت انحلال ۱۰ لیتر آب در سنگ‌های مختلف (جکسون ۱۹۶۹)

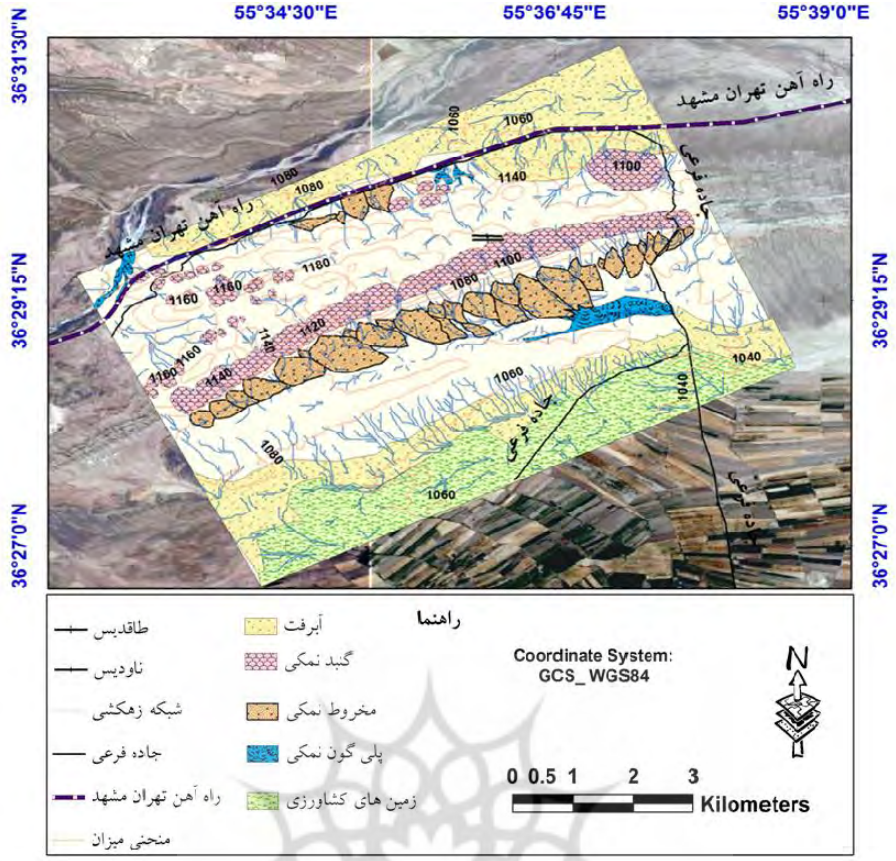
ردیف	نوع سنگ	میزان انحلال
۱	آهک	۰/۳
۲	سیلیس	۱/۳۲
۳	گچ	۲۵
۴	نمک طعام	۳۶۰۰

همان‌طور که در جدول مشخص است ضریب انحلال در سنگ نمک بیشتر از سنگ‌های دیگر است امّا مقدار آن در درجه حرارت‌های مختلف متفاوت است به‌طوری‌که با افزایش دمای آب میزان انحلال نیز افزایش می‌یابد؛ متوسط دمای منطقه در یک دوره ۲۰ ساله ۱۶/۳۲ درجه سانتی‌گراد است. تیرماه با ۲۹/۴۵، مردادماه با ۲۸/۳۷ و خردادماه با ۲۷ درجه سانتی‌گراد بالاترین دمای منطقه را به خود اختصاص می‌دهند (سازمان هواشناسی:۱۳۷۵-۱۳۹۵). به دلیل خشکی هوا در تیر و مرداد کمترین و در اردیبهشت و خرداد بیشترین مقدار انحلال نمک به وقوع می‌پیوندد پس از انحلال نمک، رسوبات غیرقابل‌حل باقی‌مانده و اشکال کارست نمکی را در منطقه به وجود می‌آورد. در بیشتر منابع از فعالیت‌های آتش‌فشانی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در دیاپریسم نمکی یادکرده‌اند. به دلیل فقدان فعالیت‌های آتش‌فشانی در منطقه این فعالیت‌ها تأثیری در دیاپریسم نمکی منطقه نداشته است.

اشکال ژئومورفولوژیکی ناشی از دیاپریسم نمکی در منطقه مورد مطالعه

اشکال ساختمانی: گنبدهای نمکی مهم‌ترین و وسیع‌ترین اشکالی مورفولوژیکی هستند که در اثر دیاپریسم در منطقه شکل‌گرفته‌اند. این گنبدها نزدیک به ۲۰۰ متر از زمین‌های اطراف بلندتر هستند و در وسعتی به طول ۴۵ و عرض ۱۵ کیلومتر در راستای رودخانه کالشور و در جهت غرب به شرق گسترش‌یافته‌اند امتداد آن‌ها با جهت گسل احتمالی جیلان – فراشیان و طاقدیس جیلان کاملاً منطبق می‌باشد (شکل ۷).

به دلیل تشکیل شدن لایه‌های سطحی منطقه از مارن و ماسه این مواد در اطراف گنبدها به سمت بالا کج شده‌اند؛ همچنین در اطراف آن‌ها لایه‌های نازکی از گچ دیده می‌شود. برخلاف گنبدهای نمکی جنوب استان سمنان در گنبدهای نمکی منطقه فعالیت‌های آتش‌فشانی نقش چندانی نداشته‌اند. یکی دیگر از آثار دیاپریسم در مورفولوژی منطقه شکستگی‌هایی است که در اثر بالاآمدگی نمک در سازندهای دربرگیرندهٔ آن ایجادشده است. این درز و شکاف‌ها در شمال و جنوب به دلیل شیب زیاد باعث فرسایش گنبدهای نمکی و ایجاد دره‌های نمکی و در قسمت میانی منطقه به دلیل شیب کم سبب شکل‌گیری کارست‌های نمکی به‌خصوص غارها و چشمه‌های کارستی شده است(شکل۸)؛ همچنین با صعود نمک به سطح زمین لایه‌های مجاور نمک چین‌خورده و بسته به فاصله آن‌ها از هسته نمک شیب آن‌ها افزایش می‌یابد که اگر این روند تکرار شود. سبب شکل‌گیری طاقدیس و ناودیس نمکی خواهد شد.



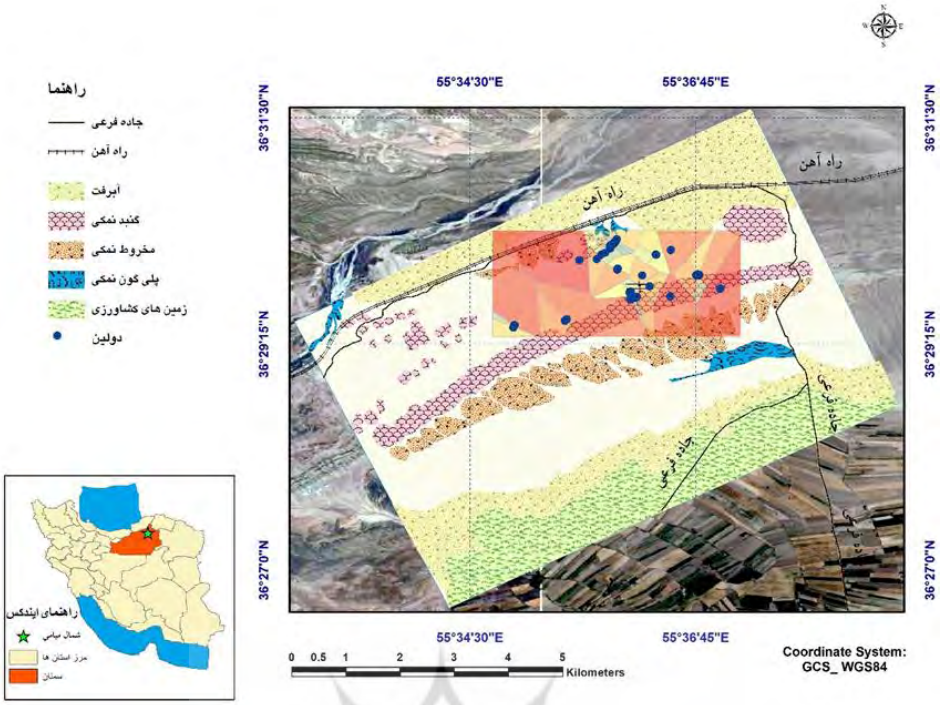
شکل ۷: نقشهٔ ژئومورفولوژی منطقهٔ مورد مطالعه (منبع: تصاویر ماهواره‌ای و نقشه زمین‌شناسی منطقه مقیاس۱:۱۰۰۰۰۰)

شکل۸: درز و شکاف‌های ایجادشده در اثر انحلال دیاپیر نمکی (منبع: نگارنده۱۳۹۶)

کارست‌های نمکی: ورای (۱۹۹۷)کارست‌های نمکی را مختص مناطق بدلند معرفی نمود. دولین‌های نمکی تیپیک‌ترین اشکال کارست نمکی منطقه محسوب می‌شوند. والتام[۱] دولین‌ها را به شش نوع انحلالی، ریزشی، دارای پوشش سنگی، فرونشستی، پرشونده و دفنی تقسیم می‌کند (Waltham, ۲۰۰۵:۳۸۲). دولین‌های نمکی منطقه شباهت زیادی به دولین‌های سقوطی و انحلالی دارند که در راستای طاقدیس جیلان شکل‌گرفته‌اند، چون منطقه ازنظر ریخت‌شناسی تپه‌ماهوری است و در این مناطق دولین‌ها ابعاد بزرگ‌تری دارند (قبادی، ۵۵:۱۳۸۶)؛ بنابراین تعداد آن‌ها کم ولی ابعاد آن‌ها وسیع است. ازنظر پراکندگی دولین‌ها در ضلع شمالی منطقه، تراکم بیشتری دارند (شکل ۹).

۱. Waltham

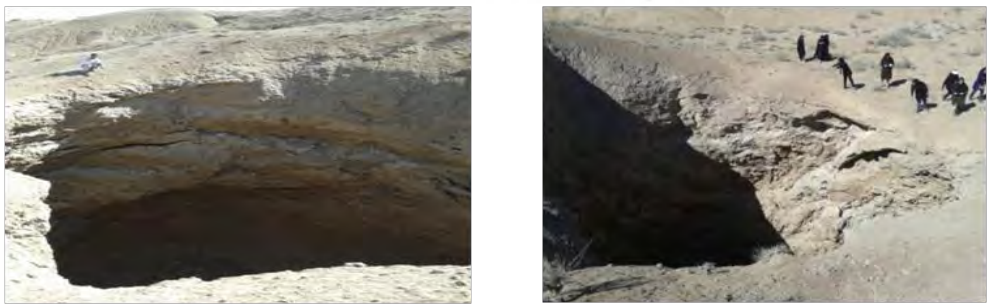
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۹: نقشه تراکم دولین‌ها،تراکم دولین‌ها در شبکهٔ مثلثی به حداکثر می‌رسد
(منبع: تصاویر ماهواره ای و نقشه زمین شناسی منطقه مقیاس۱:۱۰۰۰۰۰)

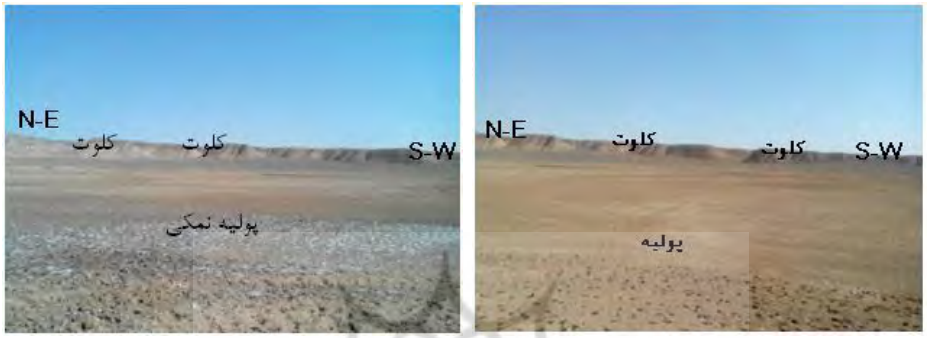
چاههای نمکی اشکال کارستی دیگری هستند که به‌صورت حفره‌های عمودی در اثر انحلال لایه‌های نمکی در پولیه‌های جنوبی منطقه شکل‌گرفته‌اند. قطر متوسط آن‌ها ۸ متر و عمق آن‌ها ۸۰ متر اندازه‌گیری شد (شکل ۱۰). کف آن‌ها را به عمق یک متر آب فراگرفته است. پونورهای نمکی در سازندهای تبخیری منطقه شکل‌گرفته و نقش عمده‌ای در انتقال آب به سفره‌های زیرزمینی دارند. اغلب آن‌ها از نوع ترک‌های توسعه‌یافته و درزه باریک می‌باشند (شکل ۱۱).

پولیه‌ها وسیع‌ترین اشکال کارست نمکی می‌باشند که در مورفولوژی منطقه نقش داشته‌اند. علل اصلی شکل‌گیری آن حرکات تکتونیکی و انحلال سنگ‌های آهکی است (قبادی، ۱۳۸۶: ۶۱). پولیه‌های منطقه از نوع پولیه‌های تبخیری و خشک می‌باشند که در جنوب منطقه در اثر انحلال سازندهای نمکی شکل‌گرفته و توسط کلوت‌ها از یکدیگر جدا می‌شوند (شکل ۱۲).



شکل۱۰: دو نمونه از چاه‌های نمکی منطقهٔ مورد مطالعه
(منبع:نگارنده۱۳۹۶)

شکل۱۱: دو نمونه از پونورهای منطقهٔ مورد مطالعه (منبع:نگارنده۱۳۹۶)



شکل۱۲: دو نمونه از پولیه‌ها و کلوت‌های منطقهٔ مورد مطالعه (منبع: نگارنده۱۳۹۶)

تفاوت آن‌ها با پولیه‌های آهکی در این است که دامنه‌های آن‌ها کم شیب و خاک آن‌ها برای کشاورزی مناسب نیست. در شکل‌گیری پولیه‌های منطقه علاوه بر انحلال سازندهای تبخیری فعالیت گسل احتمالی جیلان- فراشیان و طاقدیس جیلان تأثیر زیادی داشته است.

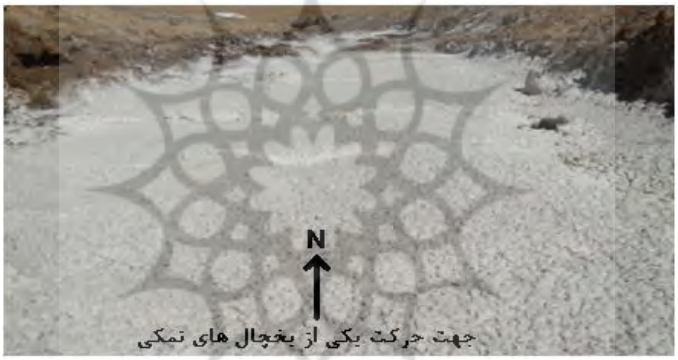
اشکال تبخیری: پولیگون‌های نمکی و اشکال گل‌کلمی مهمترین اشکال تبخیری در مناطق نمکی می باشند.پولیگون‌های نمکی اشکال چندضلعی هستند که در اثر هوازدگی آب شکافتی در مناطق خشک به وجود می‌آیند و در اثر جذب رطوبت نرم و با از دست دادن آن تقلیل حجم می‌دهند (زمردیان، ۲۱۱:۱۳۹۴). ابعاد این چندضلعی‌ها در منطقه ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر است که اغلب در کف پولیه‌های جنوبی و غربی منطقه شکل‌گرفته‌اند (شکل۱۳).

اشکال گل‌کلمی در اثر تبخیر آب اشباع‌شده از نمک شکل می‌گیرند و در فصول گرم سال که تبخیر و تعرق زیاد است به حداکثر می‌رسند. اشکال گل‌کلمی منطقه اغلب در کف پولیه‌ها، مخروط‌ها، دره‌ها، مظهر چشمه‌های نمکی و بستر رودخانه کال شور مشاهده می‌شوند (شکل ۱۴).

شکل۱۳: قسمتی از پولیگون‌های نمکی(منبع: نگارنده۱۳۹۶)

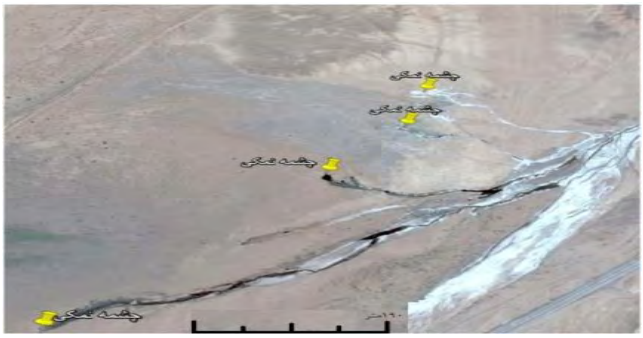
شکل۱۴: سه نمونه از اشکال گل‌کلمی شکل‌گرفته در کنار چشمه‌های نمکی منطقهٔ مورد مطالعه (منبع: نگارنده۱۳۹۶)

یخچال‌های نمکی: یخچال‌های نمکی به خاطر شباهت سطحی نمک به یخ به این نام شهرت دارند (رجبی و همکاران، ۱۳۸۸). حجم زیاد نمک در دره‌های شمال غربی منطقه سبب جابجایی آن‌ها در محل اتصال شاخه‌های فرعی به رودخانه کال شور شده و یخچال‌های نمکی منطقه را به وجود آورده‌اند (شکل ۱۵).



شکل ۱۵: یکی از زبانه‌های یخچال نمکی منطقهٔ موردمطالعه(منبع:نگارنده۱۳۹۶)

اشکال هیدرولوژیکی: در اثر فعالیت‌های مختلف هیدرولوژیکی در سازندهای نمکی اشکال ژئومورفولوژیکی همچون چشمه‌های نمکی، دره‌های نمکی، رودخانه نمکی و مخروط‌های نمکی در منطقه مورد مطالعه شکل گرفته است.چشمه‌های نمکی در شمال‌غربی منطقه در سطح زمین ظاهر و با پیوستن به یکدیگر شاخه‌های اصلی رودخانه کالشوررا تشکیل می‌دهند. آب آن‌ها از طریق نفوذ آب، در شکاف‌ها و پونورهای نمکی به داخل سفره‌های کم‌عمقی تأمین می‌شود. به دلیل شرایط اقلیمی آب آن‌ها تبخیر و نمک‌های باقی‌مانده اشکال گل‌کلمی منطقه را به وجود می‌آورند. این چشمه‌ها نقش مهمی در انتقال نمک از اعماق به سطح و شکل‌گیری رودخانه‌های نمکی دارند. در مطالعات میدانی منطقه تعداد ۳۵ دهانه چشمه نمکی شناسایی شد که پرآب‌ترین آن‌ها در بستر و حاشیه رودخانه کال شور جاری می‌باشند (شکل ۱۶).



شکل۱۶: چنددهانه از چشمه‌های نمکی در بستر رودخانه کال شور (منبع گوگل ارث)

دره‌های نمکی اشکال هیدرولوژیکی دیگری هستند که نقش مهمی در مورفولوژی منطقه داشته‌اند. این اشکال براثر نفوذ آب در گنبدها و لایه‌های نمکی و انحلال آن‌ها به وجود می‌آیند. این دره‌ها ازنظر شکل ظاهری V شکل، کوتاه و پرپیچ‌وخم و ازنظر مقدار آب،کم آب و فصلی می‌باشند (شکل ۱۷).

شکل۱۷: دو نمونه از دره‌های نمکی منطقه (منبع: نگارنده ۱۳۹۴)

تجمع دره‌های نمکی در مارها سبب شکل‌گیری هزار دره و بدلند در منطقه شده مورفولوژی ویژه‌ای را در توپوگرافی منطقه رقم‌زده است. از به‌هم‌پیوستن دره‌های نمکی منطقهٔ رودخانهٔ نمکی کال شور شکل‌گرفته است. این رودخانه در شمال منطقه جریان داشته و اغلب ایام پوشیده از نمک است فقط در هنگام وقوع سیلاب نمک‌های آن ناپدید می‌شود. در فصل گرم بستر آن به‌صورت دره‌هایی پر از نمک مشاهده می‌شوند؛ بنابراین می‌توان آن را یک رودخانهٔ نمکی در نظر گرفت (شکل۱۸).

شکل ۱۸: سه نمونه از شاخه‌های نمکی رودخانه شاهرود (منبع: نگارنده۱۳۹۶)

مخروط‌های نمکی اشکالی شبیه مخروط افکنه‌ها است که در مناطق فعالیت دیاپرهای نمکی و در اثر فرایندهای هیدرولوژیکی شکل می‌گیرند. تعداد ۱۲ مخروط نمکی در دامنهٔ جنوبی طاقدیس جیلان شکل‌گرفته که چهره خاصی به مورفولوژی منطقه بخشیده این مخروط‌ها ازنظر جنس مواد، وسعت و

ارتباط با حوضهٔ آبریز بامخروط افکنه‌ها متفاوت‌اند و جنبهٔ تأثیرگذار آن‌ها در مورفولوژی منطقه شکل آن‌هاست. معیار سنجش شکل واقعی یک مخروط نخستین بار توسط موکرجی در سال ۱۹۷۶ ارائه شد او فرمول زیر را برای شکل واقعی یک مخروط ارائه نمود (موکرجی، ۱۹۷۶: ۲۰۴-۱۹۰).

$$\text{ضریب مخروط گرایی} = \frac{\text{مساحت مخروط افکنه}}{\text{مساحت مخروط افکنه ایده آل}}$$

مخروط ایده آل نیز بر اساس فرمول زیر محاسبه می‌گردد.

$$\text{مخروط ایده آل} = \frac{\pi \Gamma^2 \alpha}{360}$$

در این فرمول

π. عبارت است از عدد پی که معادل ۳,۱۴

Γ. عبارت است از شعاع مخروط افکنه.

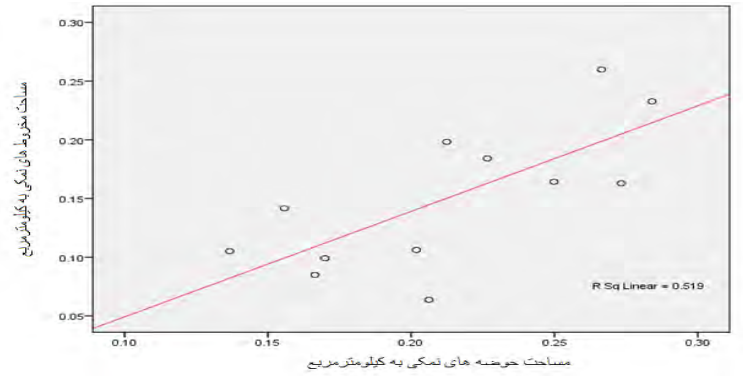
α. عبارت است از زاویه بین دو حاشیه مخروط افکنه که در محل رأس آن اندازه‌گیری می‌شود.

ضریب مخروط‌گرایی برای یک مخروط ۱ است. اگر این ضریب در مخروط افکنه‌ای ۱ باشد کمتر تحت تأثیر عوامل مخرب و محدودکننده قرارگرفته به همین دلیل به شکل واقعی خود نزدیک است. در بین ۱۲ مخروط مطالعه شده مخروط‌های شماره ۳ با ضریب مخروط‌گرایی ۰/۷۹۹ بیشترین و مخروط شماره ۲ با ضریب مخروط‌گرایی ۰/۱۵۹ کمترین شباهت را با یک مخروط واقعی دارد (جدول ۲).

جدول۲: مشخصات مخروط‌های نمکی منطقه موردمطالعه

ردیف	مساحت مخروط (کیلومترمربع)	مساحت حوضه (کیلومترمربع)	زاویه دو حاشیه مخروط در رأس	شعاع مخروط (کیلومتر)	مخروط ایده‌آل	ضریب مخروط گرایی
۱	۰/۱۴۱۶۱۰	۰/۱۵۵۷۷۱	۷۵	۰/۳۱۷۹۶	۰/۴۱۱۵۹۹۷	۰/۳۴۰
۲	۰/۱۰۶۲۰۷	۰/۲۰۱۷۹۴	۱۰۰	۰/۳۸۱۵۶	۰/۶۶۵۶۱۲	۰/۱۵۹
۳	۰/۱۹۸۲۵۴	۰/۲۱۲۴۱۵	۵۶	۰/۲۵۴۳۷۵	۰/۲۴۸۴۹۶	۰/۷۹۹
۴	۰/۰۹۹۱۲۷	۰/۱۶۹۹۳۲	۷۰	۰/۲۵۲۵	۰/۳۰۸۳۳۰	۰/۳۲۱
۵	۰/۱۸۴۰۹۳	۰/۲۲۶۵۷۶	۷۴	۰/۳۱۵۶۳	۰/۴۰۷۴۳۰	۰/۴۵۱
۶	۰/۰۸۴۹۶۶	۰/۱۶۶۳۹۲	۵۵	۰/۲۵۲۵۵	۰/۲۴۲۲۵۹	۰/۳۵۱
۷	۰/۰۶۳۷۲۴	۰/۲۰۶۲۰۷	۷۰	۰/۱۲۶۲۵	۰/۱۵۴۱۶۵	۰/۴۱۳
۸	۰/۲۳۲۷۱۳	۰/۲۸۴۰۴۶	۸۰	۰/۳۷۵۶	۰/۵۲۳۳۳۳	۰/۴۴۴
۹	۰/۱۶۴۲۶۸	۰/۲۴۹۸۲۴	۷۹	۰/۲۸۱۲۵	۰/۳۸۷۵۹۳	۰/۴۲۴
۱۰	۰/۲۵۹۹۲۰	۰/۲۶۶۴۱۸	۹۰	۰/۳۱۲۵	۰/۴۹۰۶۲۵	۰/۵۳۰
۱۱	۰/۱۶۲۹۴۴	۰/۲۷۳۳۲۵	۸۰	۰/۲۸۲۷۳	۰/۳۹۴۵۶۵	۰/۴۱۳
۱۲	۰/۱۰۵۱۲۵	۰/۱۳۶۶۶۲	۶۵	۰/۱۸۲۳۴	۰/۲۰۶۷۳۰	۰/۵۱۰

میانگین ضریب مخروط‌گرایی برای مخروط‌های منطقه عدد ۰/۴۳۷ به‌دست آمد؛ بنابراین اکثر آن‌ها ازنظر شکل با مخروط واقعی فاصله دارند که این امر نشان‌دهندهٔ این است که فعالیت‌های تکتونیکی به‌صورت دیاپر نمکی در این منطقه همچنان فعال است که این فعالیت‌ها مانع تکامل مخروط‌های نمکی شده است، همانند مخروط‌افکنه‌ها بین مخروط‌های نمکی و حوضهٔ شکل‌دهنده آن‌ها یک رابطهٔ منظم برقرار است (جدول ۳ و شکل ۱۹). به‌عبارتی مخروط‌های نمکی وسیع در حوضه‌های وسیع و مخروط‌های کم‌وسعت در حوضه‌های کم‌وسعت شکل‌گرفته‌اند. البته این رابطه در حوضه‌های آبریز غیرنمکی منظم‌تر است؛ زیرا در حوضه‌های نمکی ممکن است در اثر انحلال، آب از طریق پونورهای نمکی به زیرزمین نفوذ نموده و رسوبات کمتری به مخروط افکنه‌ها منتقل نماید.



شکل ۱۹: رابطهٔ بین مساحت مخروط‌های نمکی منطقه و حوضه‌های تشکیل‌دهنده آن‌ها (منبع: نگارنده ۱۳۹۶)

جدول۳: رابطهٔ بین مساحت مخروط‌های نمکی منطقه و حوضه‌های تشکیل‌دهندهٔ آن‌ها

		مساحت مخروط‌های نمکی	مساحت حوضه‌ها
MM	Pearson Correlation	۱	۰/۷۲۰
	Sig. (۲-tailed)		۰/۰۰۸
	N	۱۲	۱۲
MC	Pearson Correlation	۰/۷۲۰	۱
	Sig. (۲-tailed)	۰/۰۰۸	
	N	۱۲	۱۲
**. Correlation is significant at the ۰،۰۱ level (۲-tailed).			

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

بر اساس مطالعات انجام شده و بررسی نقشهٔ زمین‌شناسی شاهرود به‌دلیل وجود نمک، ژیپس، مارن و رس نمک‌دار در منطقه می‌توان ازنظر سنی، اشکال نمکی آن را جوان و مربوط به دوره میوسن دانست. ازنظر سنگ‌شناسی، سنگ‌های تبخیری ائوسن و الیگوسن بنیاد لیتولوژی منطقه را تشکیل می‌دهد. تلاقی هم‌زمان دو روند چین‌خوردگی البرز جنوبی و ایران مرکزی جایگاه مناسبی برای جمع‌شدن توده‌های تبخیری در منطقه به‌وجود آورده و درگذشت زمان و با عقب‌نشینی دریا نمک باقی‌مانده رسوب‌گذاری و در زیر رسوبات الیگوسن مدفون‌شده و در دورهٔ میوسن در اثر فرایندهای مختلف در سطح زمین ظاهر و اشکال متنوع ژئومورفولوژیکی را در منطقه به وجود آورده است. در بین فرایندهای مختلف، دیاپریسم نمکی نقش عمده‌ای در شکل‌گیری آن‌ها داشته و با تأثیرگذاری در ساختار تکتونیکی منطقه تنوع گسترده‌ای از اشکال مختلف نمکی را در این قسمت سبب شده است. علاوه بر دیاپریسم نمکی فعالیت‌های زمین ساختی، طاقدیس‌ها و گسل‌هایی را در منطقه به وجود آورده که طاقدیس جیلان و گسل احتمالی جیلان- فراشیان مهم‌ترین آن‌ها است. در اثر فعالیت آن‌ها سنگ‌بستر منطقه شکسته و با ظهور نمک در سطح گنبد نمکی منطقه به وجود آمده‌اند. موضوعی که گنبدهای نمکی منطقه را از گنبدهای نمکی دیگر ایران متمایز می‌کند این است که ازنظر مکانیزم شکل‌گیری فعالیت‌های آذرین نقشی در شکل‌گیری دیاپرهای نمکی منطقه نداشته است. از مهم‌ترین نتایج این پژوهش، مشخص شدن تأثیر فرایند انحلال و ایجاد کارست نمکی بود که برای نخستین بار در پژوهش گنبدهای نمکی به آن توجه شد و مشخص گردید در اثر انحلال سازندهای تبخیری منطقه اشکال کارستی نمکی متنوعی به وجود آمده که از نوع کارست‌های بد لند محسوب می‌شوند، علاوه بر موارد یادشده برخی از اقدامات انسانی ازجمله احداث جاده میامی به جیلان و خط آهن تهران مشهد نیز فرایند فرسایش را تسهیل نموده سبب ظهور توده‌های نمکی در سطح زمین شده‌اند. تمامی فرایندهای مطرح‌شده،

مورفولوژی خاصی به منطقه داده و با به وجود آوردن اشکال خاصی نظیر گنبدهای نمکی، درهٔ نمکی، دولین‌های نمکی، غارهای نمکی، پونورهای نمکی، فروچاله‌های نمکی، رودخانه نمکی، چشمه‌های نمکی، یخچال‌های نمکی، کلوت‌های نمکی، پلیگون و مخروط‌های نمکی توپوگرافی ویژه‌ای به مورفولوژی منطقه بخشیده و آن را از سرزمین‌های هموار مجاور متمایز نموده است. به‌طوری‌که توجهٔ هر محققی را به خود جلب می‌نماید. علاوه بر مطالعات میدانی، نتایج مطالعات سنجش از دور نیز تأثیر فرایندهای مختلف دیاپر نمکی را در تنوع اشکال ژئومورفولوژیکی منطقه تأیید نمود. نتایج حاصل از این مطالعات در بررسی جهت گنبدهای نمکی، تراکم دولین‌های نمکی، اندازه‌گیری پولیه‌ها و مخروط‌های نمکی قابل‌توجه بود. این مطالعات نشان داد دولین‌ها در بیشتر قسمت‌های منطقه پراکنده هستند، امّا طبق شبکه مثلث‌بندی نامنظم تراکم آن‌ها در نزدیک ایستگاه جیلان به حداکثر خود می‌رسد؛ همچنین این مطالعات نشان داد پولیه‌های منطقه از نظر وسعت در ردیف پولیه‌های متوسط قرار می‌گیرند در مورد جهت گنبدهای نمکی هم مشخص شد که جهتی تقریباً غربی-شرقی دارند که تا حدودی از جهت طاقدیس جیلان و گسل جیلان- فراشیان تبعیت می‌نمایند در مورد پراکندگی مخروط‌های نمکی منطقه نیز مشخص گردید بیشتر مخروط‌های نمکی منطقه در ضلع جنوبی آن و در دامنه جنوبی طاقدیس جیلان شکل‌گرفته‌اند.

پیشنهادها

به‌دلیل عبور خط آهن تهران - مشهد از منطقه و نقش این خط ریلی در حمل‌ونقل کالا و مسافر در کشور توصیه می‌شود مطالعات تکمیلی در این زمینه انجام‌شده و خطرات احتمالی این ناهمواری‌ها روی این خط آهن مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد.

منابع

۱. اصغری مقدم، محمدرضا. ۱۳۸۹. دیباچه‌ای بر ژئومورفولوژی ایران، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، چاپ اول.

۲. پروین، حسین. ۱۳۷۵.رسوب‌شناسی، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران، چاپ اول.

۳. ثروتی، محمدرضا. ۱۳۸۷. ژئومورفولوژی منطقه‌ای ایران، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.

۴. رجبی، معصومه، شیری طرزم، علی.۱۳۸۸. تکتونیک نمکی و آثار ژئومورفولوژیکی آن در آذربایجان، مطالعه موردی: گنبدهای نمکی شمال غرب تبریز، فصلنامهٔ جغرافیا و توسعه، شماره ۱۶، صص ۷۰-۴۷.

۵. زمانی، بهروز، جلیل پور، محمد، مؤید، محسن، فریدی، محمد. ۱۳۹۲. بررسی ساختاری گنبد نمکی خواجه در شمال خاور تبریز باهدف ارزیابی امکان‌پذیری ذخیره‌سازی گاز و مدل‌سازی تحلیلی دیاپیریسم.۱۳۹۳. نشریه علوم زمین،سال بیست و چهارم، شماره ۹۴، صفحه ۲۱۷ تا ۲۲۶.

۶. زمردیان، محمدجعفر. ۱۳۹۴. مبانی ژئومورفولوژی (۲) کلیماتیک ژئومورفولوژی، ژئومورفولوژی اقلیمی و دینامیک بیرونی، مشهد، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ اول.

۷. زمردیان، محمدجعفر. ۱۳۹۲. ژئومورفولوژی ایران فرایندهای اقلیمی و دینامیک‌های بیرونی جلد (۲) انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ هفتم.

۸. سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ میامی.

۹. ساکت، علی. ۱۳۸۴. گنبدهای نمکی ایران، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور.

۱۰ .سایت هواشناسی، استان اردبیل www.ardebilmet.ir.

۱۱. سایت پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور http://www.ngdir.ir.

۱۲. عفیفی، محمدابراهیم، قنبری، عبدالرسول. ۱۳۸۸. بررسی جاذبه‌های ژئوتوریستی گنبدهای نمکی لارستان مطالعه موردی گنبد نمکی کرموستج، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، سال دوم، شماره ۶، صص ۴۸-۳۱.

۱۳. قبادی، محمدحسین. ۱۳۸۶. زمین‌شناسی مهندسی کارست، انتشارات بوعلی سینای همدان، همدان.

۱۴.کردوانی، پرویز. ۱۳۷۱. جغرافیای خاک‌ها، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

۱۵. محمودی، فرجاله. ۱۳۹۱. ژئومورفولوژی ساختمانی، انتشارات دانشگاه پیام نور.

۱۶. محمودی، فرج‌اله. ۱۳۷۳. ژئومورفولوژی (جلد اول)، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.
۱۷. مدنی، حسن. ۱۳۹۴. زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک، چاپ شانزدهم، جهاد دانشگاهی اصفهان.
۱۸. مقامی مقیم، غلامرضا، نویدطلب، امین ۱۳۹۷. بررسی تاثیرات دیاپیریسم نمکی شرق شهرستان شاهرود، در خط آهن شاهرود- مشهد، نشریه جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۷(۲۵): ۳۷-۵۵.
۱۹. وزارت نیرو. ۱۳۸۳. دستورالعمل آماده‌سازی محیط نمایشی عوارض.
۲۰. Arian, M. and Noroozpour, H. ۲۰۱۵. Tectonic Geomorphology of Iran's Salt Structures, Open Journal of Geology, (۵): ۶۱-۷۲.
۲۱. Farr, T.G. et al. ۲۰۰۷. The Shuttle Radar Topography Mission, Rev. Geophysics., ۴۵, RG۲۰۰۴, DOI: ۱۰,۱۰۲۹/۲۰۰۵RG۰۰۰۱۸۳.
۲۲. Francisco, G. and Ivan, L. ۲۰۱۵. Sinkholes, collapse structures and large landslides in an active salt dome submerged by a reservoir: The unique case of the Am bal ridge in the Karun River, Zagros Mountains, Iran, Geomorphology, (۱): ۸۸-۱۰۳.
۲۳. Harding, R. and House, M. ۲۰۱۵. Salt on the move: Multi stage evolution of salt diapirs in the Netherlands North Sea, Marine and Petroleum Geology, (۶۱): ۳۹-۵۵.
۲۴. Jiří, B., Michal, F., Asadic, N. and Zare, M. ۲۰۰۹. A Surficial deposits on salt diapirs (Zagros Mountains and Persian Gulf Platform, Iran) Characterization, evolution, erosion and the influence on landscape morphology Journal of Geomorphology, (۱۰۷): ۱۹۵-۲۰۹.
۲۵. Mukerji, A.B. ۱۹۷۶. Terminal fans of inlands streams Insutlej-yamuna plain, India, zeitschrift fur Geomorphology, (۲۰): ۱۹۰-۲۰۴.
۲۶. Navidtalab, A. and Maghami Moghim, G.M. ۲۰۲۰. Climate, lithology, and tectonics interaction in shaping a hazardous salt karst: A case from the middle–late Miocene (?) evaporite succession of NE Iran. Geomorphology, ۳۵۶: ۱۰۷۰۶۷.
۲۷. Talbot, J. ۱۹۷۹. Flood train in a glacier of salt in southern Iran, Journal of Structural Geology, (۱): ۵-۱۸.
۲۸. Twiss, R.J. and Mores, E.M. ۲۰۰۷. Structural Geology, W.H. Freeman and Company, NewYork, ۵۳۲p.
۲۹. Waltham, F. and Bell, M. ۲۰۰۵. Sinkholes and Subsidence, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, New York. ۳۸۲p.
۳۰. Wray, R.A.L. ۱۹۹۷. Aglobal review of solution weathering forms on quartz sandsyones earth science, (۴۷): ۱۳۷-۱۶۰.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی