



فصلنامه زمین ساخت

زمستان ۱۴۰۱، سال ششم، شماره ۲۴

doi 10.22077/JT.2024.6364.1156

مطالعه تأثیرات دی‌پایرسم نمکی در ژئومورفولوژی جنوب استان سمنان در ایران مرکزی

سعیدالرضا اسلامی^۱، غلامرضا مقامی مقیم^{۲*}، ملیحه محمودی^۳

۱- استادیار دانشکده علوم زمین دانشگاه دامغان

۲- دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

۳- کارشناس ارشد زمین شناسی، گرایش تکنونیک

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۱

چکیده:

دی‌پایر^۱ به فرایندی گفته می‌شود که، طی آن مواد با وزن مخصوص کمتر از طبقات رویی، بالا آمده، آنها را می‌شکافد و در سطح زمین ظاهر می‌شود. در این فرایند، نوع پاسخ نمک به تنش‌های وارده اشکال خاص ژئومورفولوژیکی را به وجود می‌آورد که مطالعه این اشکال به دلیل وجود منابع نفتی، استقرار سکونت‌گاه‌های انسانی و عبور راه‌های ارتباطی اهمیت زیادی دارد. عدم توجه به مطالعات دی‌پایرسم نمکی در پروژه‌های عمرانی می‌تواند سبب عدم موفقیت آنها گردد. در این تحقیق، که با هدف بررسی ژئومورفولوژی ناشی از دی‌پایرهای نمکی، در جنوب استان سمنان و با روش‌های میدانی و کتابخانه‌ای انجام شد مشخص گردید، که نهشته‌های نمکی باعث ایجاد ساختارها و اشکال خاص ژئومورفولوژیکی از طریق ایجاد تنش‌های محلی، بهم ریختگی‌های سطحی و شکستگی‌های کششی می‌گردد. همچنین خاصیت جریان‌پذیری نمک بر ساختارهای سطحی ایجاد شده و ابعاد آنها مؤثر است و این ساختارها به نوبه خود باعث ایجاد نیروهای محلی می‌شوند و وضعیت ریخت‌زمین ساختی منطقه را کنترل می‌نماید. علاوه بر این، فرایند انحلال نقش مهمی در شکل‌گیری کارست‌های نمکی در منطقه داشته و اشکال قابل توجهی را به وجود آورده است. بر این اساس اشکال ژئومورفولوژیکی ناشی از دی‌پایرسم نمکی منطقه شناسایی و در سه گروه اشکال ساختمانی شامل گنبد‌های نمکی، تاقدیس‌های نمکی و دیوار نمکی، کارست‌های نمکی شامل دولین‌ها، پونور‌ها، کارن‌ها و اشکال ناشی از فرایندهای هیدرولوژیکی شامل دره‌ها، چشمه‌ها، نمک‌شارها و یخچال‌های نمکی طبقه‌بندی شد.

کلمات کلیدی: دی‌پایرسم نمکی، ریخت‌زمین ساخت، جنوب استان سمنان



Studying the effects of salt diapirism in the geomorphology of the south of Semnan province in central Iran

Saeed Al-Reza Eslami¹, GholamReza Maghami Moghim^{2*}, Malihe Mahmodi³

1- Assistant Professor, Faculty of Earth Sciences, Damghan University, Damghan, Iran

2- Associate Professor of the Faculty of Earth Sciences Damghan University, Damghan, Iran

3- M.Sc in geology, tectonics

Abstract

Diapir is a process in which material with a lower specific weight rises from the upper layers, breaks them, and appears on the surface of the earth. In this process, the type of salt's response to the applied stresses creates specific geomorphological forms, which study of such forms can be important due to the presence of oil resources, the establishment of human settlements, and the passage of communication routes. In this research, which was conducted with the aim of investigating the geomorphology caused by salt diapirs, in the south of Semnan province and with field, library and Remote Sensing methods, it was found that salt deposits cause the creation of specific geomorphological structures and shapes through the creation of tension. local cracks, surface dislocations and tensile fractures. Also, the fluidity of salt has been created on the surface structures and their dimensions are effective, and these structures, in turn, create local forces and control the geomorphic structural situation of the region. In addition, the dissolution process has played an important role in the formation of salt karsts in the region and has created significant shapes. Based on this, the geomorphological forms resulting from the Salt diapirism of the region were identified and in three groups of building forms including salt domes, salt anticlines and salt walls, salt karsts including dolines, ponors, karns and forms resulting from hydrological processes including valleys, springs, salt fluxes and salt glaciers were classified.

Key words: salt diapirism, tectonics, South of Semnan province

*Email: maghami_dr@yahoo.com

Tel: +989153721246

مقدمه

واژه دیاپیر^۱ در اصل ریشه یونانی دارد و به معنای سوراخ کردن است. دیاپیر به فرایندی گفته می‌شود که طی آن مواد با وزن مخصوص کمتر از طبقات رویی، بالا آمده و آنها را می‌شکافد و سپس در سطح زمین ظاهر می‌شود. (Ramberg, 1981).

همچنین فرایند جابجایی مواد تبخیری ممکن است از طریق درز و شکاف‌های ایجاد شده توسط فرایندهای تکتونیک در سطح زمین ظاهر گردد. این ناهمواری‌ها به دلیل وجود منابع نفتی، ذخایر هیدروکربنی، استقرار سکونت‌گاه‌های انسانی و عبور راه‌های ارتباطی اهمیت زیادی دارند. به همین دلیل پژوهش‌های قابل توجهی در مورد آنها انجام شده است که می‌توان به بررسی گنبد‌های نمکی خلیج مکزیک توسط روبرت^۲ اشاره نمود، در این پژوهش با استفاده از مدل‌سازی آزمایشگاهی برای توضیح چگونگی تکامل ساختارهای مرتبط بانمک در خلیج مکزیک مطالعاتی انجام شد (Robert, et al, 2000).

دیاپیرهای نمکی را در کشور هلند مطالعه و به این نتیجه رسیدند که دیاپیرهای نمکی نقش عمده‌ای در شکل‌گیری ناهمواری‌های شمال این کشور داشته است.

(Pilgrim, 1908) برای نخستین بار گنبد‌های نمکی جنوب ایران در استان هرمزگان را مورد مطالعه قرار داد. پس از وی، پژوهش‌های دیگری در این زمینه توسط محققان خارجی انجام شد؛ از جمله مطالعه گنبد‌های نمکی جنوب و غرب ایران توسط (Kent, 1958-1978)، مطالعه گنبد‌های نمکی ایران و ارزش اقتصادی آنها توسط (Folle, 2006) و مطالعه گنبد‌های نمکی کویر بزرگ در مرکز ایران توسط (Jackson, 1990) اشاره نمود.

علاوه بر محققان خارجی ایرانی نیز مطالعاتی در این زمینه داشته‌اند که می‌توان به مطالعه دیاپیرسم در گنبد‌های نمکی جنوب ایران توسط احمدی زاده هروی و همکاران در سال ۱۳۶۹، بررسی دیاپیرسم گنبد نمکی جنوب سمنان توسط مریدی در سال ۱۳۶۹، بررسی‌های تکتونیک میکرو تکتونیک گنبد‌های نمکی جنوب سمنان احتشام زاده در سال ۱۳۶۹، گنبد‌های

نمکی حوضه خلیج فارس توسط درویش زاده در سال ۱۳۸۶، تکتونیک نمکی و آثار ژئومورفولوژی آن در آذربایجان توسط رجیبی و شیرازی طرز م در سال ۱۳۸۸، بررسی ساختاری گنبد نمکی خواجه توسط زمانی در سال ۱۳۹۲ و تأثیر گنبد‌های نمکی بر خطرات تهدید کننده خط آهن تهران مشهد توسط مقامی مقیم در سال ۱۳۹۹ اشاره نمود.

در بین بررسی‌های انجام شده بررسی‌های جکسون (۱۹۹۰) در کویر بزرگ ایران منجر به ارائه تقسیم بندی گنبد‌های نمکی ایران به ۶ گروه گردید.

(Gansser, 1995) گنبد‌های ناحیه جنوب سمنان را مربوط به تراکم زیاد نمک در قاعده سازند قرمز بالایی (میوسن) می‌داند. در پژوهشی دیگر در جنوب ایران تالبوت اصطلاح یخچال نمکی را برای حرکت نمک در این منطقه به کاربرد (Talbot, 1979). منطقه مورد مطالعه که در جنوب باختری شهرستان دامغان و جنوب خاوری شهرستان سمنان در استان سمنان واقع شده است یکی از مناطقی است که تحت تأثیر فعالیت‌های شدید دیاپیرسم نمکی قرار دارد و به دلیل هموار بودن سرزمین‌های مجاور آن ناهمواری‌های ایجاد شده توسط این فرایند توپوگرافی ویژه‌ای به آن بخشیده است که این توپوگرافی تأثیرات زیادی در فعالیت‌های انسانی از جمله معیشت روستاهای منطقه داشته و خواهد داشت. هر چند گنبد‌های نمکی این منطقه از دیدگاه‌های مختلفی مورد مطالعه قرار گرفته، اما تا به حال از دیدگاه ژئومورفولوژی مطالعه نشده‌اند. در این پژوهش سعی بر این است تا دیاپیرسم نمکی این منطقه از دیدگاه ژئومورفولوژی و به شیوه‌های پیمایش میدانی و کتابخانه‌ای مورد بررسی قرار گیرد تا از نتایج آن در عمران و آبادانی منطقه استفاده شده و جایگاه تکتونیک نمکی در ادبیات علمی و دانش ژئومورفولوژی افزایش یابد.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این پژوهش ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای تعاریف و مفاهیم مربوط به دیاپیرسم نمکی، مطالعه و از کتاب‌ها و منابع نوشتاری مورد نیاز در این زمینه فیش برداری گردید. بخشی از مطالعه منطقه با استفاده از مطالعات دورسنجی استفاده شد. در این مطالعات برای مطالعه دقیق‌تر ساختارها،

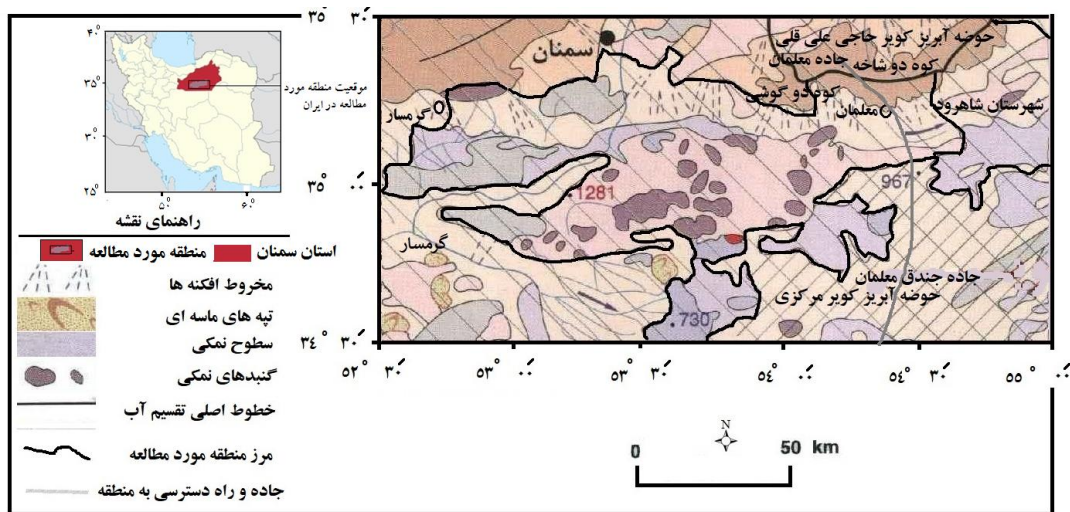
پژوهش با کمک نرم افزار ArcGIS و Adobe Illus- trator ترسیم شد.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در طول جغرافیایی 31° تا $53^{\circ}00'$ و عرض جغرافیایی $34^{\circ}45'$ تا $35^{\circ}15'$ شمالی واقع شده است.

این منطقه از شمال به سمنان، کوه‌های تیرکوه، دوشاخه و دوگوش و کویر حاجی علی قلی دامغان، از خاور به شاهرود از باختر به گرمسار و از جنوب به چاله کویر مرکزی ایران محدود می‌شود. منطقه مورد مطالعه حدود 2000 کیلومتر مربع وسعت دارد و راه‌های دسترسی به آن جاده دامغان به جندق، معلمان و تروود می‌باشد (شکل ۱). از نظر آب و هوایی بر اساس طبقه بندی اقلیمی کوپن منطقه اقلیم نیمه‌یابانی دارد. دمای هوا در گرمترین زمان در تیر ماه به 50° درجه و در فصول سرما تا -7° می‌باشد. بارش سالیانه منطقه کم و بین $100-50$ میلی‌متر است (سازمان هواشناسی ایران، $1400-1386$).

لیتولوژی، موقعیت و مورفولوژی گنبد‌های نمکی داده‌های Earth Google و Zoom Earth مورد استفاده قرار گرفت. تمامی داده‌ها با برداشت‌های صحرایی و کمک GPS تصحیح هندسی شد. برای استخراج داده‌های ماهواره‌ای نرم افزار ArcGIS و ابزار Earth explorer استفاده شد. بخش قابل توجهی از اطلاعات مورد نیاز این پژوهش مربوط به نقشه زمین‌شناسی، زمین‌ریخت‌شناسی و ساختاری منطقه بود که در این زمینه نقشه‌های زمین‌شناسی $1:100000$ زمین‌شناسی منطقه و نقشه $1:250000$ ژئومورفولوژی ایران اطلاعات قابل توجهی در این زمینه در اختیار گذاشت. اما اصل و بنیان این پژوهش بر مبنای مطالعات میدانی انجام شد، این مطالعات با هدف شناسایی و اندازه‌گیری ابعاد فیزیکی لندفرم‌های ناشی از دیابریسم نمکی، انجام شد بر این اساس پس از شناسایی پدیده‌های مرتبط با دیابریسم نمکی ابعاد آنها اندازه‌گیری و نقشه برداری گردید و یک کروکی ابتدایی از منطقه ترسیم و در نرم افزار R2v رقمی گردید کلیه نقشه‌های مورد نیاز این



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان سمنان و استان سمنان

و در مرحله پس از دیابریسم ذخیره نمک کاهش می‌یابد.

مکانیسم‌های تشکیل دیابریسم نمکی

علت اصلی شکل‌گیری گنبد‌های نمکی تزریق نمک به سنگ‌های مجاور آن است (مدنی، 1394).

فرایند بالا آمدن گنبد نمکی رامی‌توان به چهار مرحله تقسیم کرد: در مرحله نخست، بالا آمدن نمک بر اثر برآمدگی ظریف روی سطح مشترک بین دو سطح آغاز می‌شود، و برآمدگی‌هایی که رشد سریع‌تری

یافته‌های تحقیق

ساخت نمک

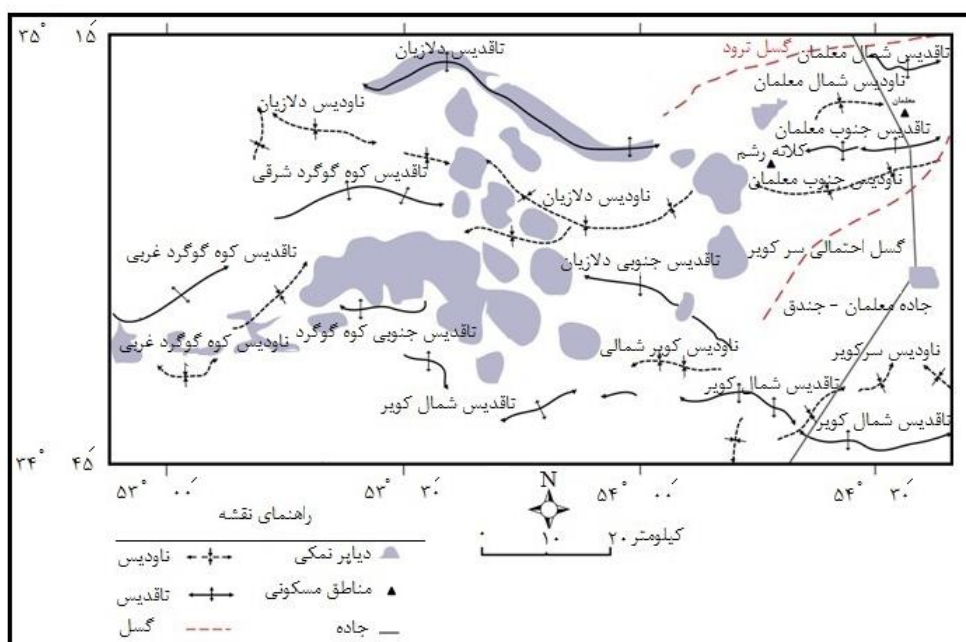
ساخت نمک در برگیرنده ویژگی‌های درونی و بیرونی آن می‌باشد. فرایند رشد ساخت نمک دارای سه مرحله است. مرحله بالشتی، در این مرحله منطقه بالای آن از دیدگاه توپوگرافی مرتفع و منطقه بین بالش‌ها کم ارتفاع است. در مرحله دیابریسم، نمک در ستیغ دیابریسم، نزدیک به سطح یا به صورت بیرون‌زده قرار می‌گیرد

دارند، باقی‌می‌مانند. در مرحله دوم شکل برآمدگی‌ها و فرورفتگی‌ها تغییر می‌کنند، وقتی که برآمدگی‌ها از ارتفاع معینی (۵/۰ تا ۵/۲ کیلومتر) تجاوز می‌کنند، منقبض و باریک می‌شوند و به شکل زبانه در می‌آیند و به‌داخل سنگ‌های پوششی نفوذ می‌کنند که به آن دیاپیر می‌گویند. در مرحله سوم نوک دیاپیر متورم و شکلی شبیه حباب می‌سازد. در مرحله بعد، دیاپیر به سطح نزدیک می‌شود (رامشت، ۱۳۸۶). اختلاف نظر در مورد دیاپیریسم نمکی، درباره چگونگی حرکت نمک و رابطه آن با زمین‌ساخت است که دو دیدگاه در این زمینه وجود دارد:

۱- خیزش نمک، ناشی از خودجوشی نمک است که به آن زمین‌ساخت نمک گفته می‌شود. ۲- نیروی اصلی محرک توده‌های نمک، نیروهای حاصل از زمین‌ساخت است. بر این اساس عوامل حرکت رو به بالا را می‌توان به دو بخش درونی و بیرونی تقسیم نمود. در عوامل درونی، ویژگی نمک نقش اساسی دارد. عوامل بیرونی در دو بخش دگرشکلی‌های الاستیکی و شکننده بررسی می‌شود. به طور کلی دگرشکلی الاستیک به صورت چین‌خوردگی در توالی رسوبی واجد لایه‌های ضخیم نمک و ایجاد شکستگی در لایه‌های پوشاننده آن را می‌توان از مهم‌ترین عوامل مؤثر در حرکت نمک در نظر گرفت. عواملی چون ارتفاع برجستگی اولیه موجود در سطح توده نمک، اختلاف چگالی توده نمک و لایه پوششی، مقاومت تسلیم لایه‌های پوششی، مقاومت نهایی لایه پوششی، شدت خیزش نمک و ادامه رشد آن بر زمان آغاز دیاپیریسم نمکی تأثیر قابل توجهی دارند. بنابراین آهنگ جابجایی یک دیاپیر نمکی بیشتر از آنکه توسط ضخامت لایه نمک کنترل شود، توسط مقاومت، گرانش، چگالی و ضخامت لایه پوششی کنترل می‌شود (ارفع نیا و صفایی، ۱۳۸۴). گنبد‌های نمکی زمانی شکل می‌گیرد که لایه ضخیمی از مواد تبخیری در بین لایه‌های سنگی تشکیل شود. نمکی که گنبد‌های نمکی را بوجود می‌آورد در حوضه‌های دریایی محدود نهشته شده، از بخش‌های عمقی به سطح حرکت می‌نماید (رجبی و شیرازی، ۱۳۸۸).

اشاره نمود (معیری و موسوی، ۱۳۸۷). فعالیت های این گسل قسمت شمال و شمال خاوری منطقه را تحت تأثیر خود قرار داده است شکل گیری تاقدیس نمکی شمال معلمان تحت تأثیر فعالیت های این گسل قرار داشته است. گسل احتمالی سرکویر جنوب منطقه را تحت تأثیر قرار داده و با جهت شمال باختری جنوب خاوری نقش مهمی در شکستگی های روباره های نمک و ارتفاع یافتن آنها دارد (شکل ۲) همچنین شکل گیری تاقدیس جنوب معلمان ارتباط نزدیکی با فعالیت های این گسل دارد.

بر آورده‌اند. (معیری، ۱۳۸۶). از نظر ساختاری منطقه مورد مطالعه در کنترل گسل ترود و گسل احتمالی سرکویر قرار دارد. گسل ترود از گسل های مهم و فعال ایران مرکزی به شمار می رود. این گسل یک گسل عادی محسوب می شود. جابجایی های جانبی و قائم مداوم این گسل ها سبب ایجاد لندفرم ها، آثار و اشکال ویژه ای شده که از لحاظ ژئومورفولوژیکی حایز اهمیت می باشد. از جمله آثار فعالیت های این گسل می توان به ایجاد ناهمواریها و چین خوردگی های محلی، دره های تکتونیکی و افزایش ارتفاع گنبد های نمکی



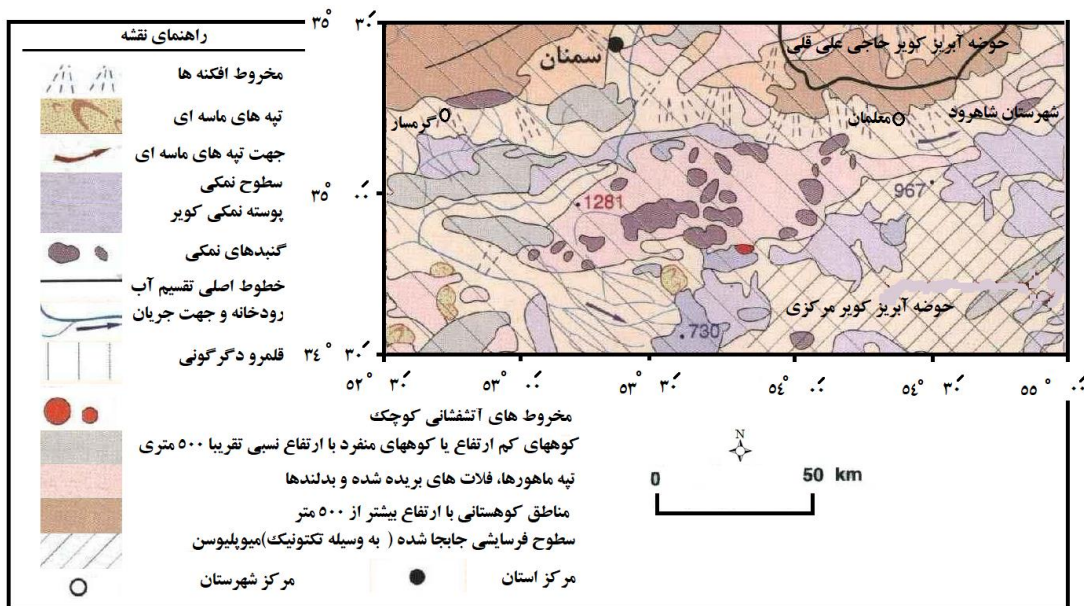
شکل ۲. نقشه زمین ساختی و موقعیت گنبد های کویر بزرگ با اقتباس از جکسون ۱۹۹۰

خوردگی خاورشمال خاوری و باخترشمال باختری (ENE و WNW) روندهای چیره ساختاری پیامد رخداد لارامید در البرز مرکزی و شمال ایران مرکزی را نمایان می سازد تلاقی همزمان این دو روند در تشکیل گنبد های نمکی نقش آفرین بوده است (احتشام زاده، ۱۳۶۹). منطقه از نظر ریخت شناسی پستی و بلندی های غیر یکنواخت داشته و به دلیل تنوع واحدهای سنگی دره های آن V شکل هستند. بخش های مارنی، توف و مارن های ژپس دار مورفولوژی کم ارتفاعی دارند. اغلب ناهمواری های منطقه تحت تأثیر گسل عادی ترود و گسل احتمالی سرکویر می باشد (شکل ۳).

علاوه بر فعالیت های تکتونیکی و خاصیت نمک برای شکل گیری ناهمواری های نمکی برخی از مکانیزم ها بایستی حذف گردند تا نمک به سطح برسد در این زمینه فرایندهای مختلف فرسایشی و عوامل آنتروپوژنیک^۱ (عوامل انسانی) در این زمینه کمک موثری می باشند (زمردیان، ۱۳۹۴). احداث جاده جندق، فعالیت های کشاورزی و معدنکاری سبب فرسایش و ظهور اشکال نمکی در منطقه شده است.

ویژگی های ریخت شناختی و زمین ریخت شناختی منطقه

بررسی های تکتونیکی منطقه تلاقی دو روند چین



شکل ۳. نقشه ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه

چینه شناسی

از نظر چینه شناسی منطقه به سه واحد تقسیم می گردد. یک واحد نمک کهن دریایی گچ دار به ضخامت ۱ تا ۲ کیلومتر مربوط به اتوسن - الیگوسن واحد دوم نمک جوان تر به ضخامت ۱/۵ کیلومتر مربوط به الیگومیوسن و واحد سوم جوان ترین واحد شامل شیل سرخ نمک دار و میان لایه های سنگ گچ متعلق به میوسن است (شکل ۳ و ۴). علاوه بر این بسیاری از گنبد ها، مارن های سبز رنگ نواری پیچیده شده از بخش زیرین سازند قرمز بالایی را درون خود دارند. گنبد های منطقه از دو سازند نمک نواری میوسن بدون مواد آتشفشانی و نمک های متراکم اتوسن و الیگوسن همراه با مواد آتشفشانی تشکیل شده اند (Jackson, et al., 1990). بخش دیگری از چینه شناسی منطقه مربوط به واحد نمکی اتوسن - اولیگوسن (QE^s) است که در برگیرنده کهن ترین نهشته ها بوده و در لایه بندی ضعیف و در سطح قله های فرسوده توف، مارن و سنگ های آذرین مشاهده می شوند (Jackson, et al., 1990). واحد گچی (OM^g) نیز در چینه شناسی منطقه موثر است این واحد به ضخامت ۲۰ تا ۳۰ متری از گچ های سفید و زرد و نازک لایه، در اغلب گنبد های نمکی مشاهده می شوند.

(OM) جای گرفته و شامل: مارن قرمز، سبزه، آبی،

سیلت، و ماسه سنگ است سازند قم $OM^{m,q}$ در رخنمونی باریک در نواحی باختری کوه گوگرد، از تناوب مارن و میان لایه های سنگ آهک مشاهده میشود. سازند دیگر تشکیل دهنده منطقه سازند قرمز بالایی (M_U) است این سازند در برگیرنده وسیع ترین نهشته های قرمز رنگ میوسن میانی و بالایی بوده و نشان از تغییر شرایط دریایی سازند قم به شرایط دریاچه ای دارند. نهشته های پلیوسن - کواترنری ($PIQ^{c,s}$) در گوشه شمال خاوری منطقه، رخنمونی کوچک از نهشته های کنگلومرایی دارند و شامل نهشته های آبرفتی سیلابی (Q^1)، مخروط افکنه ها و پاد گانه های آبرفتی (Q^2)، مواد آبرفتی ریزدانه تر (Q^3)، آبرفت های سخت نشده (Q^{al})، و نهشته های نمکی $Q^{s,m}$ ، $Q^{s,l}$ ، $Q^{w,s}$ می شوند

آثار ژئومورفولوژیکی دیپریسم نمکی در منطقه مورد مطالعه

اشکال ژئومورفولوژیکی ناشی از دیپریسم نمکی در منطقه مورد مطالعه در غالب اشکال ساختمانی، کارست های نمکی و اشکال نمکی ناشی از فرایندهای هیدرولوژیکی قابل بررسی می باشند.

اشکال ساختمانی

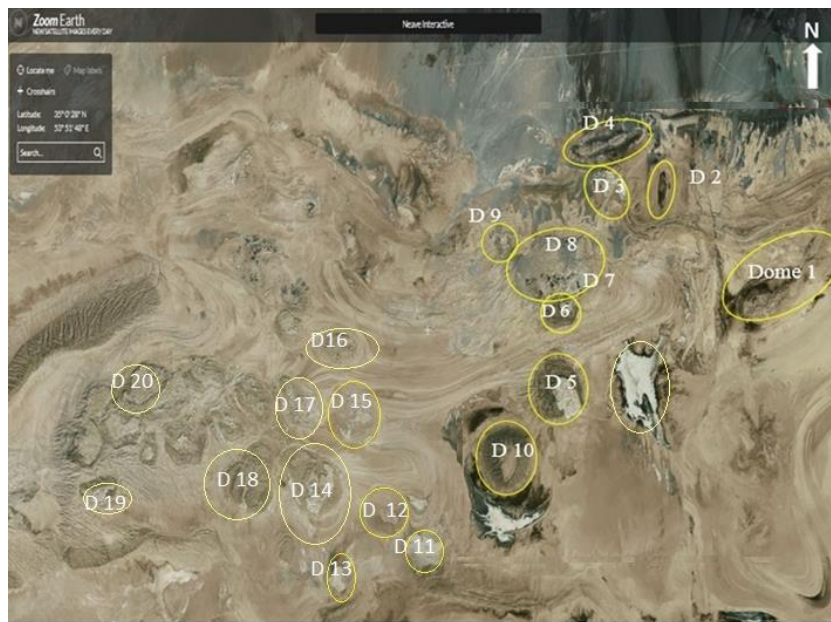
گنبد های نمکی

گنبد نمکی یک اصطلاح کلی است که به بالش نمکی، استوک نمکی و لایه های پوشاننده و هاله قوسی

همچنین واحد مارن و گچ ($OM^{m,g}$) با ضخامت ۳۰ تا ۴۰ متری در زیر واحد گچی سنگ پوشش

و از نظر شکل ظاهری به صورت لویبایی، تابوتی و مرکب می باشند که در شمال و غرب منطقه مشاهده می شوند (جدول ۱ و شکل ۴).

شکل اطراف آن گفته می شود (Lindsay., 1977). گنبد های نمکی منطقه نسبت به سایر اشکال نمکی مساحت بیشتری از منطقه را به خود اختصاص می دهند این اشکال از نظر هندسی به شکل دایره ای، بیضی، مثلث

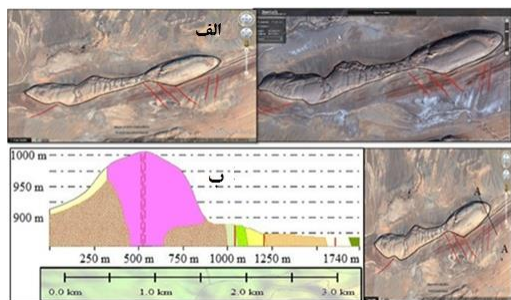


شکل ۴. تصویر ماهواره ای از گنبدهای منطقه و اشکال مورفولوژیکی آن

جدول ۱. مشخصات گنبد های نمکی منطقه مورد مطالعه

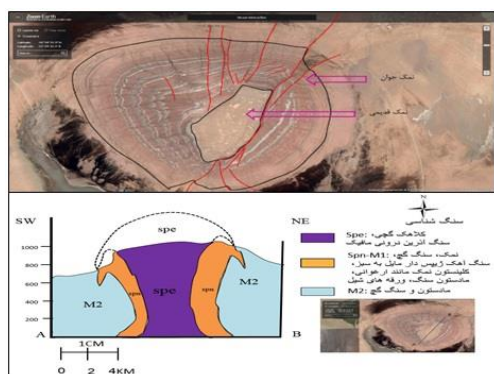
ردیف	نام گنبد	موقعیت در منطقه	شکل هندسی	شکل ظاهری	ساختار	گروه بندی ی روباره	امتداد
۱	گنبد ۱	خاوری	بیضی نامتقارن	مرکب	تقریباً بالغ و فعال	A	W-E
۲	گنبد ۲	مرکزی	بیضی نامتقارن	مرکب	نیمه بالغ و فعال	A	N-S
۳	گنبد ۳	شمالی	مثلثی	لویبایی	تقریباً بالغ و فعال	B	W-E
۴	گنبد ۴	شمال خاوری	بیضی شکل	مرکب	نامتقارن، بالغ غیر فعال	F	W-E
۵	گنبد ۵	جنوب غربی	تقریباً دایره ای	لویبایی	مقارن نیمه فعال	D	NW-SE
۶	گنبد ۶	غربی	بیضی شکل	مرکب	نامتقارن، بالغ فعالیت اندک	D	NE-SE
۷	گنبد ۷	غربی	بیضی شکل	مرکب	نامتقارن، بالغ نیمه فعال	D	NE-SW
۸	گنبد ۸	غربی	بیضی شکل	مرکب	نامتقارن، بالغ، نیمه فعال	D	NE-SW
۹	گنبد ۹	غربی	تقریباً دایره ای	لویبایی	مقارن، نیمه بالغ و نیمه فعال	D	N-S
۱۰	گنبد ۱۰	جنوب غربی	تقریباً دایره ای	تابوتی	نامتقارن، نابالغ و فعال	A	N-S
۱۱	گنبد ۱۱	جنوب	تقریباً دایره ای	تابوتی	نامتقارن، نابالغ، فعال	D	N-S
۱۲	گنبد ۱۲	جنوب	دایره ای	مرکب	نامتقارن، فعال	A	N-S
۱۳	گنبد ۱۳	مرکزی	تقریباً دایره ای	تابوتی	نامتقارن، نابالغ و فعال	A	N-S
۱۴	گنبد ۱۴	جنوب	تقریباً دایره ای	لویبایی	مقارن و فعال	D	N-S
۱۵	گنبد ۱۵	مرکزی	تقریباً دایره ای	تابوتی	نامتقارن، نابالغ، فعال	D	N-S
۱۶	گنبد ۱۶	شمال	بیضی نامتقارن	لویبایی	تقریباً بالغ و فعال	A	W-E
۱۷	گنبد ۱۷	مرکزی	بیضی نامتقارن	مرکب	نیمه بالغ و فعال	A	N-S
۱۸	گنبد ۱۸	جنوب غربی	دایره ای	مرکب	مقارن، فعال	A	W-E
۱۹	گنبد ۱۹	جنوب غربی	بیضی شکل	مرکب	نامتقارن، بالغ اندکی فعال	D	W-E
۲۰	گنبد ۲۰	غربی	دایره ای	مرکب	نامتقارن، فعال	A	W-E

آنها در ردیف گنبد‌های فعال و نیمه فعال قرار می‌گیرند تنها گنبد غیر فعال منطقه گنبد شماره ۴ می‌باشد (شکل ۷). این گنبد دوران فعالیت خود را طی نموده و از نظر اشکال ژئومورفولوژیکی مشخصات یک گنبد تکامل یافته را دارد.



شکل ۷. گنبد نمکی شماره (۴) (الف) (تصویر ماهواره ای) (ب) مقطع عرضی همان گنبد

از نظر شکل ظاهری نیز بیشتر گنبد‌های منطقه شکلی مرکب دارند شکل مرکب در اشکال ژئومورفولوژیکی سبب دشواری شناسایی آنها می‌گردد. از بین ۲۰ گنبد شناسایی شده در منطقه ۱۱ مورد، مورفولوژی مرکب دارند به همین دلیل شناسایی آنها به آسانی گنبد‌های جنوب ایران نیست. تنها گنبد منطقه که به گنبد‌های جنوبی ایران شباهت دارد گنبد شماره ۱۰ می‌باشد. این گنبد با دارا بودن شکل تابوتی و منفرد یکی از تپیک ترین گنبد‌های نمکی شناسایی شده در منطقه از نظر ژئومورفولوژیکی می‌باشد (شکل ۸). همچنین گنبد‌های ۱۱، ۱۳ و ۱۵ به گنبد‌های واقعی شباهت بیشتری دارند.

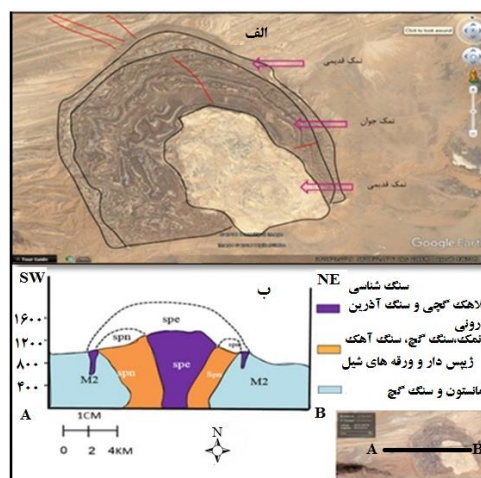


شکل ۸. تصویر ماهواره‌های گنبد نمکی ۱۰ این گنبد تنها گنبد منطقه است که شکلی منظم دارد.

از نظر روند تغییرات بیشتر گنبد‌های نمکی منطقه در حال تغییر می‌باشند فقط گنبد شماره ۴ به دلیل رسیدن به مرحله تکامل تغییرات کمتری را تجربه می‌نماید (شکل ۷). سایر گنبد‌های منطقه با تکامل

ژئومورفولوژی گنبد‌ها

اشکال ناشی از فرایند دیاپریسم نمکی بخش وسیعی از مورفولوژی منطقه را به خود اختصاص می‌دهد در بین اشکال نمکی سهم گنبد‌های نمکی چشمگیر تری باشد (شکل ۴ و ۳). جکسون (۱۹۹۰) گنبد‌های نمکی کویر بزرگ ایران را به ۶ گروه طبقه‌بندی کرده است. گروه A: گنبد‌های ساده با پوشش نازک لایه، گروه B: گنبد‌های ساده با هسته نمک قدیمی، گروه C: گنبد‌ها با هسته نمک قدیمی و پوشش نازک و ناپیوسته از لایه‌های بالایی، گروه D: هسته از نمک جوان و قدیمی و پوشش نازک و ناپیوسته از لایه‌های بالایی، گروه E: هسته از نمک‌های جوان و قدیمی و پوشش نازک و پیوسته‌ای از لایه‌های بالایی، گروه F: هسته از نمک‌های قدیمی و پوششی ضخیم از لایه‌های بالایی تشکیل شده است. گنبد‌های نمکی منطقه مورد مطالعه که در قسمت شمالی کویر بزرگ ایران شکل گرفته اند جزئی از این تقسیم بندی به حساب می‌آیند. در منطقه مورد مطالعه تعداد ۲۰ گنبد نمکی شناسایی شد (جدول ۱ و شکل ۴). از نظر پراکنندگی جغرافیایی بیشتر آنها در جنوب، شمال خاوری و مرکز منطقه شکل گرفته و از نظر ارتفاع، میزان فعالیت، شکل ظاهری، تکامل و شکل هندسی با یکدیگر متفاوت می‌باشند. به طوریکه گنبد ۱۱ (شکل ۴ و ۵) با ۸۲۰ متر ارتفاع کمترین و گنبد شماره ۵ با ۱۲۰۰ متر بیشترین ارتفاع را دارند (شکل ۶).



شکل ۶. گنبد (۵) (تصویر ماهواره ای الف) (گوگل ارض ۲۰۱۶) و نیمرخ عرضی (ب)

از نظر میزان فعالیت به دلیل قرار گرفتن گنبد‌های نمکی منطقه در معرض فعالیت‌های تکتونیکی بیشتر



شکل ۱۰. دو نمونه از دیوارهای نمکی منطقه مورد مطالعه

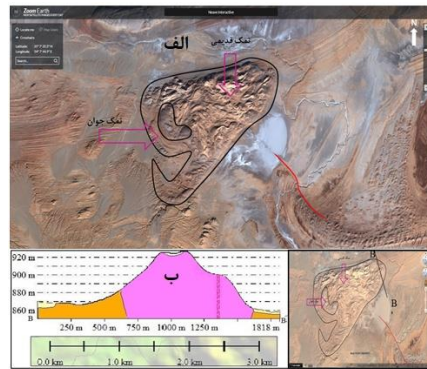
کارست های نمکی

پس از شکل گیری گنبد های نمکی فرایند های مختلف فرسایشی با انحلال نمک و باقی گذاشتن سازندهای سخت اشکال متنوعی را به وجود می آورند که به آنها کارست نمکی گفته می شود در بین کارست های نمکی منطقه کارن های نمکی از تنوع بیشتری برخوردار می باشند اما به دلیل فرسایش پذیری بالا دوام زیادی ندارند و سهم آنها در ناهمواری های منطقه مورد مطالعه ناچیز جلوه می نماید. دولین های نمکی به دلیل مقاومت بیشتر در برابر فرایندهای فرسایشی نمود بیشتری در مورفولوژی نمکی منطقه دارند.

دولین ها از نظر شکل ظاهری به شش نوع انحلالی، ریزشی، پوششی، فرونشستی، پر شونده و دفنی تقسیم می شوند (Waltham et al., 2005). دولین های نمکی منطقه شباهت زیادی به دولین های سقوپی و انحلالی دارند (شکل ۱۱ الف). بر خلاف دولین های آهکی مقدار آب موجود در دولین های نمکی قابل توجه نیست. همچنین از نظر پایداری، به دلیل مقاومت کمتر نمک نسبت به آهک در برابر عوامل فرسایشی دوام کمتری دارند اما در بین کارست های نمکی از دوام بیشتری برخوردار می باشند (مقامی مقیم، ۱۳۹۹).

پونورهای نمکی از اشکال کارست نمکی دیگر هستند که در منطقه به وفور قابل مشاهده می باشند. پونور های نمکی منطقه در سازندهای تبخیری و مارن های منطقه شکل گرفته و نقش عمده ای در انتقال آب به سفره های زیر زمینی دارند (مقامی مقیم، ۱۳۹۹). در کارست های آهکی گسترش افقی پونورها منجر به شکل گیری غار و گسترش عمودی آنها منجر به شکل گیری جاهای کارستی می شود. به دلیل ناپایداری نمک

خود فاصله زیادی دارند. از نظر شکل هندسی بیشتر گنبد های نمکی منطقه بیضی شکل هستند. گنبد نمکی شماره ۳ با دارا بودن شکل مثالی بهترین شکل هندسی گنبد ها را از نظر ریخت شناسی به خود اختصاص داده است (شکل ۹).



شکل ۹. الف) تصویر ماهواره ای (ب) پروفیل رسم شده از گنبد شماره ' (منبع: الف گوگل زوم ۲۰۱۶، ب فیض آبادی، ۱۳۹۵)

تاقدیس نمکی

تاقدیس های نمکی شامل پشته ها و موج های نمکی، دارای مقطع عرضی متقارن با یک ریشه دوجوهی و سقف تاق دار هستند. از نظر ابعاد فیزیکی وسیع ترین اشکال ژئومورفولوژیکی ناشی تکتونیک نمکی در منطقه محسوب می شوند در اغلب آنها نمک توسط لایه های رسوبی پوشانده شده اما در برخی از آنها لایه نمک در اثر فرسایش در سطح ظاهر شده است. تاقدیس نمکی جنوب معلمان (شکل ۲) یکی از بزرگترین تاقدیس های منطقه می باشد وجود لایه های نمکی در برخی از قسمت های آن، این تاقدیس را در ردیف تاقدیس های نمکی قرار می دهد. همچنین تاقدیس دلازیان در شمال و تاقدیس شرقی کوه گوگرد در قسمت غربی منطقه تاقدیس نمکی می باشند اما حجم زیاد روباره ها هویت نمکی بودن آنها را تحت تأثیر قرار داده است.

دیوار نمکی

بالا آمد طولی نمک به صورت ناهماهنگ با ردیف موازی را دیواره های نمکی می گویند (شکل ۱۰). به دلیل ماهیت فرسایش پذیری بالای نمک، دیوارهای نمکی اغلب در زیر رسوبات مدفون هستند اما برخی از آنها ممکن است در اثر وقوع سیلاب در سواحل دره ها، صفحه گسل ها و محل احداث جاده ها و فعالیت های انسانی در سطح زمین ظاهر شوند.

یخچال‌های نمکی به صورتی انبوه در نوک و یا در دامنه‌های پر شیب گنبد‌های نمکی شکل می‌گیرند در آن دسته از گنبد‌های نمکی منطقه که روباره‌ها فرسایش یافته‌اند نمک‌ها ظاهر شده در دراز مدت در اثر هوازدگی تخریب شده بر اساس وزن نمک و شیب گنبد نمکی جابجا می‌شوند با کاهش شیب روی هم انباشته شده یخچال‌های نمکی را به وجود می‌آورند یخچال‌های نمکی به خاطر شباهت سطحینمکه یخ و جابجایی آن به این نام شهرت دارند (رجبی و شیرازی طرزم، ۱۳۸۸). وگرنه سایر مشخصات یخچال در آنها نمود عینی ندارد.



شکل ۱۲. دو نمونه از اشکال هیدرولوژیکی منطقه (الف دره نمکی، ب یخچال نمکی)

چشمه‌های نمکی

چشمه‌های نمکی جریانان کوتاه، با دبی کم و از نظر کیفی شور می‌باشند که در پای گنبد‌های نمکی و بستر رودخانه‌ها و دره‌ها در سطح زمین ظاهر می‌شوند دبی کم و وجود ذرات کلرید کلسیم و منیزیم در آب آنها نشانه تغذیه آنها از گنبد‌های نمکی می‌باشد. بیشتر این چشمه‌ها در شمال غربی منطقه در سطح زمین ظاهر و با پیوستن به یکدیگر دره‌های نمکی را تشکیل می‌دهند. چنانچه چشمه‌های نمکی در مکانی ظاهر شوند که از دهکشی مناسبی برخوردار نباشد در دراز مدت به دولین نمکی تبدیل می‌شوند (شکل ۱۱الف). آب این چشمه‌ها از طریق نفوذ آب در درز شکافها، پونورهای نمکی (شکل ۱۱ب) به داخل سفره‌های کم

این پدیده در پونورهای نمکی کمتر اتفاق می‌افتد پونورهای منطقه بیشتر از نوع ترک‌های توسعه یافته و درزه باریک می‌باشند (شکل ۱۱ب).

هر چند از پولیه‌ها به عنوان سنبول سرزمین‌های کارستی یاد می‌شود (مقامی مقیم، ۱۳۹۷) اما به دلیل فعالیت‌ها و پیچیدگی‌های زمین‌ساختی پولیه‌های نمکی نقش قابل توجهی در مورفولوژی منطقه مورد مطالعه ندارند.



شکل ۱۱. دو مورد از کارست‌های نمکی منطقه مورد مطالعه (الف دولین نمکی، ب پونور نمکی)

اشکال نمکی ناشی از فرایندهای هیدرولوژیکی دره‌های نمکی

از نظر مطالعات ژئومورفولوژیکی دره‌های نمکی از دیدگاه کارست‌های نمکی هم قابل مطالعه می‌باشند اما از آنجایی که در دره‌های نمکی منطقه برونزد نمک کم و دبی آب پایین است اشکال تپیک کارستی کمتری در آنها شکل گرفته به همین دلیل بهتر است دره‌های نمکی منطقه از دیدگاه اشکال هیدرولوژیکی نمکی مطالعه شوند. دره‌های نمکی بر اثر نفوذ آب در گنبد‌ها و لایه‌های نمکی و انحلال آنها به وجود می‌آیند (مقامی مقیم، ۱۳۹۹).

به دلیل سست بودن سازند‌های تشکیل دهنده منطقه، این دره‌ها از نظر شکل ۷ شکل، کوتاه و پر پیچ و خم و از نظر مقدار آب خشک و فصلی می‌باشند (شکل ۱۲الف).

یخچال‌های نمکی

یخچال‌های نمکی اشکال هیدرولوژیکی نمکی دیگری می‌باشند که در منطقه مشاهده می‌شوند (شکل ۱۲ب).



خاوری در شمال منطقه و گسل احتمالی سرکوبیر در جنوب آن سبب شکستگی‌ها و درز و شکاف‌هایی شده که نمک از طریق آن‌ها به لایه‌های بالایی نفوذ و سبب شکل‌گیری ناهمواری‌های نمکی در این قسمت از ایران شده است. علاوه بر فعالیت گسل‌ها، تغییرات سطحی ایجاد شده شامل بهم‌ریختگی‌های ناحیه‌ای سطحی، چرخش امتداد ساختارهای ایجاد شده و شکستگی‌های سطحی مربوط به بالاآمدگی نمک نیز در این زمینه تأثیر گذار بوده است؛ این تغییرات که با ویژگی رفتار نمک و حرکت آن به سمت بالا قابل توجیه است در شکل‌گیری اشکال نمکی این منطقه موثر بوده است. پس از بالا آمدن گنبد‌های نمکی تحت تأثیر فعالیت‌های زمین‌ساختی و ساختار نمک، عناصر آب و هوایی و فرایندهای هیدرولوژی تغییراتی را در آنها ایجاد نموده و اشکال ثانویه را به وجود آورده‌اند که در غالب کارست‌های نمکی مورد بررسی قرار گرفت. عوامل و فرایندهای نامبرده از نظر ژئومورفولوژیکی اشکال نمکی متنوعی را سبب شده که از نظر مکانیزم‌های شکل‌گیری می‌توان آنها را در سه گروه اشکال ساختمانی، کارست‌های نمکی و اشکال نمکی ناشی از فرایندهای هیدرولوژیکی طبقه‌بندی نمود.

در بین اشکال ساختمانی گنبد‌های نمکی بیشتر مساحت منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص می‌دهند تأثیرات تکتونیک و فرایندهای فرسایشی سبب تنوع در شکل آنها شده است، به گونه‌ای که آندسته از گنبد‌های نمکی منطقه که ساخت‌های نمکی آنها دایره‌ای شکل است، جوان، فعال و در مراحل اولیه تکاملی می‌باشند گنبد‌های (۱۸-۱۵-۱۴-۱۳-۱۲-۱۱-۱۰-۹-۵). بیشتر گنبد‌های منطقه در این گروه قرار می‌گیرند. گنبد‌هایی که ساخت‌های نمکی بیضی شکل و الگوی خطی دارند ساخت‌هایی پیر، غیرفعال و در مراحل آخر تکاملی می‌باشند گنبد‌های (۱۹-۸-۷-۶-۴). شکل الگوی خطی در گنبد‌های (۱-۲-۳-۴-۶-۷-۸-۱۶-۱۷)، نشان از نقش کنترلی ساختارهای تکتونیک به خصوص گسل‌های تروود و سرکوبیر بر شکل ناهمواری‌های نمکی منطقه دارد. برآمدگی‌های موفولوژیکی مربوطه نیز ناشی از عملکرد ساختارها خواهد بود؛ اما، در مورد دی‌پایریسم نقطه‌ای (گنبد‌های ۳-۵-۹-۱۰-۱۴-۱۶) دو حالت پیش می‌آید: یا تک دی‌پایریسم داریم که

عمق تغذیه و هر جا شرایط فراهم شود در سطح زمین ظاهر می‌شوند.

نمک‌سار یا آبشار نمکی

برجستگی گسترده‌ای از جریان نمک از بخشی از سطح زمین به خصوص مناطق پر شیب به مناطق کم شیب می‌باشد این پدیده یکی از کمیاب‌ترین اشکال تکتونیک نمکی است نمک‌سارها در بستر رودخانه‌ها، گنبد‌های نمکی پر شیب و تراست‌های رودخانه‌ای مشاهده می‌شوند و برخلاف آبشارهای رودخانه‌ای دوام چندانی ندارند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- آبشار نمکی در منطقه مورد مطالعه (منبع: درمحمدی، ۱۳۹۶، به نقل از مرادان، ۱۳۶۹)

پولیگون‌های نمکی

پولیگون‌های نمکی اشکال چند ضلعی هستند که در اثر هوازگی آب شکافی در مناطق خشک بوجود می‌آیند و در اثر جذب رطوبت نرم و با از دست دادن آن تقلیل حجم می‌دهند که سبب بوجود آمدن شکاف‌های چند ضلعی در آن می‌شود (زمردیان، ۱۳۹۴). ابعاد این چند ضلعی‌ها در منطقه ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر می‌باشد به دلیل نا آرامی‌های زمین‌ساختی پولیگون‌های نمکی منطقه نامنظم می‌باشند. در بین اشکال نمکی کوچکترین اشکال ژئومورفولوژیکی ناشی از تکتونیک نمکی پولیگون‌های نمکی می‌باشند.

بحث

مطالعه فرایندها و اشکال ناشی از دی‌پایریسم نمکی در جنوب استان سمنان نشان داد، بر اساس شواهدی چون تکرار دوره‌های نمک، ژپیس، مارن و رس نمک‌دار در لایه‌های رسوبی منطقه می‌توان از نظر سنی اشکال نمکی این منطقه را به دوره میوسن نسبت داد. از نظر مکانیزم‌های موثر در شکل‌گیری اشکال نمکی منطقه می‌توان گفت علاوه بر دی‌پایریسم و عملکرد نمک، وجود گسل‌های تروود با جهت شمال باختری جنوب

بخشی دیگر از اشکال نمکی منطقه در اثر فرایندهای هیدرولوژیکی شکل گرفته‌اند. این اشکال شامل آبشارهای نمکی، دره‌های نمکی، چشمه‌های نمکی و یخچال‌های نمکی می‌باشند.

اشکال هیدرولوژیکی مناطق نمکی با مناطق غیر نمکی تفاوت‌های زیادی دارند در منطقه مورد مطالعه دره‌ها ۷ شکل، با دبی کم و از نظر آبدهی فصلی می‌باشند، آبشارهای نمکی فقط از نظر ظاهری شبیه آبشار بوده به جای آب نمک جابجا می‌شود و چشمه‌های نمکی بر خلاف چشمه‌های کارستی دبی کمتری دارند.

در اثر تعامل فرایندهای ذکر شده اشکال متنوع نمکی در منطقه شکل گرفته و توپوگرافی ویژه‌ای به آن بخشی ده که این توپوگرافی سبب متمایز شدن ژئومورفولوژی منطقه از سرزمین‌های مجاور شده است.

نتیجه‌گیری

اشکال ژئومورفولوژیکی ناشی از فرایند دیپایریسم نمکی جنوب استان سمنان در سه گروه اشکال ساختمانی، کارست‌های نمکی و اشکال ناشی از فرایندهای هیدرولوژیکی مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج زیر از این مطالعه حاصل شد.

- بخش قابل توجهی از منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر فرایند دیپایریسم نمکی قرار دارد به همین دلیل اشکال ناشی از این فرایند وسعت بیشتری از مورفولوژی منطقه را به خود اختصاص می‌دهند.

- در شکل‌گیری اشکال نمکی منطقه فرایندهای تکتونیکی منطقه به خصوص گسل‌های تروود و گسل احتمالی سرکوپر، ساختار نمک و فعالیت‌های آتشفشانی نقش ایفا نموده‌اند.

- در بین اشکال ساختمانی ناشی از دیپایریسم نمکی، گنبدهای نمکی فراوان‌ترین و تاقدیس‌های نمکی وسیع‌ترین و دیوارهای نمکی کمیاب‌ترین اشکال محسوب می‌شوند.

- در اثر انحلال نمک و باقی ماندن سازندهای سخت اشکال کارست نمکی منطقه شکل گرفته است. هر چند در کارست‌های آهکی کارن‌ها متنوع‌ترین اشکال کارستی به حساب می‌آیند ولی در کارست‌های نمکی دلیل فرسایش پذیری بالا سهم آنها در ناهمواری‌های منطقه مورد مطالعه ناچیز جلوه می‌نماید.

جدا از بقیه است و به صورت جداگانه به سطح راه یافته است که در این صورت در کنترل ساختارهای تکتونیکی نیست، بلکه خود ساختارها را می‌سازد (مانند گسل‌های شعاعی). و یا تک دیپایریسم هستند که در کنار یکدیگر الگوی خطی می‌سازند و قاعدتاً با مورد فوق که الگوی خطی دارند، در ارتباط است؛ در این صورت در مرحله‌ای از تکامل منطقه، الگوی خطی برآمدگی‌ها وجود داشته است.

پس از گنبدهای نمکی، تاقدیس‌های نمکی نقش مهمی در مورفولوژی منطقه ایفا می‌نمایند. تاقدیس‌های نمکی وسیع‌ترین اشکال نمکی منطقه می‌باشند که در اثر فعالیت‌های تکتونیکی منطقه به خصوص گسل تروود و گسل احتمالی سرکوپر شکل گرفته‌اند. تاقدیس جنوبی معلمان به عنوان یکی از بزرگترین تاقدیس‌های نمکی منطقه از برجسته‌ترین اشکال نمکی منطقه محسوب می‌شود. هسته اصلی این تاقدیس از نمک تشکیل شده اما به دلیل حجم زیاد روباره‌ها نمک زیادی نمایان نیست فقط در قسمت‌هایی از این تاقدیس که عوامل فرسایشی با شدت بیشتری عمل نموده‌اند نمک‌ها در سطح این تاقدیس ظاهر شده و در اثر انباشت نمک یخچال‌های نمکی را به وجود آورده است. همچنین تاقدیس دلازیان در شمال و تاقدیس شرقی کوه گوگرد در قسمت غربی منطقه تاقدیس نمکی می‌باشند اما حجم زیاد روباره‌ها هویت نمکی بودن آنها را تحت تأثیر قرار داده است. دیوارهای نمکی نیز بخش دیگری از اشکال تکتونیک نمکی منطقه را به خود اختصاص می‌دهد دیوارهای نمکی منطقه در کناره‌های دولین‌ها، پونورها و یال دره‌های منطقه مورد مطالعه شکل گرفته‌اند.

اشکال ناشی از کارست‌های نمکی بخش مهمی از مورفولوژی منطقه را به خود اختصاص می‌دهند این اشکال شامل کارن‌ها، دولین‌ها و پونورهای نمکی می‌باشند. هر چند مکانیزم شکل‌گیری کارست‌های نمکی شبیه کارست آهکی است اما به دلیل مقاومت کمتر نمک دوام این نوع کارست قابل مقایسه با کارست‌های آهکی نیست.

در بین کارست‌های منطقه کارن‌ها فراوانترین، دولین‌ها تپیک‌ترین و پولیه‌ها کمیاب‌ترین اشکال کارست نمکی منطقه محسوب می‌شوند.



- آبخیزهای نمکی برجستگی گسترده‌ای از جریان نمک از بخشی از سطح زمین به خصوص مناطق پر شیب به مناطق کم شیب می‌باشد که در بستر رودخانه‌ها، گنبد‌ها و تاقدیس‌های نمکی پر شیب مشاهده می‌شوند و برخلاف آبخیزهای رودخانه‌ای دوام چندانی ندارند.

- مطالعات میدانی نشان دهنده این است که محدوده مورد مطالعه جزو معدود مناطق ایران است که اشکال ناشی از دی‌پایریسم نمکی نقش اصلی و تعیین کننده در مورفولوژی آن دارد.

منابع و مأخذ

- احتشام زاده، م.، ۱۳۶۹. «گنبد‌های ترکیبی نمک جنوب سمنان (کویر نمک) و مکانیسم تشکیل آنها، ج ۱، در مجموعه مقالات سمپوزیوم دی‌پایریسم با نگرش ویژه به ایران، وزارت معادن و فلزات. ص ۳۳۴-۳۲۷

- احمدزاده هروی، م.؛ هوشمندزاده، م.؛ نبوی، ح.، ۱۳۶۹. مفهوم جدید از هرمز وستون چینه شناسی در گنبد‌های نمکی جنوب ایران، سمپوزیوم دی‌پایریسم با نگرش ویژه به ایران، وزارت معادن و فلزات.

- ارفع نیا، ر. صفایی، ه.، ۱۳۸۴. دی‌پایریسم نمک در حوضه کلوت، شمال شرق اردکان مجله علوم زمین، جلد ۱۴، شماره ۵۶، ص ۲۵ - ۱۶.

- پور کرمانی، م.؛ آرین. م.، ۱۳۷۷. گنبد‌های نمکی ایران مرکزی، مجله علوم انسانی سیستان و بلوچستان، بهار و تابستان، شماره ۶، ص ۴۱-۳۰

- درمحمدی، م.، ۱۳۹۶. ارزیابی ارزش ژئوتوریستی ژئومورفوسایت‌های مناطق خشک و بیابانی (مطالعه موردی: گنبد‌های نمکی استان سمنان)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه سمنان، دانشکده کویر شناسی.

- درویش زاده، ع.، ۱۳۸۶. گنبد‌های نمکی و زمین شناسی حوضه خلیج فارس، رشد آموزش زمین شناسی، شماره ۳۱، ص ۷، زمستان.

- رامشت، م. ح.؛ غازی، ا.؛ معیری، م.؛ فتوحی، ص.، ۱۳۸۶. تأثیر گنبد‌های نمکی در شوری آب‌های پلایای داراب، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)، شماره ۲۷،

- بر خلاف کارن‌ها دولین‌های نمکی به دلیل مقاومت بیشتر در برابر فرایندهای فرسایشی نمود بیشتری در مورفولوژی منطقه دارند. برخلاف دولین‌های آهکی مقدار آب موجود در دولین‌های نمکی قابل توجه نیست. هر چند از نظر پایداری، به دلیل مقاومت کمتر نمک نسبت به آهک در برابر عوامل فرسایشی دولین‌های نمکی دوام کمتری دارند اما در بین کارست‌های نمکی منطقه مورد مطالعه از دوام بیشتری برخوردار می‌باشند.

- پونوره‌های نمکی از اشکال کارست نمکی دیگر هستند که در منطقه به وفور قابل مشاهده می‌باشند. گسترش افقی پونورها منجر به شکل گیری غار و گسترش عمودی آنها منجر به شکل گیری چاهای کارستی در منطقه خواهد شد.

- هر چند از پولیه‌ها به عنوان سنبول سرزمین‌های کارستی یاد می‌شود. اما به دلیل فعالیت‌ها و پیچیدگی‌های زمین ساختی پولیه‌های نمکی نقش قابل توجهی در مورفولوژی منطقه مورد مطالعه ندارند. اشکال ناشی از فرایندهای هیدرولوژیکی منطقه شامل دره‌ها، یخچال‌ها و چشمه‌های نمکی می‌باشند.

- دره‌های نمکی منطقه اغلب در اثر فعالیت‌های تکتونیکی و فرایندهای فرسایشی و بر اثر نفوذ آب در گنبد‌ها و لایه‌های نمکی و انحلال آنها به وجود آمده‌اند. به دلیل سست بودن سازندهای زمین شناسی منطقه، این دره‌ها از نظر شکل ۷ شکل، از نظر طول کوتاه و پر پیچ و خم و از نظر مقدار آب اغلب فصلی بوده هستند.

- یخچال‌های نمکی به صورتی انبوه در نوک و دامنه‌های پر شیب گنبد‌های نمکی شکل می‌گیرند در آن دسته از گنبد‌های نمکی منطقه که روباره‌ها فرسایش یافته‌اند نمک‌ها ظاهر شده در درازمدت در اثر هوازگی تخریب شده بر اساس وزن نمک و شیب گنبد نمکی جابجا می‌شوند با کاهش شیب روی هم انباشته شده یخچال‌های نمکی را به وجود می‌آورند. - چشمه‌های نمکی جریانان کوتاه، با دبی کم و از نظر کیفی شور می‌باشند که در پای گنبد‌های نمکی در شمال غربی منطقه در سطح زمین جریان دارند دبی کم و وجود ذرات کلرید کلسیم و منیزیم در آب آنها نشانه تغذیه آنها از گنبد‌های نمکی می‌باشد.



- ص ۱۴۴-۱۲۹.
- معیری، م. ۱۳۸۶. منشأ تشکیل گنبد‌های نمکی در ایران، مجله فضایی جغرافیایی، سال هفتم، شماره ۱۷، ص ۶۰-۲۹.
- معیری، م. و موسوی، ح. ۱۳۸۷. بررسی و تحلیل آثار ژئومورفولوژی گسل ترود. مطالعات برنامه ریزی سکونتگاه های انسانی (چشم انداز جغرافیایی)، ۳(۷)، ۱۵۹-۱۷۶.
- مقامی مقیم، غ. ر. ۱۳۹۵. طبقه بندی اشکال کارستی حوضه درپرچین براساس مدل های سویچ، والتهام، هراک و کماتینا، نشریه جغرافیا و توسعه ناحیه ای، (۱) ۱۴ ص ۲۲۳-۲۰۷.
- مقامی مقیم، غ. ر. ۱۳۹۹. مطالعه تأثیرات دیپایریسم نمکی در ژئومورفولوژی شمال شرقی شهرستان شاهرود. مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۳۶(۱۰)، ص ۳۰-۱۵.
- Cramez C. 2006. Short Course on Salt Tectonics. Universidade Fernando Pessoa. Porto, Portugal. <http://homepage.ufp.pt/biblioteca/SaltTectonics/WebSaltTectonics/Index.html> 2015/8/12
- Folle, S. 2006. "Middle Salt Deposits-distribution and Potential Use." *Solution Mining Research Institute*, Technical Meeting Brussels, Belgium.
- Gansser, A. 1955. "New aspects of the Geology in Central Iran." *proceedings of forth World petroleum congress.*, Rome, section 1/A/5.
- Harding Rachel, Huuse Mads, 2015 Salt on the move: Multi stage evolution of salt diapirs in the Netherlands North Sea, Marine and Petroleum Geology, 61 , 39-55
- Jackson, M. P. A., Cornelius, R. R. Craig, C. H. Gansser, A., Stocklin, J., Talbot, C. J. 1990. «Salt diapirs of the Great Kavir, Central Iran.» *Geological Society of America.*, Texas: University of Texas.
- Pilgrim, G. E. (1908). "The geology of the Persian Gulf and the adjoining portion of Persia and Arabia." *Mem. Geol. Surv.*, Vol. 34, No. 4, pp. 1-177, India.
- Kent, P. E. 1978. "Middle East-the Geological Background." *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology.*, Vol. 11, pp. 1-7.
- Kent, P. E. 1958. "Recent Studies of South Persian Salt Plugs." *American Association of Petroleum Geologists Bulletin.*, 42, (12), 2951-2979.
- Lindsay, J. F. 1977. "Salt tectonism and the evolution of the Sigsbee Scarp, Gulf of Mexico." *Tectonophysics.*, Vol. 39, pp. 607-619.
- ص ۱۴۴-۱۲۹.
- رجبی، م. شیرازی طرزم، ع. ۱۳۸۸. تکنونیک نمکی و آثار ژئومورفولوژیکی آن در آذربایجان، مطالعه موردی گنبد‌های نمکی شمال غرب تبریز، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۱۶، ص ۷۰-۴۷.
- رضایی، خ.؛ نظام وفا، ن.؛ نوروزی، ن.؛ نظام وفا، س. ۱۳۹۱. بررسی پتانسیل سازندها در ترشیری ایران مرکزی برای احداث مخازن گاز طبیعی، فصلنامه زمین شناسی کاربردی، سال ۸، شماره ۱، ص ۵۰-۳۵.
- زمانی، ب. جلیل پور، م. مؤید م. فریدی، م. ۱۳۹۲. بررسی ساختاری گنبد نمکی خواجه در شمال‌خاوری تبریز با هدف ارزیابی امکان‌پذیری ذخیره‌سازی گاز و مدل‌سازی تحلیلی دیپایریسم، نشریه علوم زمین، زمستان ۹۳، سال بیست و چهارم، شماره ۹۴، صفحه ۲۱۷ تا ۲۲۶.
- زمردیان، م. ج. ۱۳۹۲. ژئومورفولوژی ایران فرایندهای اقلیمی و دینامیک‌های بیرونی جلد (۲) انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد چاپ هفتم.
- زمردیان، م. ج. ۱۳۹۴. مبانی ژئومورفولوژی (۲) کلیماتیک ژئومورفولوژی، ژئومورفولوژی اقلیمی و دینامیک بیرونی، انتشارات جهاددانشگاهی مشهد.
- ساری صراف، ب.؛ شفیعی، ا.؛ نقی زاده، د. ۱۳۸۶. آمایش سرزمین دامنه‌های جنوبی قوشه داغ، با تأکید بر نقش هیدروگرافی گنبد‌های نمکی، فصلنامه فضای جغرافیایی، شماره ۱۸، ص ۱۳۵-۹۵.
- سازمان هواشناسی ایران، اداره کل هواشناسی استان سمنان، آمار متوسط بارش و دما (۱۴۰۰-۱۳۸۶)
- فیض آبادی، م. ۱۳۹۵. مطالعه رابطه تکتونیک - دیپایریسم در جنوب غرب معلمان، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی، دانشگاه دامغان، دامغان، شهریور.
- مدنی، ح. ۱۳۹۴. زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک، چاپ شانزدهم، جهاددانشگاهی واحد اصفهان، اصفهان.
- مریدی، ع. ۱۳۶۹. بررسی دیپایریسم گنبد نمکی جنوب سمنان (حاشیه شمالی کویر ایران مرکزی)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران، تهران، ص ۱۱۱.



- Ramberg, H. (1981). "Gravity, Deformation & the Earth's Crust in Theory, Experiments & Geological Application (2nd edn.). " Academic Press., London.
- Robert E., Little, J. 2000. «An Investigation of a Salt-dome Environment at South Timbalier 54, Gulf Mexico.»A Thesis Submitted to the Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in the Department of Geology and Geophysics.
- Talbot,C. J1979.Flood train in a glacier of salt in southern Iran, journal of Structural Geology,1, 5-18
- Waltham, F. Bell, M. Culshaw2005 Sinkholes and Subsidence, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, New York((Ed.) 382 pp.