

## طبقه‌بندی و تحلیل ویژگی‌های کمی گنبد‌های نمکی شمال غرب ایران از نظر ساختار

معصومه رجیبی<sup>۱</sup>

علی شیرازی طرزوم<sup>۲</sup>

### چکیده

در شمال غرب ایران بیش از ۵۰ گنبد نمکی با سن نئوژن وجود دارد که ۴۸ گنبد دارای ابعاد قابل اندازه‌گیری هستند. یکی از معیارهایی که می‌توان براساس آن گنبد‌های نمکی شمال غرب ایران را طبقه‌بندی نمود، ویژگی‌های ساختاری بروزدهای نمکی منطقه می‌باشد. در این مقاله گنبد‌های نمکی شمال غرب ایران با توجه به ویژگی‌های ساختاری به دو گروه گنبد‌های با ساختار تک شیب و گنبد‌های با ساختار طاق‌دیسی تقسیم شده‌اند، ابتدا نمودار پراکنش، خط رگرسیون، نوع و مقدار همبستگی بین پارامترهای مورفومتری هر گروه مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است، سپس پارامترهای هر گروه با گروه دیگر با هم مقایسه شده است. بررسی پارامترهای مورفومتری گنبد‌ها نشان می‌دهند که گنبد‌های نمکی تک‌شیب نسبت به گنبد‌های نمکی طاق‌دیسی دارای مساحت، دایره‌واری و ارتفاع کم‌تر ولی ضریب کشیدگی و ضریب برافراشتگی بیش‌تری هستند. همچنین گنبد‌های تک‌شیب یا روی گسل‌ها و یا در فاصله کمی از گسل‌ها قرار دارند، بنابراین گنبد‌های تک شیب نسبت به گنبد‌های طاق‌دیسی، بیشتر تحت تاثیر گسل‌ها هستند.

**واژگان کلیدی:** شمال غرب ایران، گنبد نمکی، طاق‌دیس، تک‌شیب، گسل، پارامترهای مورفومتری.

۱- استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز.

۲- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تبریز.

## مقدمه

از جمله اشکال حاصل از دی‌پیرسم نمکی، گنبد‌های نمکی هستند. گنبد‌های نمکی یکی از اسرارآمیزترین پدیده‌های زمین‌شناسی و مورفولوژیکی در دنیا به‌شمار می‌روند (ادیب‌پور و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۵) و علاوه بر این که نقش بسیار مهمی در تشکیل اشکال ژئومورفولوژیکی نقاط مختلف سطح جهان دارند، منبعی برای عناصر فلزی سنگین مثل اورانیوم، سرب و روی (غضبان، ۱۳۶۹: ۱۸۹)، عناصر غیرفلزی مثل گوگرد و پتاس (مومن‌زاده و حیدری، ۱۳۶۹: ۱۱۸) و هیدرو کربن‌ها هستند (جنیون<sup>۳</sup>، ۱۹۸۶: ۱۸۱).

زمردیان (۱۳۸۱: ۱۸۹) نواحی دی‌پیرسم نمکی ایران را به چهار ناحیه جنوب، زاگرس مرتفع، ایران مرکزی و شمال غرب تقسیم کرده است، که در این میان گنبد‌های نمکی جنوب ایران به‌خاطر وجود منابع معدنی و هیدروکربنی، برای پژوهشگران داخلی و خارجی، قابل توجه بوده و کارهای تحقیقی زیادی از نظر زمین‌شناسی اقتصادی و تکتونیکی روی آن‌ها انجام گرفته است.

در تمامی کتاب‌های زمین‌شناسی ساختمانی<sup>۱</sup> مدنی (۱۳۶۹)، بیلینگز<sup>۲</sup> (۱۳۸۷) و...<sup>۴</sup> فصلی با موضوع گنبد‌های نمکی آورده شده و در آن اصول و مبانی نظری در رابطه با گنبد‌های نمکی به‌طور اجمال مطرح شده است. بحث‌های تخصصی‌تر در مقالات متعددی به زبان‌های فارسی<sup>۵</sup> "درویش‌زاده (۱۳۶۹)، داودزاده (۱۳۶۹) و..." و لاتین<sup>۶</sup> "کنت" (۱۹۸۶)، لرج و اوبرین<sup>۶</sup> (۱۹۸۶) و...<sup>۷</sup> و کتاب‌های تخصصی مثل تکتونیک نمکی جنیون (۱۹۸۶)، زمین‌شناسی دینامیکی نمک و ساختارهای مربوطه لرج و اوبرین (۱۹۸۷) و... آمده است. در بیش‌تر این

1- Jenyon

2-Billings

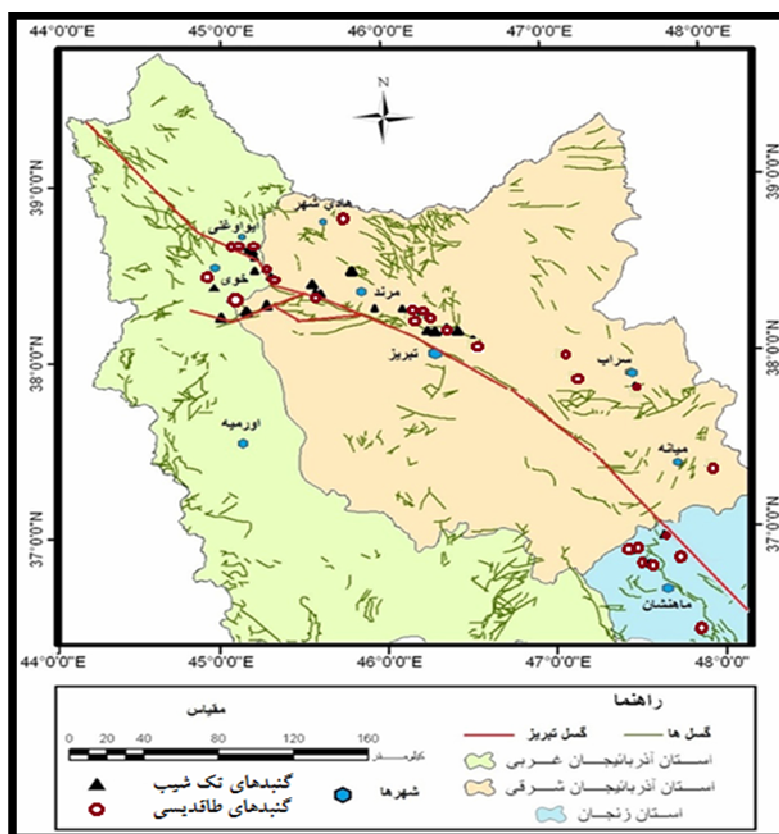
3-Kent

4-Large and Obrien

منابع که ذکر همه آن‌ها امکان‌پذیر نیست، در مورد گنبد‌های نمکی ایران به‌ویژه گنبد‌های نمکی جنوب با موضوعات مختلف بحث شده و یا به‌عنوان نمونه از آن‌ها ذکر شده است.

در مورد گنبد‌های نمکی شمال غرب ایران آن هم در منابع داخلی فقط به ذکر نامی از آن‌ها اکتفا شده است و تنها دو مورد کار تحقیقی روی آن‌ها انجام گرفته است. رجبی و شیرینی (۱۳۸۸) گنبد‌های نمکی شمال غرب تبریز و اشکال حاصل از آن‌ها را بررسی کرده‌اند. جلیل‌پور (۱۳۹۰) گنبد نمکی خواجه در استان آذربایجان شرقی را از دیدگاه ساختاری بررسی و امکان ذخیره‌سازی گاز طبیعی در این گنبد کنکاش کرده است.

گنبد‌های نمکی شمال غرب در سازندهای تپخیری نئوژن به‌ویژه سازند قرمز بالایی دیده می‌شوند (رجبی و شیرینی، ۱۳۸۸: ۵۲)، که به‌صورت نواری در ادامه ایران مرکزی از منطقه ماهنشان زنجان شروع شده و پس از عبور از شمال تبریز به کوه آرات می‌رسد. گنبد‌های نمکی بیش‌تر در شمال تبریز و میشو غربی قرار دارند، شکل (۱). گنبد‌های نمکی آذربایجان جوان، کوچک و کم عمق هستند (ساکت، ۱۳۸۴: ۶۷)، در مقابل دارای خلوص و تراکم بالایی هستند (شیرینی، ۱۳۸۵: ۱۵۲).



شکل (۱) نقشه محدود تحقیق و توزیع گنبد ها در ارتباط با گسل‌ها

مشاهدات میدانی و بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی نشان می‌دهد ناودیس‌ها در سازند قرمز بالایی نسبت به طاق‌دیس‌ها وسیع‌تر، مرتفع‌تر و دارای محور شیب‌دار بوده، و اغلب توسط گسل‌ها محدود می‌شوند. گنبد‌های روی گسل‌ها، دارای ساختار تک شیب و در ارتباط با ناودیس‌ها هستند. در حالی که گنبد‌های دور از گسل‌ها دارای ساختار طاق‌دیس‌سی بوده و در داخل طاق‌دیس‌ها و تعدادی نیز در داخل ناودیس‌ها قرار دارند. روند کلی رسوبات تبخیری و گنبد‌های داخل آن‌ها منطبق با روند عمومی گسل تبریز است.

بر اساس این ویژگی‌ها، گنبدهای نمکی شمال غرب ایران در محدوده بالای ۳۶ درجه عرض شمالی به دو گروه گنبدهای نمکی با ساختار تک شیب و گنبدهای نمکی با ساختار طاقدیسی طبقه‌بندی و ویژگی‌های کمی دو گروه با هم مقایسه شده است.

### مواد و روش‌ها

گنبدهای نمکی شمال غرب ایران خیلی کوچک هستند، فقط ۸ گنبد نمکی در نقشه‌های زمین‌شناسی نشان داده شده‌اند. به این خاطر برای شناسایی و تطبیق گنبدها با نقشه‌های زمین‌شناسی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای کارهای میدانی زیادی انجام داده و از نزدیک و مستقیماً برخی شاخص‌ها (مختصات جغرافیایی، ارتفاع نسبی، ضخامت لایه‌ها، امتداد محور طولی گنبدها) اندازه‌گیری شد و نوع ساختار گنبدها و چین میزبان و برخی نقاط شاخص برای تطبیق دقیق‌تر گنبدها با تصویر ماهواره‌ای و نقشه‌های زمین‌شناسی و تعیین محدوده گنبدها بر روی آن‌ها با استفاده از GPS، قطب‌نما، متر، دوربین عکاسی، مشخص شدند.

بعد از تطبیق گنبدها با نقشه‌های زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰)، نقشه‌های توپوگرافی (۱:۵۰۰۰۰) عکس‌های هوایی (۱:۵۵۰۰۰ سال ۱۳۳۴ و ۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۳۴۳) و تصویر ماهواره‌ای اسپات (۲۰۰۹) و شناسایی کامل آن‌ها، سایر داده‌های اولیه مثل طول گسل، طول محور چین‌ها و گنبدهای نمکی، ارتفاع نسبی، مساحت، محیط و فاصله گنبدها از گسل تبریز و نزدیک‌ترین گسل استخراج شدند. ضریب کشیدگی، ضریب برافراشتگی، ارتفاع نسبی گنبدهای نمکی و تراکم گسل‌ها به ترتیب با استفاده از روابط  $ER = (Df = Lf / Af, \Delta H = H_{max} - H_{min}, CF = \Delta H / A, L_{max} / L_{min})$  محاسبه شده‌اند که طول محورها،  $A$  مساحت گنبدها به کیلومتر مربع،  $\Delta H$  ارتفاع نسبی به متر،  $H_{ma}$  حداکثر ارتفاع،  $H_{mi}$  حداقل ارتفاع،  $Lf$  مجموع طول گسل‌ها و  $Af$  مساحت اطراف گنبدها در شعاع ۵ کیلومتری می‌باشد. نقشه توزیع گنبدها و گسل‌ها با استفاده از داده‌های کارهای میدانی و نقشه‌های پایه و به کمک نرم‌افزار GIS تهیه شده است.

برای بررسی و تحلیل داده‌ها، گنبدها بر اساس ساختار به دو گروه گنبدهای با ساختار تک شیب و گنبدهای با ساختار طاق‌دیسی تقسیم و داده‌های کمی هر گروه در جدول مشخصات هر گروه آورده شد. نمودار پراکنش، خطرگرسبون، نوع و مقدار همبستگی بین پارامترهای مورفومتری هر گروه با فاصله گسل تبریز، فاصله گسل مجاور و تراکم گسل‌ها در شعاع ۵ کیلومتری با استفاده از نرم‌افزار SPSS مشخص و تحلیل شدند، بعد ویژگی‌های کمی دو گروه با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

### یافته‌ها و بحث

داده‌های مربوط به ویژگی‌های کمی و ساختاری گنبدهای نمکی و گسل‌های منطقه، پس از پردازش و انجام محاسبات لازم در جدول (۱) آورده شده است. برای تحلیل داده‌ها و مشخص شدن نقش گسل‌ها در تشکیل انواع گنبدها و ویژگی‌های کمی آن‌ها، لازم است گنبدهای نمکی طبقه‌بندی شوند. محقق معیارهای مختلفی برای طبقه‌بندی گنبدها به کار برده‌اند. بیش‌تر معیارهای طبقه‌بندی گنبدها بر اساس شکل و ساختار گنبدهای نمکی است، شکل (۲). جکسون و تالبوت (۱۹۹۴: ۱۷۳) ساختارهای نمکی را به چهار گروه تقسیم‌اند:

- ✓ پلاگ یا استوگ‌های نمکی<sup>۷</sup> با مقطع مدور که در واقع طاق‌دیس‌های مدور هستند.
- ✓ ورم‌های نمکی<sup>۸</sup> کشیده که به شکل برآمدگی‌ها و طاق‌دیس‌های کشیده هستند.
- ✓ دیوارها یا دایک‌های نمکی<sup>۹</sup>.
- ✓ زبانه‌های نمکی یا سیل‌های نمکی<sup>۱۰</sup>.

---

5-Pluge

6-Welt

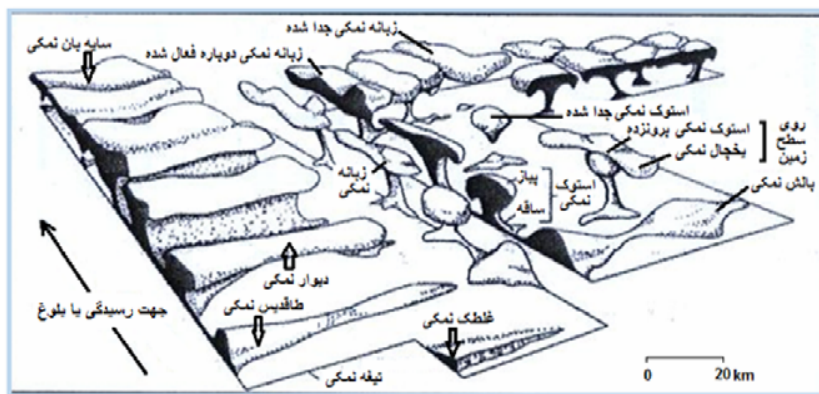
7-wall

8-Tongue

جدول (۱) مشخصات ساختاری و ویژگی‌های کمی گنبد‌های نمکی شمال غرب ایران

ردیف	نام گنبد	نوع چین گنبد	نوع چین میزبان	مساحت $km^2$	ضریب کشیدگی	ارتفاع نسبی m	برافراشتگی $m/km^2$	دایره واری	فاصله از گسل مجاور km	فاصله از گسل تبریز km	تراکم گسل $1/km$	محیط km
۱	ایواوغلی ۱	طاقدیس	ناودیس	۰.۱۲	۱.۱۶	۳۶	۳۰۰	۱.۵	۰	۱.۲۴	۰.۱۴	۱.۱
۲	ایواوغلی ۲	طاقدیس	ناودیس	۰.۲۵	۱.۱۷	۴۴	۱۷۶	۰	۰	۱.۱	۱.۶۶	۱.۶۹
۳	ایواوغلی ۳	طاقدیس	ناودیس	۰.۲	۲.۲	۳۵	۱۷۵	۱.۵	۰	۲.۰۸	۰.۱۶	۱.۱
۴	ایواوغلی ۴	طاقدیس	ناودیس	۱.۱۷۶	۲.۳	۱۰۰	۸۵	۱.۵	۰	۰.۶۴	۰.۲	۴.۷۸
۵	خاک مردان	طاقدیس	ناودیس	۰.۲۱	۲.۶۷	۷۵	۱۷۰۰	۱۲.۳	۴	۱.۵۴	۰.۱۱۴	۱.۲۴
۶	منور	طاقدیس	طاقدیس	۲.۵	۲.۲۵	۲۰.۵	۸۲	۱۲	۰.۵	۰.۸۸	۰.۷	۶.۱۹
۷	هریس	طاقدیس	طاقدیس	۶.۳۸	۱.۱	۷۹	۱۲.۲۸	۴۰	۰	۰.۹۳	۰.۱۲۷	۹.۳
۸	قره‌آغاج ۱	طاقدیس	ناودیس	۰.۴۶۶	۲.۲	۱۰۰	۲۱۴.۵۹	۴۱	۰	۰.۶۹	۰.۰۵۷	۲.۹۱
۹	قره‌آغاج ۲	طاقدیس	طاقدیس	۰.۱۸	۱.۷۵	۶۵	۳۶۱	۴۰	۰	۱.۳	۰.۰۵۷	۱.۳۲
۱۰	شکر بلاغی	طاقدیس	طاقدیس	۲.۴۴	۱.۶	۹۰	۳۶.۸۸	۱۲.۵	۱	۰.۸۵	۰.۲۸	۶
۱۱	امیربیک	طاقدیس	طاقدیس	۰.۱۸	۱.۲۲	۳۳	۶۳	۲	۲.۵	۰.۸۸	۰.۲	۶.۸۶
۱۲	مامان میانه	طاقدیس	طاقدیس	۳.۹	۲.۵	۱۹۰	۴۸.۷	۱۷.۵	۱	۰.۶۶	۰.۰۷۷	۳.۳۹
۱۳	رجل آباد	طاقدیس	ناودیس	۰.۲۴	۱.۰۷	۶۶	۲۷۵	۳۱.۵	۰	۱	۰.۲۸	۱.۵۳
۱۴	دوزدوزان	طاقدیس	طاقدیس	۲.۷۶	۱.۷	۴۸	۱۷.۳۹	۲۹	۳	۰.۸۹	۰.۰۳۲	۶.۲۳
۱۵	چهرآباد	طاقدیس	طاقدیس	۰.۴۷	۱.۰۸	۸۶	۱۸۳	۱۸.۳۶	۰	۱.۳۳	۰.۴۵	۲.۱۱
۱۶	رزمه‌نشان	طاقدیس	طاقدیس	۰.۲۲	۱.۱۵	۱۵۲	۳۱۶.۶۶	۳۷.۷۴	۰	۰	۰.۷۹۵	۱.۴۸
۱۷	ینگچه	طاقدیس	ناودیس	۰.۱۹	۱.۱۴	۴۲	۳۲۱	۳۷.۶	۰	۱	۰.۷۲	۰.۷۵
۱۸	دوز کندی	طاقدیس	طاقدیس	۰.۲۰۴	۱.۱۸	۴۳	۲۱۰.۸	۴۲.۲۵	۰	۱	۰.۳۲	۱.۳۷
۱۹	خواجه	طاقدیس	ناودیس	۱۰.۲	۲	۱۵۵	۱۵.۲	۱۰	۰	۰.۷۹	۰.۴۵	۱۲.۷
۲۰	گنبد سار	طاقدیس	ناودیس	۰.۱۸	۱.۹۷	۸۶	۴۷۸	۱۴	۲	۰.۹۴	۰.۳۱	۱.۵۵
۲۱	ترپ	طاقدیس	ناودیس	۰.۱۷۷	۱.۹۷	۹۰	۵۰.۸	۱۴	۱.۵	۰.۹۳	۰.۳۷	۱.۵۵
۲۲	قابلیق	طاقدیس	طاقدیس	۲.۱	۲.۴	۱۳۳	۶۳.۳۳	۰	۰	۰.۵۶	۰.۱۴۷	۶.۸۶
۲۳	زنجیره	طاقدیس	طاقدیس	۰.۱۹	۱.۸۹	۱۴۵	۱۵۹	۰	۲.۵	۱.۰۷	۰.۱۵۲	۳.۵
۲۴	پیر بالا	طاقدیس	ناودیس	۴	۱.۲۲	۲۸۸	۷۲	۲۰.۵	۲.۵	۰.۸۹	۰.۲۳۹	۴
۲۵	نهند	طاقدیس	طاقدیس	۸.۶۹	۱.۲۸	۳۵۸	۴۱.۲	۱۴.۵	۰	۰.۸۱	۰.۴۸۷	۱۱.۶
۲۶	مزرعه	طاقدیس	طاقدیس	۰.۱۲	۱.۷۴	۲۵	۲۰.۸	۱۰	۰	۱.۰۳	۰.۶۶	۱.۲۱
۲۷	لیوارجان	طاقدیس	طاقدیس	۱۰.۷۸	۲.۲	۸۶	۱۹	۵۷.۵۶	۴	۰.۱۹	۰.۰۵	۳.۷

۰.۲۶۵	۰.۱۹۱	۰.۵	۰	۰	۲۱۶۷	۶	۴	۰.۰۰۳	ناودیس	تکشیب	آق بلاغ ۱	۲۸
۰.۲۷۶	۰.۱۹۱	۰.۴۴	۰	۰	۴۱۵۱	۱۱	۲۸۲	۰.۰۰۳	ناودیس	تکشیب	آق بلاغ ۲	۲۹
۰.۳۳۹	۰.۱۹۱	۰.۸۲	۰	۰	۱۸۷۷	۱۴	۲۰۷	۰.۰۰۷	طاقدیس	تکشیب	آق بلاغ ۳	۳۰
۰.۳۳	۰.۱۹۱	۰.۶۹	۰	۰	۳۵۰۰	۲۱	۲.۵	۰.۰۰۶	طاقدیس	تکشیب	آق بلاغ ۴	۳۱
۰.۳۹۳	۰.۱۹۱	۰.۷۳	۰	۰	۱۷۷۸	۱۶	۱.۴	۰.۰۰۹	طاقدیس	تکشیب	آق بلاغ ۵	۳۲
۰.۲۹۳	۰.۱۹۱	۰.۷۵	۰	۰	۳۳۰۰	۱۶	۱.۸	۰.۰۰۵	طاقدیس	تکشیب	آق بلاغ ۶	۳۳
۰.۴۳۲	۰.۱۹۱	۰.۷۶	۰	۰	۱۵۴۵	۱۷	۲	۰.۰۱۱	طاقدیس	تکشیب	آق بلاغ ۷	۳۴
۰.۶۴۲	۰.۱۹۱	۱.۴۷	۰	۰	۶۰۰	۳۰	۱.۴۷	۰.۰۰۵	طاقدیس	تکشیب	آق بلاغ ۸	۳۵
۲.۶۷۷	۰.۰۶۴	۱.۷۵	۰	۰	۱۹۰	۴۰	۱.۶۲	۰.۲۱	ناودیس	تکشیب	شعبانلو	۳۶
۲.۲۳	۰.۷۶۴	۰.۶۱	۰	۱.۵	۷۷۹	۱۸۷	۱.۲۶	۰.۲۴	ناودیس	تکشیب	شور دره	۳۷
۲.۴۶	۰.۴۵	۲.۶۶	۰	۰.۶	۹۶.۸۷	۱۲۴	۲	۱.۲۸	طاقدیس	تکشیب	چهرگان	۳۸
۰.۷۷	۰.۴۷	۱.۸	۰	۰.۶	۱۰۳۳.۵	۸۷	۱.۹۳	۰.۰۸۵	ناودیس	تکشیب	قزلجه	۳۹
۳.۷۳	۰.۵۳	۰.۵۳	۰	۰	۱۵۷.۶۳	۹۳	۲۰.۲	۰.۵۹	ناودیس	تکشیب	چوبانلو	۴۰
۱.۲۹	۰.۱۸	۱.۰۶	۲.۵	۳	۹۳۵	۱۳۱	۳.۵	۰.۱۴	طاقدیس	تکشیب	قلیج تپه	۴۱
۸.۲۴	۰.۲۸۷	۰.۹۳	۰	۶.۵	۶۳.۴	۳۲۶	۱.۲۴	۵.۱۴	طاقدیس	تکشیب	تازه کند	۴۲
۲.۴	۰.۴۱	۱.۲۲	۰	۶.۵	۳۴۷	۱۳۷	۱.۳۴	۰.۵۶	ناودیس	تکشیب	شیرینجه	۴۳
۴.۱۴	۰.۴۸	۰.۵	۰	۹	۱۳۸	۹۴	۲.۴۲	۰.۶۸	ناودیس	تکشیب	سفیدان	۴۴
۱.۲	۰.۴۷	۱.۱۶	۰	۱۲.۵	۷۷۴	۱۰۳	۴.۶۷	۰.۱۳۳	ناودیس	تکشیب	ایوند	۴۵
۱.۲۸	۰.۲۲۹	۰.۶۴	۰	۲.۶	۲۸۱۲	۹۰	۲.۷۵	۰.۰۳۲	ناودیس	تکشیب	محبوب‌آباد	۴۶
۴.۲۳	۰.۲۰۴	۰.۲۶	۲.۵	۴.۲۵	۲۳۶	۹۲	۵.۱۳	۰.۳۹	ناودیس	تکشیب	کشکسرای	۴۷
۲.۱۱۱	۰.۷۶۴	۰.۱	۰	۲۷.۵	۴۱۴۳	۱۴۵	۹.۱	۰.۰۳۵	ناودیس	تکشیب	زنوز	۴۸

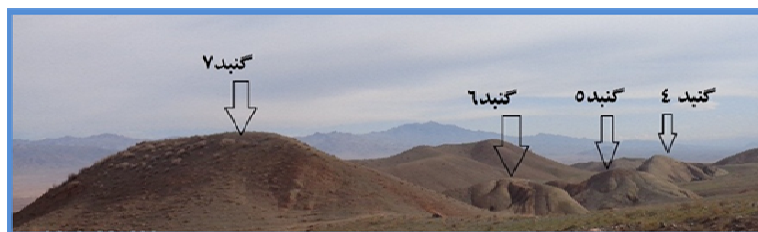


شکل (۲) انواع ساختارهای نمکی (اسدیان و همکاران، ۱۳۸۶: ۸۰) با کمی تغییر

بررسی‌های میدانی و تطبیق نقشه توزیع گنبدها با نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه نشان می‌دهد که برخی گنبدها روی گسل، برخی گنبدها در بین دو گسل نزدیک به هم و برخی دیگر دور از گسل‌ها قرار دارند. به‌خاطر کاهش فشار در امتداد صفحه گسلی، نمک در حرکت به طرف صفحه گسلی فقط کمر بالای گسل را کج می‌کند، (وندویل و جکسون، ۱۳۶۹: ۵۲۰) و یا بدون تغییر لایه‌های رویی، به‌صورت دایک و دیوار در سطح گسلی تزریق می‌شود. بنابراین گنبدهای روی گسل‌ها به دو شکل دایک‌های عمودی، شکل (۳) و یا به شکل سیل‌های مایل دیده می‌شوند. گنبدهای دایکی مثل گنبدهای روی گسل آق‌بلاغ کوچک بوده و به شکل دانه‌های تسیح در امتداد گسل دیده می‌شوند، شکل (۴).



شکل (۳) تصویری از تزریق نمک به شکل سیل در گنبد شماره ۴ آق‌بلاغ

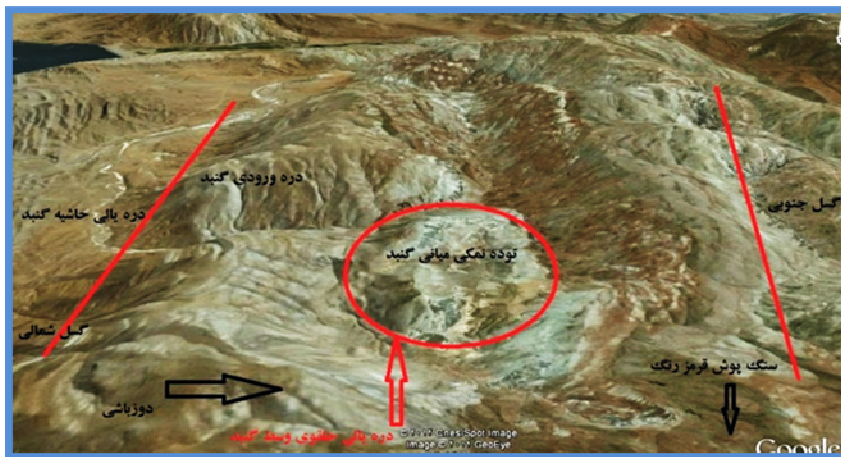


شکل (۴) گنبدهای روی گسل آق‌بلاغ

گنبد‌های مایل به شکل منفرد بوده و دارای نگاه رو به گسل دارند و اغلب دارای یک لایه ژیبسی به حالت سنگپوش هستند، شکل (۵). این گنبد‌ها هم کوچک هستند. اما زمانی که نمک بین دو گسل بالا می‌آید، کل قطعه زمین بین دو گسل را بالا می‌زند و معمولاً به شکل یک گنبد با مساحت زیاد است، شکل (۶).



شکل (۵) تصویر ماهواره‌ای گنبد نمکی تک‌شیب شیرینجه تبریز و لایه ژیبسی آن



شکل (۶) تصویر ماهواره‌ای گنبد نهند که کل قطعه زمین بین دو گسل را بالا زده است

گنبد‌های شمال غرب ایران را می‌توان براساس معیارهای مختلف مثل نوع چین گنبد‌ها، نوع چین میزبان گنبد‌ها و... طبقه‌بندی کرد، در این تحقیق گنبد‌ها با توجه به ویژگی‌های ساختمانی ساختارهای نمکی به دو گروه با ساختار تک‌شیب و طاق‌دیزی طبقه‌بندی شده و ویژگی‌های کمی آن‌ها با هم مقایسه و علل این ویژگی‌ها مورد تحلیل قرار گرفته است.

الف) ساختارهای نمکی که دارای ساختمان تک‌شیب هستند (دایک‌ها و سیل‌ها).

از کل ۴۸ گنبد نمکی شناسایی شده در شمال غربی ایران، ۲۱ گنبد یعنی ۴۳/۷۵٪ آن‌ها دارای ساختمان تک‌شیب هستند.

ب) ساختارهای نمکی که دارای ساختمان طاق‌دیزی یا گنبدی هستند

از ۴۸ گنبد شمال غرب ایران، ۲۷ گنبد نمکی یعنی ۵۶/۲۵٪ از آن‌ها دارای ساختمان طاق‌دیزی شکل هستند.

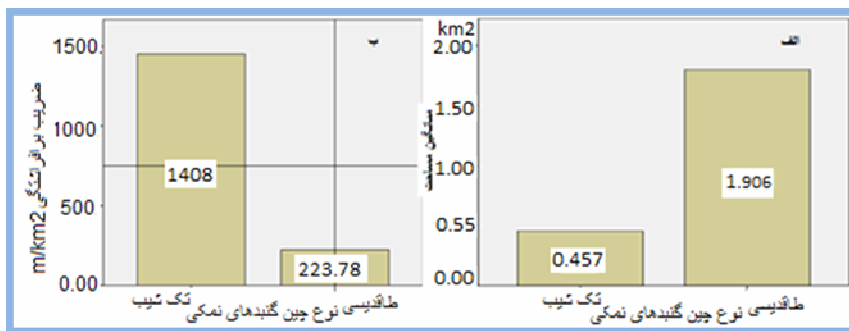
مقایسه ویژگی‌های مورفومتری گنبد‌های طاق‌دیزی با گنبد‌های تک‌شیب از نظر مساحت گنبد‌های نمکی طاق‌دیزی شکل نسبت به گنبد‌های نمکی تک‌شیب از نظر مساحت بزرگتر هستند، به طوری که میانگین مساحت گنبد‌های نمکی طاق‌دیزی ۳/۹۴ برابر میانگین مساحت گنبد‌های نمکی تک‌شیب است، شکل (الف-۷).

این امر می‌تواند به خاطر امکان سهولت حرکت نمک در امتداد شکستگی و عدم بالا زدگی رسوبات بالایی در وسعت زیاد باشد.

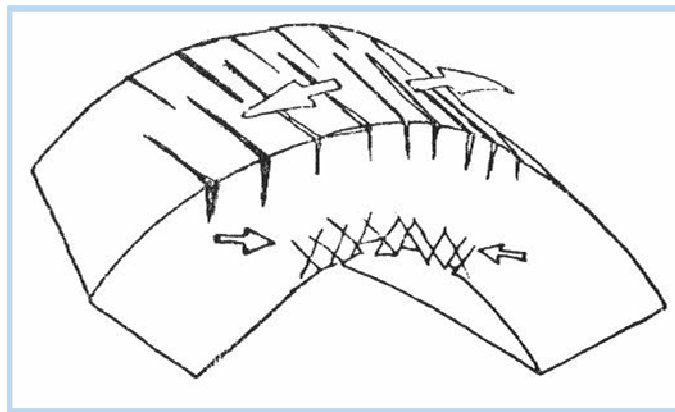
از نظر برافراشتگی

برافراشتگی گنبد‌های تک‌شیب ۶/۵ برابر برافراشتگی گنبد‌های نمکی طاق‌دیزی است، شکل (ب-۷). از طرفی مساحت گنبد‌های تک‌شیب کم‌تر است، از سوی دیگر سنگ‌های رسوبی بالای محور گنبد‌های طاق‌دیزی در اثر نیروهای کششی دچار درز و شکاف شده و در مقابل عوامل فرسایشی به راحتی دچار فرسایش شده و از بین می‌روند، شکل (۸). در سنگ پوش گنبد‌های تک‌شیب که اغلب همراه با یک لایه ضخیم ژیبسی است این درزها وجود

ندارد و به علت یک پارچگی در مقابل عوامل فرسایشی مقاوم تر بوده و از نمک زیرین خود نیز محافظت می‌کنند، با این که ژیس و نمک درجه سختی نزدیکی دارند و مقاومت آن‌ها در برابر عوامل فرسایش فیزیکی مشابه است، اما انحلال نمک در آب ۱۴۴ برابر از ژیس بیشتر بوده و سریع‌تر دچار انحلال می‌شود (قبادی، ۱۳۸۸: ۸).



شکل (۷) مقایسه مساحت (الف) و برافراشتگی (ب) گنبد های تک‌شیب و طاقدیس



شکل (۸) درزهای کششی رأس تاقدیس در امتداد محور چین (معماریان، ۱۳۸۳: ۱۷۹)

انحلال نمک باعث فرسایش بخش میانی گنبد در امتداد محور بزرگ گنبد شده و از ارتفاع گنبد کاسته می‌شود و در مواردی گنبد تبدیل به یک گودال و بوتونیر می‌شود، شکل (۹).



شکل (۹) تصویری از بوتونیر گنبد نمکی ترپ

از نظر ضریب کشیدگی

مطابق شکل (الف-۱۰) ضریب کشیدگی گنبدهای تک‌شیب بیش‌تر از گنبدهای طاقدیسی و حدود  $1/6$  برابر است، دلیل آن نزدیکی زیاد این نوع گنبدها و تأثیرپذیری آن‌ها از گسل‌ها می‌باشد که موجب شده نمک به‌راحتی در امتداد گسل تزریق شود.

از نظر میانگین فاصله گنبدها با نزدیک‌ترین گسل (مجاور)

میانگین فاصله گنبدهای تک‌شیب از گسل‌های محلی نسبت به گنبدهای طاقدیسی کم‌تر است، شکل (ب-۱۰). اکثر گنبدهای نمکی تک‌شیب بر روی گسل‌ها قرار دارند و تنها چند مورد از گنبدهای تک‌شیب بر روی گسل نیستند که آن‌ها هم فاصله بسیار نزدیکی با گسل‌ها دارند.



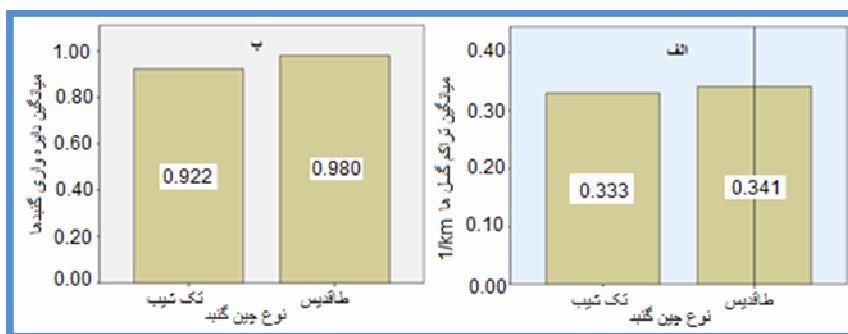
شکل (۱۰) مقایسه میانگین کشیدگی (الف) و میانگین فاصله گسل مجاور در گنبد های دو گروه

از نظر تراکم گسل‌ها

میانگین تراکم گسل‌ها در شعاع ۵ کیلومتری گنبد های تک شیب کمی کم‌تر از میانگین تراکم گسل‌های اطراف گنبد های طاقدیس است، شکل (الف-۱۱). با دور شدن از گسل‌های اصلی، گسل‌های فرعی در جهات مختلف قرار می‌گیرد و موجب قطعه قطعه شدن پوسته می‌شوند، موقع بالا آمدن، نمک کل یک قطعه را بالا می‌زند و موجب تشکیل گنبد طاقدیس با مساحت و دایره‌واری زیاد اما کشیدگی کم می‌شود.

از نظر دایره‌واری

گنبد های نمکی طاقدیس نسبت به گنبد های تک شیب از دایره‌واری بیش‌تری برخوردار هستند و به شکل استوگ هستند، شکل (ب-۱۱). با توجه به نمودارهای دیگر میانگین فاصله گنبد های طاقدیس از گسل تبریز و گسل‌های مجاور بیش‌تر از گنبد های تک شیب می‌باشد، از این‌رو مطابق اصول و مبانی نظری به‌خاطر تزریق نمک در امتداد گسل‌ها گنبد های تک شیب دارای کشیدگی زیاد می‌باشند اما در گنبد های دور از گسل‌ها مقاومت روباره‌ها در برابر حرکت صعودی نمک موجب توزیع نمک در سطح وسیع و جهات مختلف می‌شود، در نتیجه مساحت و دایره‌واری گنبد ها بیش‌تر می‌شود.



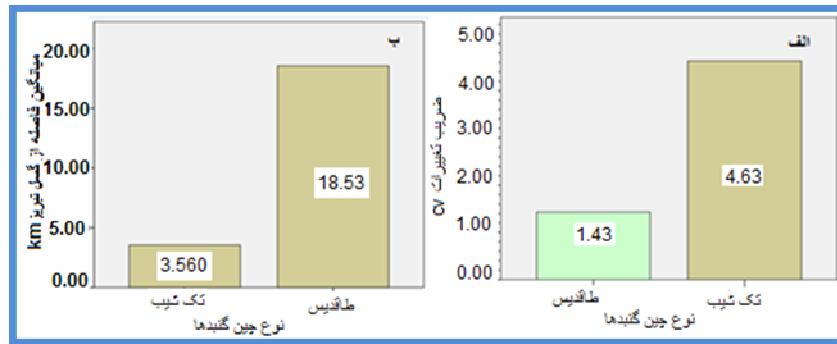
شکل (۱۱) مقایسه میانگین تراکم گسل‌ها (الف) و دایره‌واری (ب) گندهای دو گروه

مقایسه ضریب تغییرات مساحت گندهای تک‌شیب و طاق‌دیزی

همان‌طور که در شکل (الف-۱۲) مشاهده می‌شود ضریب تغییرات مساحت گندهای تک‌شیب ۳/۲۴ بار از ضریب تغییرات گندهای طاق‌دیزی بیش‌تر است، یعنی گندهای نمکی تک‌شیب دارای توزیع ناهمگنی از نظر مساحت می‌باشند، در مقابل گندهای نمکی طاق‌دیزی از نظر مساحت توزیع همگن‌تریدارند.

از نظر میانگین فاصله از گسل تبریز

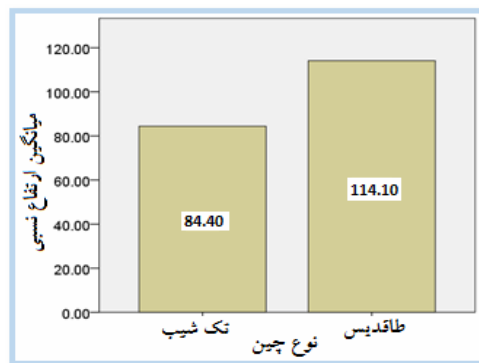
مطابق شکل (ب-۱۲) میانگین فاصله گندهای نمکی تک‌شیب از گسل تبریز که بزرگ‌ترین و مهم‌ترین گسل شمال‌غربی ایران است، ۵/۲۲ برابر از میانگین فاصله گندهای طاق‌دیزی کم‌تر است. در نتیجه ویژگی‌های مورفومتری به‌ویژه ضریب کشیدگی و برافراستگی آن‌ها نسبت به گندهای طاق‌دیزی بیش‌تر و در مقابل مساحت آن‌ها کم‌تر است.



شکل (۱۲) نمودار مقایسه میانگین فاصله از گسل تبریز (الف) و ضریب تغییرات مساحت (ب)

مقایسه میانگین ارتفاع نسبی

مطابق شکل (۱۳) ارتفاع نسبی گنبد‌های طاق‌دیس ۱/۳۵ برابر ارتفاع گنبد‌های تک شیب است، دلیل این امر سهولت حرکت صعودی نمک در امتداد شکستگی در گنبد‌های تک‌شیب است که بیش‌تر روی گسل‌ها قرار دارند (تالبوت، ۱۹۹۰: ۵۰۸). نمک هنگام حرکت صعودی نیازی به بالا زدن روباره‌ها در وسعت و ارتفاع زیاد ندارد. با این که میانگین ارتفاع گنبد‌های طاق‌دیس بیش‌تر از گنبد‌های تک شیب است، اما به‌خاطر مساحت کم گنبد‌های تک‌شیب، ضریب برافراشتگی گنبد‌های تک شیب بیش‌تر از گنبد‌های طاق‌دیس می‌باشد.



شکل (۱۳) نمودار مقایسه میانگین ارتفاع نسبی گنبد‌های طاق‌دیس و تک شیب

برخی دیگر از پارامترهای آماری گنبد‌های تک‌شیب، طاقدیسی و کل گنبد‌ها برای مقایسه در جدول (۲) آورده شده است.

جدول (۲) مقایسه پارامترهای کمی گنبد‌های نمکی تک‌شیب و طاقدیسی شکل با کل گنبد‌های نمکی

محیط km	تراکم گسل‌ها 1/km	دایره واری	فاصله از گسل مجاور km	فاصله از گسل km تبریز	برافراشتگی m/km	$\Delta H$ m	ضریب کشیدگی	مساحت km <sup>2</sup>	پارامترهای مورفومتری شاخص‌های آماری
۰/۲۶۵	۰/۰۳۲	۰/۱	۰	۰	۱۲/۳۸	۶	۱/۰۷	۰/۰۰۳	مینیم کل گنبد‌ها
۱۲/۷	۱/۶۶	۲/۶۶	۴	۵۷/۵۶	۴۱۵۱	۳۵۸	۹/۱	۱۰/۲	ماکزیم کل گنبد‌ها
۳/۰۱۳	۰/۳۳۹۳۶	۰/۹۷	۰/۵۷۴	۱۲/۱۴	۷۷/۶۲۸	۹۶/۶۶	۲/۰۹	۱/۲۳۵	میانگین کل گنبد‌ها
۲/۹۶	۰/۲۹	۰/۴۷	۱/۱۵	۱۵/۱۵	۱۱۱۷/۳۶	۷۸/۳۲	۱/۳۵	۲/۲۵	انحراف معیار کل گنبد‌ها
۱۲/۴۳	۱/۶۳	۲/۵۶	۴	۵۷/۵۶	۴۱۳۸/۶	۳۵۲	۸/۰۳	۱۰/۲	دامنه تغییرات کل گنبد‌ها
۰/۹۸۲	۰/۸۵۵	۰/۴۸	۲/۰۰	۱/۲۵	۱/۴۵	۰/۸۱	۰/۶۵	۱/۸۲	ضریب تغییرات کل
۰/۲۶۵	۰/۰۶۴	۰/۱	۰	۰	۶۳/۶	۶	۱/۲۴	۰/۰۰۳	مینیم تک‌شیب‌ها
۸/۳۴	۰/۷۶۴	۲/۶۶	۲/۵	۲۷/۵	۴۱۵۱	۳۲۶	۹/۱	۵/۱۴	ماکزیم تک‌شیب‌ها
۱/۷۸	۰/۳۳۶۳	۰/۹۶	۰/۱۲۵	۳/۵۱۵	۱۵۰۸/۸۷	۸۴/۴	۲/۶	۰/۴۸۵	میانگین تک‌شیب‌ها
۸/۰۷۵	۰/۷	۲۲	۲/۵	۲۷/۵	۴۰۸۷/۶	۳۲۰	۷/۸۶	۵/۱۲۳۷	دامنه تغییرات تک‌شیب‌ها
۰/۶	۰/۲	۵/۹۲	۲/۱۷	۱/۲	۱۲۸۲	۷۷/۱	۱/۸	۲/۲۴۸	انحراف معیار تک‌شیب‌ها
۰/۳۴	۰/۵۹	۶/۱۷	۱۷/۴	۰/۵۹	۹/۱۶	۰/۹۱	۰/۶۹	۴/۶۳	ضریب تغییرات تک‌شیب‌ها
۰/۷۵	۰/۰۳۲	۰/۱۹	۰	۰	۱۲/۳۸	۲۵	۱/۰۷	۰/۱۲	مینیم طاقدیسی‌ها
۱۲/۷	۱/۶۶	۲/۰۸	۴	۵۷/۵۶	۱۷۰۰	۳۵۸	۲/۶۷	۱۰/۲	ماکزیم طاقدیسی‌ها
۴/۰۳۱	۰/۳۰۶۱۵	۰/۹	۱	۲۱/۵۸	۱۷۵/۵۸۸	۱۱۴/۱	۱/۶۶	۱/۸۹۹	میانگین طاقدیسی‌ها
۳/۳۱	۰/۳۴	۰/۳۵	۱/۳۳	۱۶/۷	۳۳۵/۶	۷۹/۵	۰/۱۵	۲/۷۱	انحراف معیار طاقدیسی‌ها
۱۱/۹۵	۱/۶۳	۱/۸۹	۴/۰	۵۷/۶	۱۶۸۷/۶	۳۳۳	۱/۶	۱۰/۱	دامنه تغییرات طاقدیسی‌ها
۰/۸۲	۱/۰۹	۰/۳۹	۱/۳۳	۰/۷۷	۱/۸۵	۰/۷	۰/۰۹	۱/۴۳	ضریب تغییرات طاقدیسی‌ها

## نتیجه‌گیری

چنان‌که ملاحظه شد در کل، گنبد‌های نمکی تک‌شیب به‌دلیل قرار گرفتن روی گسل، نسبت به گنبد‌های طاق‌دیسی بیش‌تر تحت تأثیر گسل‌ها قرار دارند و در امتداد گسل‌ها کشیدگی پیدا کرده‌اند، به این خاطر از دایره‌واری کم و کشیدگی زیاد برخوردارند. هم‌چنین به‌علت سهولت حرکت صعودی نمک در امتداد شکستگی‌ها و گسل‌ها، دارای مساحت کمی هستند و این عامل موجب زیاد بودن برافراشتگی این نوع گنبد‌ها است، از ویژگی‌های دیگر این نوع گنبد‌ها وجود یک لایه ضخیم ژیبسی در یال مخالف نگاه گسلی است که اغلب به عنوان معدن گچ از آن بهره‌برداری شده و یا می‌شود. این لایه ژیبسی از لایه‌های سست‌تر زیرین در مقابل عوامل فرسایشی حفاظت می‌کند، در نتیجه ضریب برافراشتگی گنبد‌های تک‌شیب زیاد می‌شود. در حالی که گنبد‌های نمکی طاق‌دیسی شکل، تحت تأثیر نیروهای کششی در راس گنبد‌ها درزهای کششی موازی محور طولی گنبد‌ها به‌وجود می‌آید که موجب تسریع در عملکرد فرسایشی عوامل هوازدگی و فرسایش شده و معمولاً بخش بالایی گنبد‌ها در امتداد محور بزرگ دچار فرسایش شده و از ارتفاع گنبد‌ها کاسته می‌شود، گاهی شدت فرسایش به حدی است، مثل گنبد‌های سار، تریپ که گنبد را به شکل یک بوتونیر در می‌آورد. گنبد‌های طاق‌دیسی به خاطر قرار گرفتن در بین دو گسل و یا دور از گسل‌ها هنگام بالا آمدن مجبور به بلند کردن پوسته زمین در وسعت زیاد می‌شوند. بنابراین مساحت زیاد از یک طرف و کاهش ارتفاع از طرف دیگر، عامل کم بودن برافراشتگی گنبد‌های طاق‌دیسی شکل هستند. دوری این گنبد‌ها از گسل‌ها موجب زیاد بودن دایره‌واری آن‌ها نسبت به گنبد‌های تک‌شیب شده است.

## منابع

- ادیب‌پور، محبوبه؛ ثروتی، محمدرضا؛ حمدی، بهاء‌الدین و یزدجردی کورس (۱۳۸۹)، «بررسی مورفولوژی گنبد نمکی جهانی در جنوب فیروزآباد»، *فصل‌نامه جغرافیای طبیعی سال سوم*، شماره ۷، بهار ۱۳۸۹، صص ۳۲-۱۵
- اسدیان، فریده؛ پورکرمانی، محسن و آرین، مهران (۱۳۸۶)، «ژئومورفولوژی ساختمانی ساختارهای نمکی در گستره گرمسار، لاسجرد، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۰، تابستان ۱۳۸۶، صص ۷۵-۸۴
- پورکرمانی، محسن و ادیب، احمد (۱۳۷۹)، «*ترمین شناسی ساختمانی*»، انتشارات دانشگاه پیام نور، ص ۲۷۸.
- جلیل‌پور، محمد (۱۳۹۰)، «بررسی ساختاری گنبد نمکی خواجه در شمال شرق تبریز با هدف بررسی امکان ذخیره‌سازی گاز»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم طبیعی دانشگاه تبریز، ص ۱۷۲.
- درویش‌زاده (۱۳۶۹)، «ویژگی‌های زمین‌شناسی نمک‌های اینفراکامبرین خلیج فارس»، *مجموعه مقالات سمپوزیوم دی‌پیریسیم*، جلد اول، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، صص ۱۰۸-۸۱.
- رجیبی، معصومه و شیرینی طرزم، علی (۱۳۸۸)، «تکتونیک نمکی و آثار ژئومورفولوژیکی آن در آذربایجان، مطالعه موردی: گنبد‌های نمکی شمال غرب تبریز»، *فصلنامه جغرافیا و توسعه*، سال هفتم، شماره پیاپی ۱۶، صص ۷۸-۴۷.
- زمردیان، محمدجعفر (۱۳۸۳)، «*ژئومورفولوژی ایران*»، جلد اول، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۲۷۶.
- ساکت، علی (۱۳۸۴)، «*گنبد‌های نمکی ایران*»، سایت پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، ص ۷۸.
- شیرینی طرزم، علی (۱۳۸۵)، «پژوهشی در ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی حوضه سنخ‌چای»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز، ص ۲۱۵.
- غضبان (۱۳۶۹)، «گنبد‌های نمکی و کانی‌سازی سرب، روی همراه آن‌ها»، *مجموعه مقالات سمپوزیوم دی‌پیریسیم*، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، صص ۱۸۹-۱۸۳.

- قبادی، محمد حسین (۱۳۸۸)، «*ژمین‌شناسی مهندسی کارست*»، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا همدان، ص ۳۰۴
- مدنی، حسن (۱۳۶۹)، «*ژمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک*»، چاپ دوم، انتشارات جهاد دانشگاهی ص ۶۵۹.
- معماریان، حسین (۱۳۸۳)، «*ژمین‌شناسی برای مهندسان*»، چاپ هفتم، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۷۳۵.
- مومن‌زاده، مرتضی و حیدری، اسمعیل (۱۳۸۹)، «*منشأ و نحوه تشکیل سازند هرمز، یک تحلیل ژنتیک*»، مجموعه مقالات سمپوزیوم دیاپیریسم، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، صص ۱۰۷-۱۳۷.
- Billings, M.P. (2003), "*Structural Geology*", Third Edition, Prentice Hall, New Jersey, p: 606.
- Davoudzadeh (1990), "Some aspects of the salt Diapirism in the southern Iran, Proceeding of Symposium on Diapirism With special reference to Iran, Vole: 2, *Geol. Survey*, pp: 97-109.
- Jackson, M.P.A & Talbot, C.J. (1960), "*Advances in salt Tectonics, In Continental Deformation*", (Ed by P.L. Hancock), Pergamum Press ltd. Oxford, pp: 173-176
- Jenyon, M.K. (1986), "*Salt Tectonics*", Elsevier, p: 191.
- Lerche.I & O'Brien J.J. (1987), "*Dynamical Geology of Salt and Related Strictures*", Academic Press, Inc., Orlando p: 832
- Kent, P.E. (1987), "*Dynamical Geology of Salt and Related Strictures*, Ed by Lerche.I and O'Brien J.J, p: 3-37.
- Talbot, C.J. (1390), "Allochthonous Salt Spreading, Proceeding of Symposium on Diapirism with special reference to Iran, Vol: 2, *Geol. Survey*, pp: 507-510.
- Vendeville, B.C & Jackson, M, P.A. (1990), "Domes of Salt Diapirism through Brittle Overburden", Proceeding of Symposium on Diapirism With special reference to Iran, Vole: 2, *Geol.Survey*, pp: 519-523.