

## بررسی جهت رخنمون و تغییرات مورفومتری گنبد‌های نمکی سری هرمز در سطوح میزبان

پیمان محمدی-احمد محمدی\* - دانشجوی کارشناسی ارشد رشته سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه هرمزگان.  
فرشاد نعمتی - دانشجوی کارشناسی ارشد رشته سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه هرمزگان.  
مرضیه سهرابی مفرد - دانشجوی کارشناسی ارشد رشته سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه هرمزگان.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۱۰      تأیید نهایی: ۱۳۹۷/۱۰/۱۲

### چکیده

گنبد‌های نمکی سازند هرمز در محدوده وسیعی از جنوب و جنوب غرب ایران، خلیج فارس و سرزمین‌های شرقی عربستان رخنمون یافته‌اند. این گنبد‌ها در موقعیت‌های گوناگونی همچون واحدهای خشکی (زاگرس) و آبی (خلیج فارس)، سطوح رو رانده و مرتفع، سطوح پست و دشتی و مجاورت با گسل‌های اصلی و پی‌سنگی قرار گرفته‌اند که این عوامل باعث تغییراتی در شکل، مساحت، ارتفاع و جهت رخنمون آن‌ها شده است. هدف از این پژوهش بررسی رفتار مورفومتری گنبد‌های نمکی سری هرمز در سطوح میزبان محل رخنمون و بررسی جهت رخنمون آنها است. در این پژوهش با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای سنجنده OLI و لایه رقومی ارتفاع (DEM) اقدام به شناسایی موقعیت گنبد‌های نمکی و رقومی سازی محدوده رخنمون گنبد‌ها و سپس استخراج پارامترهای مورفومتری (گردش‌دگی، مساحت و ارتفاع) با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS شد. جهت بررسی پارامترهای مورفومتری در طبقات ارتفاعی، اقدام به طبقه‌بندی DEM محل رخنمون گنبد‌ها شد و جهت بررسی جهت رخنمون، نمودار Trend برای کلیه گنبد‌ها ترسیم گردید. نتایج نشان می‌دهد که به‌طور کلی پارامترهای گردش‌دگی و مساحت گنبد‌های نمکی در تضاد با ارتفاع آن‌ها قرار دارد به گونه‌ای که با افزایش ارتفاع سطح میزبان، ارتفاع گنبد‌ها افزایش پیدا می‌کند و از مساحت و گردش‌دگی آن‌ها کاسته می‌شود، طوری که گردترین گنبد‌های نمکی در محدوده خلیج فارس با میانگین گردش‌دگی ۱/۱۷، پهناورترین گنبد‌های نمکی در محدوده ناودیس و دشت‌ها با میانگین مساحت ۳۶/۶ کیلومتر مربع و مرتفع‌ترین گنبد‌ها در سطوح روراندگی و طاق‌دیس‌ها با میانگین ارتفاع ۱۶۶۳ متر از سطح دریا قرار دارند. نتایج حاصل از بررسی جهت رخنمون گنبد‌های نمکی نشان می‌دهد که گنبد‌های نمکی سری هرمز دارای دو جهت رخنمون اصلی هستند، گنبد‌هایی که بالاتر از گسل‌های جهرم، فسا و در ناحیه زاگرس مرتفع و کنار گسل کازرون قرار دارند، با جهت شمال باختری - جنوب خاوری رخنمون پیدا کرده‌اند و گسل‌هایی که پایین‌تر از گسل‌های جهرم و فسا، در ناحیه زاگرس چین‌خورده و خلیج فارس قرار دارند به تبعیت از گسل‌های پی‌سنگی دارای جهت رخنمون شمال شرق - جنوب غرب هستند.

واژگان کلیدی: مورفوتکتونیک، اختلاف چگالی نمک، سازند هرمز، خلیج فارس، زاگرس.

## مقدمه

گنبد‌های نمکی از عناصر مورفوتکتونیک ایران محسوب می‌شوند که عملکرد آن‌ها به صورت محلی و موضعی بوده و در چشم‌انداز ژئومورفولوژی ایران نقش برجسته‌ای یافته‌اند (علایی طالقانی، ۱۳۸۸: ۵۸). ساختار گنبد‌های نمکی عبارت است از یک هسته مرکزی نمک به ضخامت دو تا سه کیلومتر و رسوبات سطحی و حاشیه‌ای آن (جکسون<sup>۱</sup> و بیس<sup>۲</sup>، ۱۹۹۷: ۷۶۹ جهانی، ۱۳۹۰: ۲). گنبد‌های نمکی دارای استفاده‌های زیادی در زمینه معدنی و صنعتی هستند، از کاربردهای مهم گنبد‌های نمکی استفاده جهت ذخیره‌سازی گاز طبیعی (کاسبی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۷) و دفن زباله‌های صنعتی مواد رادیواکتیو است (هانسون<sup>۳</sup> و لای<sup>۴</sup>، ۲۰۱۱: ۱۱۱). علاوه بر استفاده‌های صنعتی، معدنی و توریستی گنبد‌های نمکی، یکی از منابع و عوامل آلودگی آب‌وخاک در ایران محسوب می‌شوند. سه ناحیه فیزیوگرافی-تکتونیک در ایران دارای گنبد نمکی است: واحد زاگرس، خلیج فارس و واحد ایران مرکزی (آریان و نوروز پور<sup>۵</sup>، ۲۰۱۵: ۶۲). گنبد‌ها و توده‌های نمکی ایران از نظر زمان تشکیل به دو زمان دور از هم مربوط می‌باشند. یکی در بخش جنوب شرق زاگرس، یعنی زاگرس فارس و زاگرس مرتفع می‌باشد که منشأ آن‌ها حوضه تبخیری هرمز در پرکامبرین و اوایل پالئوزوئیک و گروه دیگر از این نوع ناهمواری مربوط به رسوب‌های تبخیری میوسن می‌باشد (جداری عیوضی، ۱۳۷۴: ۵۶). طبق نظریات دانشمندان علوم زمین، منطقه حدفاصل بین گسل‌های قطر، کازرون، خط عمان و روراندگی زاگرس در پرکامبرین از رسوبات تبخیری گچ و نمک انباشته شده است که وجود این رسوبات و رسوبات زیرین ژئوسکلینال زاگرس، در نحوه چین خوردگی بعدی بسیار مؤثر بوده است (عقیفی و کردوانی به نقل از احمدزاده هروی و همکاران، ۱۳۸۷: ۵۶). پیرامون رخنمون گنبد‌های نمکی در سطح زمین با توجه به موقعیت چینه‌شناسی آن‌ها نظریات گوناگونی ارائه شده است؛ ۱- نظریه رومانایی که عامل به حرکت درآمدن نمک‌ها را چگالی کم آن و فعالیت تکتونیک می‌داند، ۲- نظریه کرانه مکزی که دلیل اصلی حرکت رو به بالای نمک را نیروی هیدرو استاتیک می‌داند، بدان معنی که چنانچه بار روی نمک‌ها به اندازه کافی برسد، سنگ به صورت خمیری با گرانروی کم به سمت بالا حرکت کند و ۳- فرضیه آتش‌فشانی که منشأ بالا آمدن گنبد‌های نمکی را فعالیت آتش‌فشان می‌داند (حجتی، ۱۳۷۷: ۵). گنبد‌های نمکی زاگرس که با نام گنبد‌های نمکی سری هرمز یا سازند هرمز از دیگر گنبد‌های نمکی ایران متمایز می‌شوند از لحاظ موقعیت چینه‌شناسی در قاعده چینه نگاری محل رخنمون خود قرار دارند. در بیان علل رخنمون گنبد‌های نمکی ایران و به‌ویژه گنبد‌های نمکی زاگرس می‌توان اختلاف چگالی بین توده‌های نمکی و سنگ‌های اطراف و همچنین نیروهای تکتونیک را مؤثر دانست (معیری و احمدی‌نژاد، ۱۳۸۵: ۳۹). علی‌رغم تعلق داشتن تمامی گنبد‌های نمکی سازند هرمز به یک اشکوب زمانی و دخیل بودن دو عامل تکتونیک و اختلاف چگالی در فرآیند دیاپریسم گنبد‌ها، این گنبد‌ها از لحاظ پارامترهای مورفومتری، جهت رخنمون و مورفولوژی دارای اختلاف‌های بارزی هستند. با توجه به علل یا عوامل رخنمون گنبد‌های نمکی و کشیدگی آن‌ها از قاعده چینه‌شناسی به سمت بالا در محدوده خلیج فارس و زاگرس، عوامل زیادی را می‌توان در تشریح ویژگی‌های مورفومتری گنبد‌های نمکی مؤثر دانست؛ تحرکات و دینامیک آب خلیج فارس، ضخامت رسوبات رویی سازند هرمز، تحرکات و میزان فعالیت گسل‌ها، سفتی و سستی رسوبات رویی، میزان نمک انباشته در هسته گنبد‌های نمکی، تقدم و تأخیر در زمان بالآمدگی، تأثیرات اقلیمی و عوامل محلی دیگر همگی در ویژگی‌های مورفومتری و فرم‌های توسعه‌یافته در سطح گنبد‌ها و پلاگ‌های نمکی حاصل از سازند هرمز در سرزمین‌های شرقی عربستان، خلیج فارس و محدوده زاگرس تأثیر داشته و باعث به وجود آمدن اختلافات در ویژگی‌های مورفومتری و

<sup>۱</sup> Jackson<sup>۲</sup> Bates<sup>۳</sup> Hansen<sup>۴</sup> Leigh<sup>۵</sup> Arian & Noroozpour

فرم‌های توسعه‌یافته در سطح گنبدها و پلاژهای نمکی شده است. هدف از این پژوهش بررسی رفتار مورفومتری (مساحت، ارتفاع و گردشگری) گنبدهای نمکی سری هرمز در طبقات ارتفاعی محدوده زاگرس، چین میزبان و واحدهای خشکی و آبی و همچنین بررسی جهت رخنمون گنبدهای نمکی است.

### پیشینه

برای اولین بار در ایران مطالعات بر روی گنبد نمکی جزیره هرمز توسط اشتوکلین<sup>۱</sup> (۱۹۶۸) انجام شد از این رو این سازند در جنوب ایران تحت عنوان سازند هرمز نام‌گذاری شده است، مطالعات بعدی روی گنبدهای نمکی توسط زمین شناسان از جمله نیکز<sup>۲</sup>، پیلگریم<sup>۳</sup>، کارل جرسی<sup>۴</sup>، ریچاردسون<sup>۵</sup>، دبوخ<sup>۶</sup>، گانسر<sup>۷</sup>، اشتوکلین<sup>۸</sup>، کنت<sup>۹</sup>، نبوی و دکتر سبزه‌ای انجام شده است (معیری و احمدی نژاد ۱۳۸۵: ۳۵). جهانی<sup>۱۰</sup> و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی با عنوان دیپایریسم نمک در زاگرس، اقدام به تیپ بندی گنبدهای نمکی زاگرس بر اساس مورفولوژی گنبدهای نمکی کردند. آن‌ها گنبدهای نمکی را در شش گروه بر اساس مورفولوژی سطحی قراردادند و مورفولوژی گنبدهای نمکی را بر اساس تحولات ژئودینامیک گنبدهای نمکی تحلیل کردند. کلارینگبولد<sup>۱۱</sup> و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی و تشریح رخنمون و تکامل گنبد نمکی جبل مادر در کشور عمان به تأثیر از نیروهای تکتونیکی پرداختند و رخنمون و تکامل گنبدهای نمکی سری هرمز را با تحولات گسل‌ها در سه مرحله تبیین کردند. عبدالمالکی<sup>۱۲</sup> و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از داده‌های رقومی SAR<sup>۱۳</sup> به بررسی جابجایی و حرکات گنبد نمکی قم، در سری زمانی با استفاده از تکنیک تداخل سنجی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که دیپایر نمک در قم کوه فعال و تورم از طریق اکستروژن نمک از زیرزمین، احتمالاً به میزان ثابت است. توماس<sup>۱۴</sup> و همکاران (۲۰۱۵) ویژگی‌های سنگ‌شناسی، رسوب‌شناسی گنبدهای نمکی امارات و عمان در شرق عربستان و حاشیه خلیج فارس را مورد مطالعه قراردادند و آن‌ها را حاصل فرآیند دیپایریسم سازند هرمز دانسته‌اند. کارتر<sup>۱۵</sup> و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به بررسی تأثیرات گنبدهای نمکی بر توسعه و تکامل کانال زیردریایی شمال خلیج مکزیک با استفاده از داده‌های لرزه‌ای و تکنیک‌های ژئومورفولوژی رودخانه پرداخته. نتایج آن‌ها نشان داد که جابه‌جایی گنبدهای نمکی در تکامل کانال نقش داشته و در هنگام رشد سریع آن‌ها شاخص مماندگی کانال کاهش داشته و با کاهش رشد گنبدها در پلیستوسن کانال زیردریایی به حالت تعادل رسیده است. شفیق<sup>۱۶</sup> و همکاران (۲۰۱۷) اقدام به آشکارسازی گنبدهای نمکی در حجم لرزه‌ای مهاجرت با استفاده از روش همگرایی فازی<sup>۱۷</sup> در خلیج مکزیک کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که روش همگرایی فازی گنبدهای نمکی را در محدوده‌های لرزه‌ای مهاجم به‌طور مؤثر نشان می‌دهد. مرتضوی<sup>۱۸</sup> و همکاران (۲۰۱۷) در

<sup>1</sup> Stoecklin

<sup>2</sup> Nicaise

<sup>3</sup> Pilgrim

<sup>4</sup> Carl Gersy

<sup>5</sup> Richardson

<sup>6</sup> H.De.Boech

<sup>7</sup> Gansser

<sup>8</sup> Stocklein

<sup>9</sup> Kent

<sup>10</sup> Jahani

<sup>11</sup> Clarinuldgbo

<sup>12</sup> Abdolmaleki

<sup>13</sup> Synthetic-aperture radar

<sup>14</sup> Thomas

<sup>15</sup> Carter

<sup>16</sup> Shafiq

<sup>17</sup> Phase congruency

<sup>18</sup> Mortazavi

بررسی سیستم‌های هیدروترمال گنبد‌های نمکی سری هرمز دریافتند که رشد آمفیبول آبی در رگه‌های سنگ‌های تغییر یافته نشان‌دهنده تعامل شدیدی از مایعات هیدروترمال با سنگ‌های میزبان در دیپیرهای نمکی است. پاژنگ و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعات خود بر روی گنبد‌های نمکی سازند هرمز با استفاده از داده‌های لرزه‌نگاری در محدوده تنگه هرمز و خلیج فارس اقدام به شناسایی ۱۷ گنبد نمکی مدفون و رخنمون یافته از مجموع گنبد‌های سری هرمز کردند. مهربانی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نرم افزار Arc GIS اقدام به شناسایی خطواره‌های گسلی در محدوده زاگرس اقدام کردند و تمامی گنبد‌های نمکی محدوده زاگرس را رخنمون یافته در کنار ۳۴ خطواره گسلی دانستند. نائینی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از سه روش تک‌بعدی، حجمی و سطحی اقدام به بررسی و مطالعه مورفومتری گنبد نمکی قم کردند. رجیبی و شیرینی طرزم (۱۳۹۳) در بررسی تطبیقی ویژگی‌های کمی گنبد‌های نمکی طاق‌دیزی و ناودیزی شمال غرب ایران اقدام به محاسبه پارامترهای مورفومتری گنبد‌ها شامل: ضریب کشیدگی، ضریب افراستگی، ارتفاع نسبی، مساحت، محیط، دایره‌واری و فاصله گنبد‌ها از گسل‌ها کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که در کل گنبد‌های نمکی داخل ناودیس‌ها نسبت به گنبد‌های نمکی داخل طاق‌دیس دارای مساحت، ارتفاع و دایره‌واری کمتر، اما دارای ضریب کشیدگی و ضریب برافراستگی بیشتری می‌باشند. گنبد‌های داخل ناودیس‌ها یا روی گسل‌ها یا در فاصله کمی از گسل‌ها و اکثراً در جبهه کوهستان‌ها قرار دارند، در حالی که گنبد‌های داخل طاق‌دیس‌ها در فاصله بیشتری نسبت به گسل‌ها قرار دارند. افشاری و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری اقدام به پایش رشد و گسترش سالیانه گنبد نمکی گچین به منظور برآورد شدت فعالیت آن کردند. نتایج پژوهش آن‌ها حاکی از فعال بودن فرآیند دیپریسم نمک در گنبد نمکی گچین و بالا آمدگی گنبد نمکی در سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۰۷ و ۲۰۰۹-۲۰۱۰ و فرورفتگی آن در سال‌های ۲۰۰۷-۲۰۰۹ است. مهدوی و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از مدل الکترو گنبد‌های نمکی جنوب غرب هرمزگان را برای دفن پسماندهای اتمی اولویت‌بندی کردند و دریافتند که گنبد نمکی گچین، مناسب‌ترین گنبد نمکی در استان هرمزگان به منظور دفع پسماندهای اتمی است.

### محدوده مطالعاتی

مطابق شکل ۱، حدفاصل گسل میناب، راندگی اصلی زاگرس، گسل کازرون و جزایر گنبدی خلیج فارس ۱۲۲ گنبد نمکی بر روی نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰ شناسایی شده که مرز شمالی آن تا زاگرس بختیاری در حوالی کوه‌رنگ می‌رسد و به‌طور کلی سه محدوده را شامل می‌شوند: ۱- تجمع گاه فارس، هرمزگان و خلیج فارس که فواصل گنبد‌ها به هم نزدیک بوده ۲- گنبد‌های نمکی حاشیه گسل کازرون و بوشهر که در خط‌السیر گسل‌ها قرار دارند و یک تجمع گاه محسوب می‌شوند ۳- گنبد‌های کشیده در امتداد گسل‌ها که در ادامه گسل کازرون و روراندگی‌های زاگرس مرتفع تا حوالی زرد کوه در کوه‌رنگ گسترش یافته‌اند.



شکل ۱: گنبدهای نمکی رقومی شده سری هرمز قابل تشخیص در نقشه‌های با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰

### مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰ چاپ سازمان زمین‌شناسی کشور موقعیت ۱۲۲ گنبد نمکی متعلق به سازند هرمز در محدوده زاگرس و خلیج فارس شناسایی شد، سپس محدوده سازند در نرم‌افزار Arc GIS به صورت دستی رقومی شد. جهت تطبیق و کاهش خطای مرز رقومی شده موقعیت گنبدهای رقومی شده با تصاویر ماهواره‌ای سنجنده OLI مستقر بر روی ماهواره لندست ۸ که از طریق افزونه ArcBruTile به نرم‌افزار Arc GIS فراخوانی شدند تطبیق و اصلاح شدند. در مرحله بعد اقدام به تفکیک محدوده مطالعاتی به واحدهای خشکی و آبی (خلیج فارس) شد. همچنین جهت بررسی پارامترهای مورفومتری همچون ارتفاع و مساحت در پهنه زاگرس با استفاده از لایه رقومی ارتفاعی (DEM) اقدام به طبقه‌بندی محدوده زاگرس بر اساس ویژگی‌های چشم‌انداز و زون‌های ساختاری محدوده زاگرس (زاگرس چین خورده و مرتفع) در چهار طبقه ارتفاعی شد.

جهت محاسبه پارامترهای مورفومتری با قرار دادن لایه وکتوری گنبدها بر روی لایه رقومی ارتفاع (DEM) SRTM<sup>۱</sup> که در ابعاد فضایی ۳۰ متر برای کل محدوده زاگرس از درگاه سازمان زمین‌شناسی آمریکا دریافت گردید، ارتفاع هر گنبد نمکی که شامل بالاترین نقطه ارتفاعی گنبد است به دست آمد، سپس مساحت گنبدها نیز توسط نرم‌افزار Arc GIS محاسبه گردید. میزان گردشگی و انحراف از گردشگی با استفاده از ضریب فشردگی گراویلوس که عبارت است از نسبت محیط گنبد (P) به محیط دایره فرضی (P') که مساحت آن برابر با مساحت گنبد باشد (علی‌زاده، ۱۳۸۱: ۴۸۳)، برای تمامی گنبدها جهت بررسی میزان دواری بودن آن‌ها مطابق رابطه ۱ محاسبه گردید.

$$C = \frac{P}{P'} = \frac{0.28P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

در مرحله اثر شناسی با قرار دادن لایه رقومی گنبدها و پلاک‌های نمکی بر روی مدل رقومی ارتفاع اقدام به تحلیل مساحت و ارتفاع گنبدهای نمکی در ارتباط با محل‌های رخمون (سطوح آبی، چین‌خوردگی‌ها و ناودیس‌ها) شد. برای بررسی میزان فواصل گنبدهای نمکی از خطوط گسلی که در نقشه ۱:۲۵۰,۰۰۰ قرار دارند، اقدام به تهیه نقشه حریم گسل در فواصل ۱،

<sup>۱</sup> Near

۴، ۸ و ۱۵ کیلومتری شد؛ سپس با استفاده از تابع نزدیکی<sup>۱</sup> در نرم‌افزار Arc GIS اقدام به برآورد میانگین فاصله گنبد‌های نمکی از حریم‌های ذکر شده، شد. در پایان به منظور بررسی جهت رخمون گنبد‌های نمکی با استفاده از روش‌های بررسی توزیع داده در زمین‌آمار (Trend Analysis) جهت‌های کلی رخمون گنبد‌های نمکی ترسیم شد.

## یافته‌ها

### گرد شدگی گنبد‌های نمکی

در مجموع ۱۲۲ گنبد نمکی در محدوده زاگرس و خلیج فارس از سازند هرمز شناسایی شده که ضریب گردشگی بین ۱ که شکلی نزدیک به دایره کامل تا ۲/۳ که رخمون‌های کشیده را شامل می‌شود به دست آمده که بر اساس مشابهت‌ها در شکل، گنبد‌ها به ۶ طبقه، مطابق جدول ۱ طبقه‌بندی شده‌اند.

جدول ۱: تعداد و ضریب گردشگی گنبد‌های نمکی سری هرمز

ضریب گردشگی	تعداد گنبد‌ها
۱	۲۶
۱/۱-۱۵/۱	۲۳
۱/۱-۲/۱۶	۱۰
۱/۱-۵/۳	۴۴
۱/۱-۹/۶	۱۴
۲/۱-۳/۹۱	۵

با طبقه‌بندی ارتفاعی محدوده رخمون یافته گنبد‌ها با کمک DEM توزیع این گنبد‌ها در طبقات ارتفاعی در ۴ کلاس، به شرح زیر به دست آمده:

### ۱- گنبد‌های قرار گرفته در طبقه ارتفاعی ۰ تا ۵۰۰ متر

در مجموع حدود ۲۹ گنبد نمکی رخمون یافته در محدوده سرزمینی ایران و جزایر متعلق به ایران وجود دارد (شکل ۲-). توجه به ویژگی‌های مورفومتری گنبد‌های این طبقه ارتفاعی (جدول ۲-)، نشان می‌دهد که پهناورترین گنبد‌های نمکی سری هرمز در این طبقه ارتفاعی قرار دارند و عمدتاً از لحاظ چین میزبان به استثناء گنبد‌هایی که در محدوده آب هستند، در محدوده پاتاق‌ها و ناودیس‌ها قرار دارند. این گنبد‌ها بیشترین مقدار گردشگی و شباهت به شکل دایره را نسبت به سایر گنبد‌های نمکی دارا هستند، همچنین کمترین ارتفاع را نسبت به سایر گنبد‌ها و پلاگ‌های سری هرمز دارا هستند و در محدوده آبی (خلیج فارس) تحت تأثیر دینامیک امواج دچار فرسایش می‌شوند. گنبد‌هایی که در این طبقه ارتفاعی قرار می‌گیرند بر روی نقشه‌های زمین‌شناسی و حریم گسل مجاورت چندانی را با گسل‌های اصلی و یا محلی نشان نمی‌دهند (شکل ۳- و جدول ۳-) که این عامل می‌تواند به دلیل پنهان و مدفون شدن گسل‌های پی‌سنگی به سبب رسوبات حاصل از فرسایش چین‌خوردگی‌ها و طاق‌دیس‌های زاگرس هرمزگان و فارس باشد.

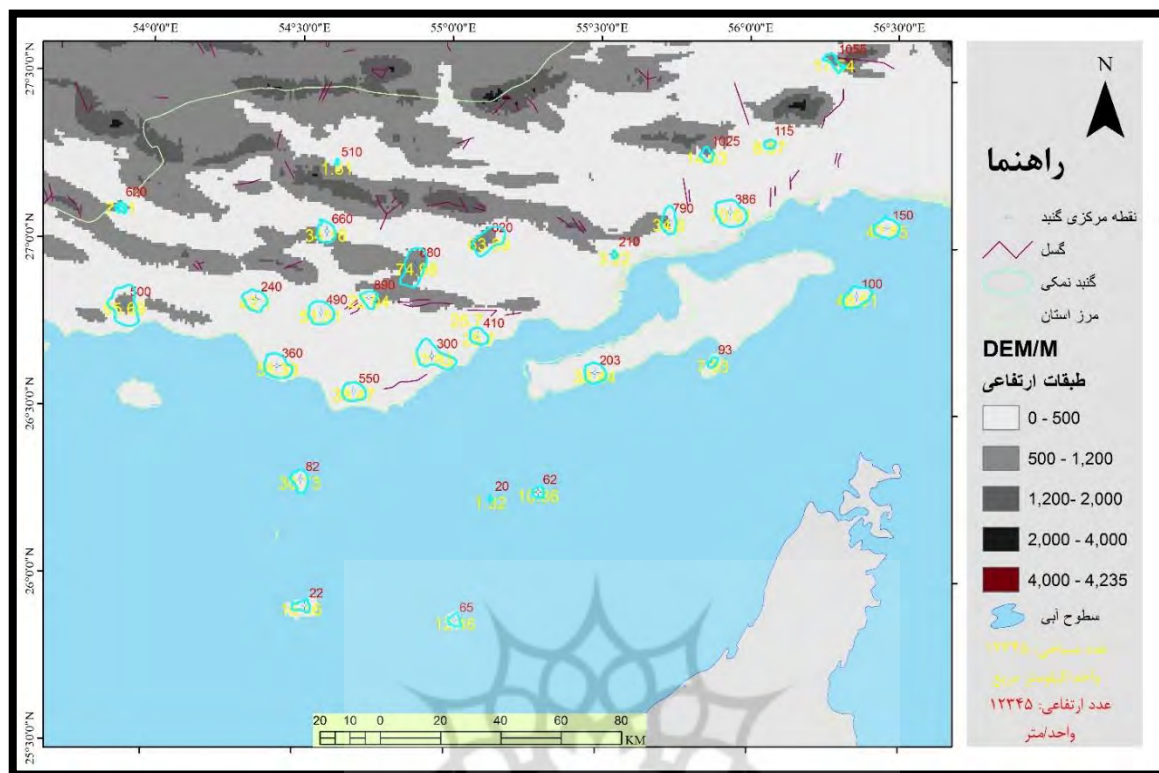
جدول ۲: تعداد و ویژگی‌های مورفومتری گنبد‌های نمکی قرار گرفته در دامنه ارتفاعی ۵۰۰-۰ متر

ارتفاع (M)	تعداد	میانگین مساحت (KM <sup>2</sup> )	بیشترین مساحت (KM <sup>2</sup> )	میانگین ارتفاع (M)	مرتفع ترین گنبد (M)	میانگین گرد شدگی
۰-۵۰۰	۲۹	۳۲/۷	۹۵/۷	۴۲۵/۳	۱۰۵۵	۱/۱۵
۵۰۰-۱۲۰۰	۴۵	۱۹/۶	۱۲۰/۳	۱۱۸۲/۶	۱۹۴۵	۱/۲۹
۱۲۰۰-۲۰۰۰	۲۹	۱۱/۷	۵۱/۵	۱۷۰۳/۴	۲۱۱۰	۱/۳۳
۲۰۰۰-۴۰۰۰	۱۹	۱۱/۵۸	۵۰	۲۵۶۶	۳۲۰۰	۱/۶

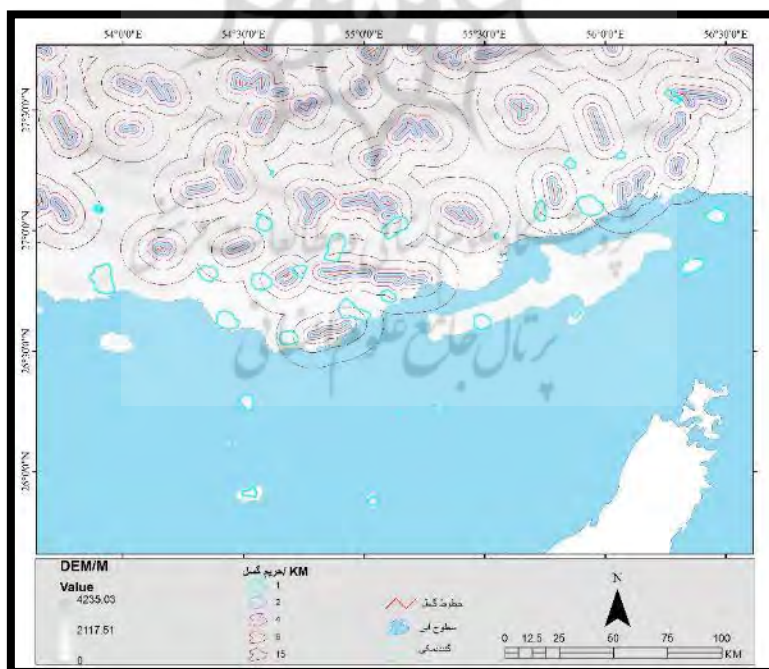
جدول ۳: میزان فواصل استخراج شده گنبد‌های نمکی در دامنه‌های ارتفاعی از حریم گسل‌ها

ارتفاع (M)	فاصله تا حریم ۱ کیلومتری گسل		فاصله تا حریم ۲ کیلومتری گسل		فاصله تا حریم ۴ کیلومتری گسل		فاصله تا حریم ۸ کیلومتری گسل		فاصله تا حریم ۱۵ کیلومتری گسل	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
۰-۵۰۰	۲۲/۳۲	۲۰/۹۵	۲۱/۳۲	۲۰/۹۴	۱۹/۴	۲۰/۸۷	۱۵/۹۱	۲۰	۱۲/۲۱	۱۲/۲۸
۵۰۰-۱۲۰۰	۴/۵	۳/۹	۳/۶۷	۳/۷۲	۲/۵	۳	۱/۷۴	۱/۶	۳/۶۴	۳
۱۲۰۰-۲۰۰۰	۲/۵	۳/۴	۲/۰۶	۳/۱	۱/۸۳	۲/۲۶	۲/۵۲	۱/۷	۶/۱۱	۳/۳۷
۲۰۰۰-۴۰۰۰	۱/۶۹	۲/۱۲	۱/۳	۱/۷۵	۱/۲	۱/۱۶	۲/۸۸	۲/۵۷	۹/۱۶	۵/۲۶

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۲: گنبد‌های نمکی رخنمون یافته در محدوده خلیج فارس و طبقه ارتفاعی ۵۰۰-+ متر



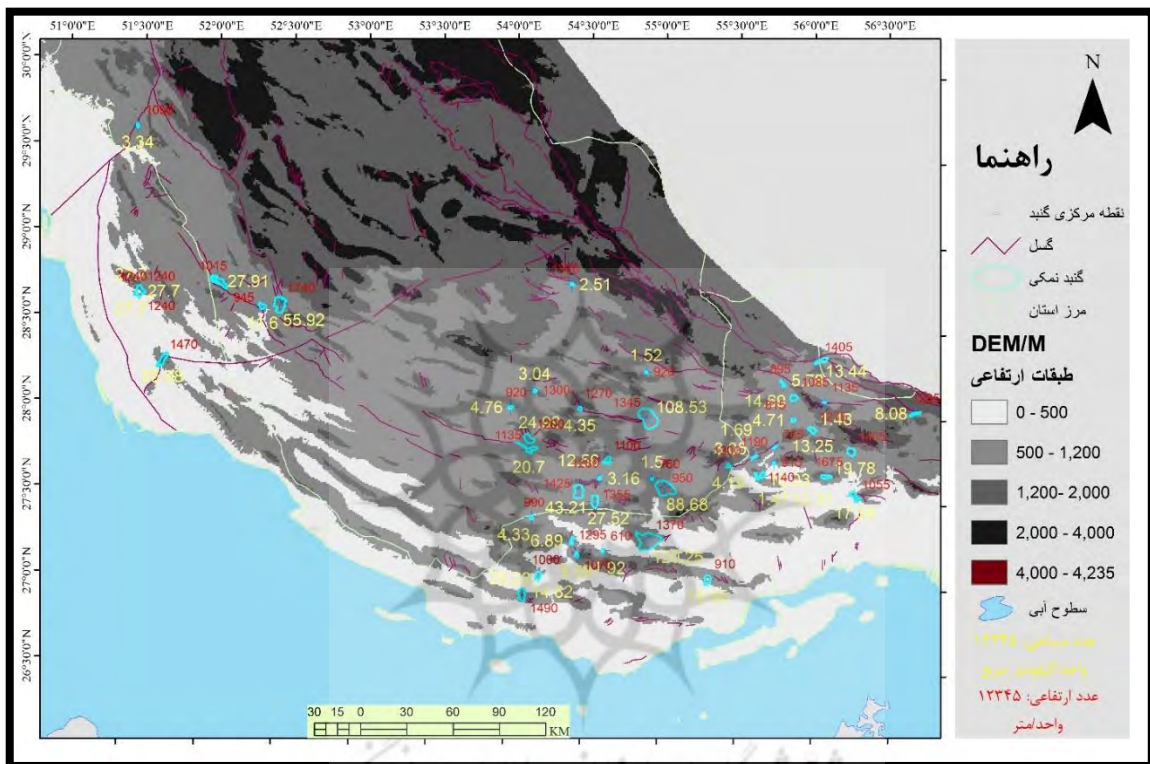
شکل ۳: نقشه حریم گنبد‌های قرارگرفته در طبقه ارتفاعی ۵۰۰-+ متر

۲- گنبد‌های قرارگرفته در طبقه ارتفاعی ۵۰۰ تا ۱۲۰۰ متر

گنبد‌های قرارگرفته در این واحد طبقاتی پرشمارترین گنبد‌های نمکی رخنمون یافته از سازند هرمز محسوب می‌شوند، محدوده فارس تمرکزگاه رخنمون این گنبد‌هاست (شکل-۴). این گنبد‌ها از لحاظ میانگین مساحت، مقدار مساحت کمتر و

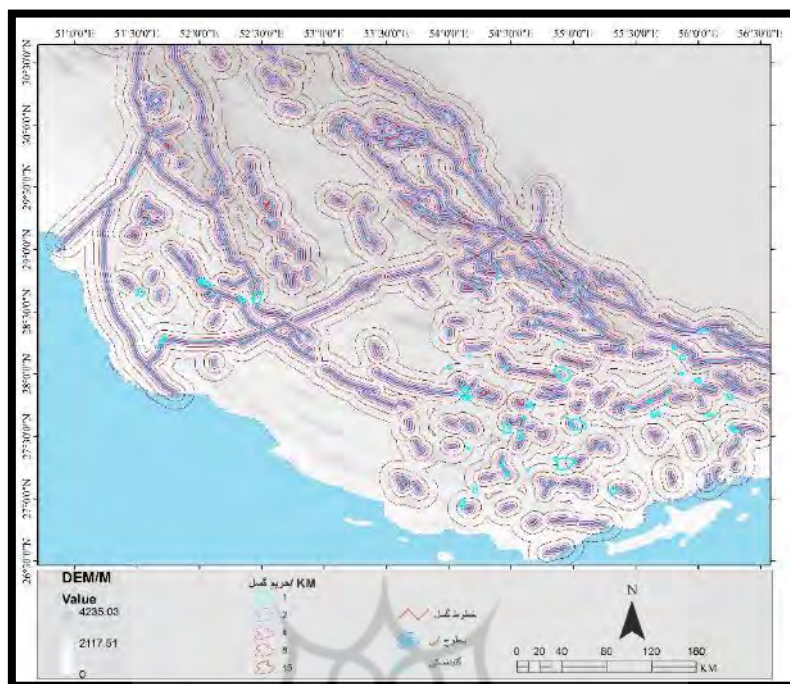


از لحاظ ارتفاعی، مقادیر ارتفاع بیشتری را نسبت به طبقه قبل نشان می‌دهد، همچنین این گنبدها از گردشگی کمتری نسبت به گنبدهای طبقه ماقبل (۵۰۰-۰) برخوردار هستند (جدول-۲). متمرکزترین محدوده رخمنون این دسته از گنبدهای نمکی در محدوده فارس در دو بخش زاگرس چین‌خورده و رو رانده است، همچنین در مغرب زاگرس فارس و بوشهر، در حوالی گسل‌های اصلی تعدادی از این گنبدها رخمنون یافته است (شکل-۴). ارتباط و نزدیکی این دسته از گنبدها با گسل‌ها نسبت به طبقه قبل بارزتر است، بالأخص در حاشیه گسل‌های اصلی و محدوده رو رانده زاگرس فارس (جدول-۳). در این طبقه نیز در برخی از مناطق مجاورت بعضی از گنبدها با گسل‌ها مشخص نیست (شکل-۵).



شکل ۴: گنبدها و پلاگ‌های نمکی رخمنون یافته در طبقات ارتفاعی ۵۰۰-۱۲۰۰ متر

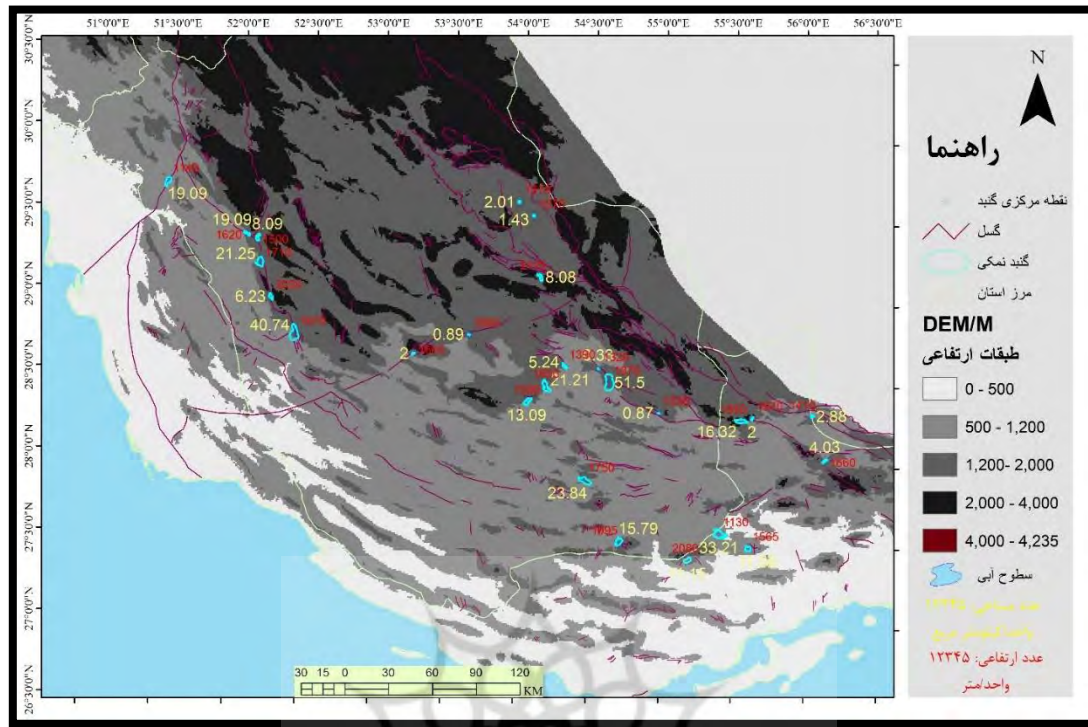
پرتال جامع علوم انسانی



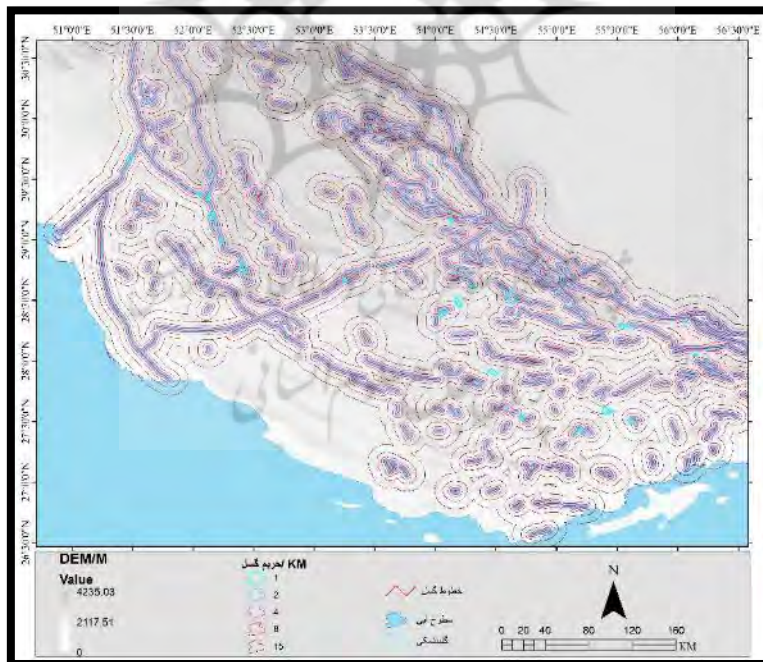
شکل ۵: نقشه حریم گنبد‌های قرارگرفته در طبقه ارتفاعی ۵۰۰-۱۲۰۰ متر

### ۳- گنبد‌های قرارگرفته در طبقه ارتفاعی ۱۲۰۰ تا ۲۰۰۰ متر

از ویژگی‌های بارز گنبد‌های نمکی این طبقه، قرارگیری در کنار گسل‌های اصلی زاگرس شامل: فسا، چهرم، کازرون و کره بس می‌باشد (شکل-۷). این گنبد‌ها نیز عمدتاً در فارس در دو محدوده رو رانده و چین‌خورده قرار دارند با این حال کشیدگی و رخمون آن‌ها تا محدوده کوه‌رنگ در استان چهارمحال و بختیاری ادامه می‌یابد. از دیگر ویژگی‌های بارز این گنبد‌ها تبعیت از جهت گسل‌های عامل رخمون آن‌هاست به طوری که در امتداد این گسل‌ها اغلب ۳ تا ۶ گنبد دیده می‌شود (شکل-۶). گنبد‌های این محدوده از لحاظ تعداد، فراوانی کمتری را نسبت به طبقه ماقبل خود دارا هستند، مساحت آن‌ها کاهش یافته و در اثر کشیدگی در امتداد گسل‌های اصلی میزان گردشدگی آن‌ها تقلیل پیدا کرده و تنها ارتفاع آن‌ها افزایش پیدا کرده است (جدول-۲).



شکل ۶: گنبدها و پلاگ‌های نمکی رخمنون یافته در طبقات ارتفاعی ۱۲۰۰-۲۰۰۰ متر

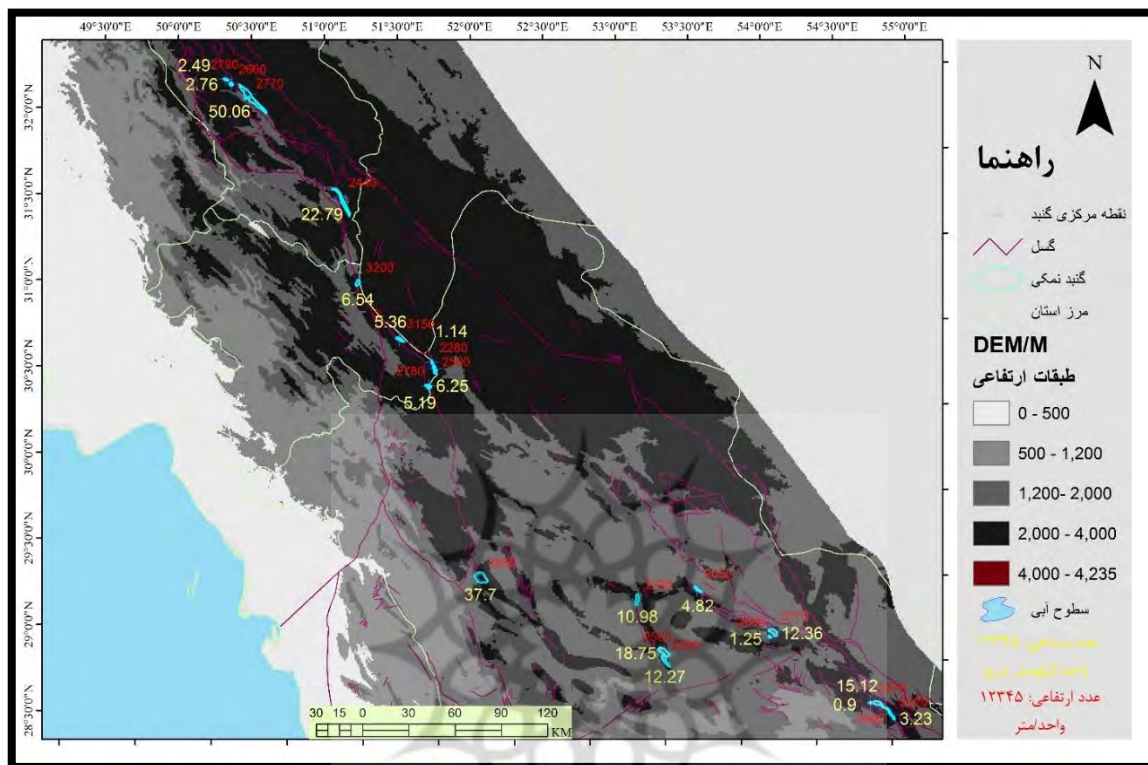


شکل ۷: نقشه حريم گنبدهای قرار گرفته در طبقه ارتفاعی ۱۲۰۰-۲۰۰۰ متر

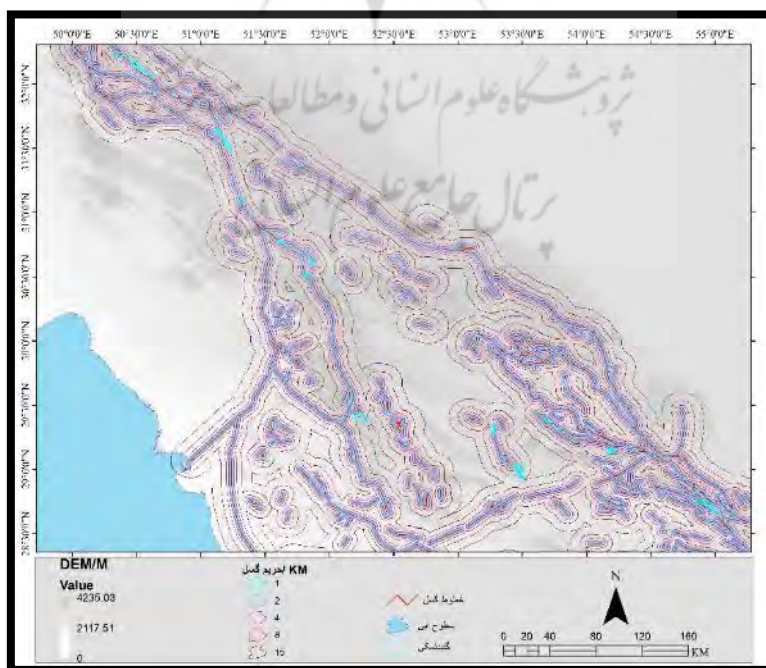
#### ۴- گنبدهای قرار گرفته در طبقه ارتفاعی ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ متر

تمامی گنبدهای نمکی قرار گرفته در این طبقه، در محدوده روراندگی زاگرس و مجاور گسل‌های اصلی و گسل جدید زاگرس قرار دارند (شکل ۹-). کم تعدادترین گنبدهای نمکی در این طبقه ارتفاعی قرار دارند، لکن مرتفع‌ترین رخمنون‌های سازندهای تبخیری نیز در همین طبقه قرار دارند و ارتفاع تمامی آنان از ۲۰۰۰ متر بالاتر است (جدول ۲-). کشیدگی در

جهت و امتداد گسل‌های اصلی (شکل-۹ و جدول-۳) به‌خوبی ارتباط و نقش گسل‌ها را در رخنمون این گنبدها تبیین می‌کند. مرز انتهایی رخنمون‌های این سازند نیز توسط گنبدهایی مشخص می‌شود که در ناحیه دهنو و سرآقاسید شهرستان کوهرنگ در امتداد رواندگی زاگرس رخنمون یافته‌اند و مورد بهره‌برداری مردم محلی قرار می‌گیرند (شکل-۸).



شکل ۸: گنبدها و پلاگ‌های نمکی رخنمون یافته در طبقات ارتفاعی ۲۰۰۰-۴۰۰۰ متر



شکل ۹: نقشه حریم گنبدهای قرار گرفته در طبقه ارتفاعی ۲۰۰۰-۴۰۰۰ متر



شکل ۱۰: تصویر- الف: عکس دره نمک، برداشت نمک از گنبدهای نمکی سری هرمز؛ دهنو کوهرنگ. ب: برداشت نمک از گنبدهای نمکی در روستای سراقاسید کوهرنگ- چهارمحال و بختیاری (عکس: امیر قادری).

#### بررسی پارامترهای مورفومتری گنبدهای نمکی در فرم‌های تکتونیکی و سطوح آبی

بررسی تعداد و پارامترهای مورفومتری گنبدهای نمکی در فرم‌های تکتونیکی نشان می‌دهد که تعداد ۷۲ گنبد نمکی در محدوده طاق‌دیس‌ها و روراندگی‌ها قرار دارند که کمترین مقدار مساحت را، با میانگین مساحت ۱۰/۸ کیلومترمربع، بیشترین مقدار ضریب گردشگی را با میانگین ۱/۴ و بیشترین ارتفاع را با میانگین ارتفاعی ۱۶۶۳ متر به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۴). در محدوده ناودیس و دشت‌ها تعداد ۳۳ گنبد نمکی رخنمون یافته که بیشترین مقدار مساحت را با ۳۶/۶ کیلومترمربع به خود اختصاص داده‌اند، میزان گردشگی آنان ۱/۲۶ و میانگین ارتفاع آن‌ها ۱۰۰۰ متر می‌باشد که از این لحاظ حد واسط گنبدهای قرار گرفته در سطح روراندگی- طاق‌دیس و خلیج‌فارس قرار دارند. تعداد ۱۷ گنبد نمکی در محدوده خلیج‌فارس رخنمون دارند که از این مقدار تعداد ۱۰ گنبد نمکی در حریم آبی ایران قرار دارند (جدول ۴). میانگین مساحت گنبدهای نمکی خلیج‌فارس از مساحت گنبدهای نمکی قرار گرفته در سطح روراندگی‌ها بیشتر و از گنبدهای نمکی سطوح دشتی کمتر است. بیشترین مقدار گردشگی به میزان ۱/۷۱ متعلق به گنبدهای نمکی محدوده خلیج‌فارس است و کمترین میزان ارتفاع با میانگین ارتفاعی ۸۸/۶ نیز متعلق به این گنبدها است (جدول ۴).

جدول ۴: پارامترهای مورفومتری گنبدهای نمکی گسترش یافته در محدوده طاق‌دیس و روراندگی‌ها

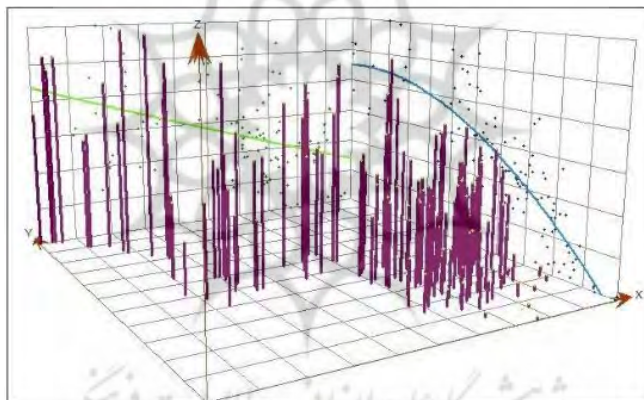
محدوده گسترش	تعداد	میانگین مساحت (KM <sup>2</sup> )	کمترین مساحت (KM <sup>2</sup> )	بیشترین مساحت (KM <sup>2</sup> )	میانگین گردشگی	میانگین ارتفاع (M)
طاق‌دیس و روراندگی‌ها	۷۲	۱۰/۸	۰/۳۳	۵۱/۵	۱/۴	۱۶۶۳
ناودیس و دشت	۳۳	۳۶/۶	۱/۵	۱۲۰/۳	۱/۲۶	۱۰۰۰/۷۰
خلیج فارس	۱۷	۲۱	۰/۸۷۵	۴۸/۵	۱/۱۷	۸۸/۶

بر اساس پارامترهای محاسبه شده در جدول ۴، هر چه از محدوده دریا به سمت خشکی و ارتفاعات برویم ارتفاع گنبدهای نمکی نیز افزایش و گردشگی گنبدهای نمکی کاهش پیدا می‌کند. در پارامتر مساحت گنبدهای نمکی، هر چه از مناطق پست به مناطق مرتفع‌تر می‌رویم مساحت گنبدهای نمکی کاهش پیدا می‌کند ولی پهناورترین گنبدهای نمکی در خشکی

و سطوح دشتی قرار دارند و خلیج فارس از این لحاظ حد واسط طاقدیس‌ها- روراندگی‌ها و دشت‌ها-ناودیس‌ها قرار دارد که از نقش آب و دینامیک امواج در مدفون کردن گنبد‌های نمکی در این زمینه نباید غافل شد.

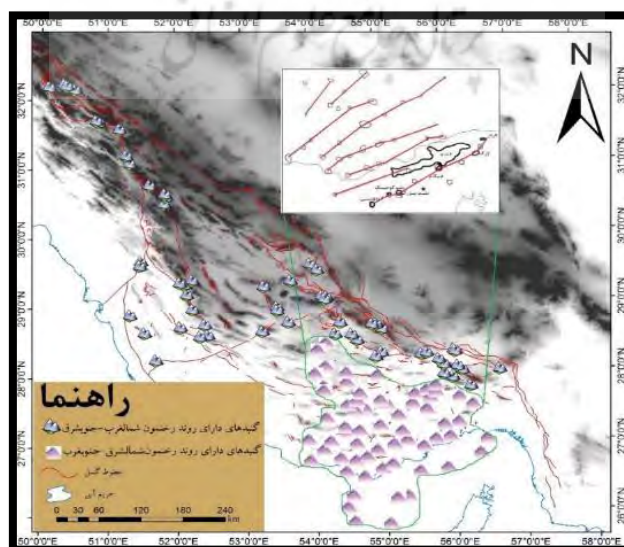
### بررسی جهت گسترش گنبد‌های نمکی

بر اساس نتایج حاصله از نمودار Trend (شکل-۱۱)، گنبد‌ها و پلاگ‌های نمکی سری هرمز دارای دو جهت اصلی هستند؛ ۱- جهت شمال باختری- جنوب خاوری که شامل تمامی گنبد‌هایی هستند که در بالاتر از گسل‌های چهارم و فسا قرار دارند؛ این گنبد‌ها تماماً در کنار گسل‌های اصلی محدوده زاگرس همچون، گسل تراست زاگرس، گسل کازرون و کره بس قرار دارند و به تبعیت از جهت گسل‌ها، گنبد‌ها نیز جهت آنان را به خود گرفته‌اند ۲- جهت شمالی جنوبی که گنبد‌ها و پلاگ‌های پایین‌تر از خطوط گسلی چهارم و فسا را شامل می‌شود. این گنبد‌ها شامل گنبد‌هایی است که تماماً در محدوده انبساط چین‌های زاگرس یعنی زاگرس فارس، هرمزگان و خلیج فارس قرار دارند و ارتفاع کمتری را نسبت به گنبد‌های سری اول دارا هستند، ارتباط این گنبد‌ها عمدتاً با گسل‌ها بارز و مشهود نیست و گسل‌های عامل رخنمون آن‌ها بر اساس یافته‌های پاژنگ و همکاران (۱۳۹۳) و مهرایی و همکاران (۱۳۹۴) گسل‌های پی‌سنگی است (شکل-۱۲) که عمدتاً دارای جهت شمال خاوری<sup>۰</sup> جنوب باختری هستند، لکن به سبب تراکم گنبد‌های نمکی نمودار Trend آن‌ها را در جهت شمالی<sup>۰</sup> جنوبی نمایش داده است.



شکل ۱۱: جهت گسترش گنبد‌های نمکی سری هرمز در جهات شمال- جنوب و شمال غرب- جنوب شرق با استفاده از نمودار

### Trend

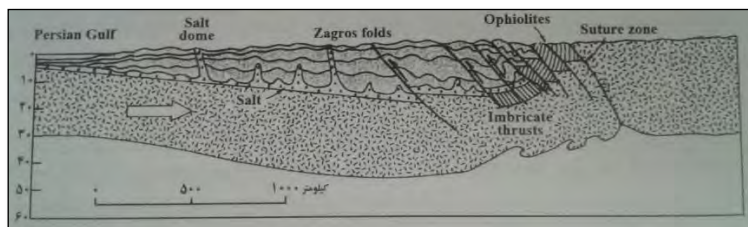


شکل ۱۲: جهات رخنمون گنبد‌های نمکی سازند هرمز در محدوده زاگرس

## نتیجه‌گیری

نتایج بررسی ضریب گردش‌دگی گنبد‌های نمکی سری هرمز نشان می‌دهد که؛ ضریب گردش‌دگی این گنبد‌ها بین مقادیر ۱ تا ۲/۳ قرار دارد و بر اساس طبقه‌بندی ارتفاعی صورت گرفته محدوده رخمون، هر چه از مناطق پست و کم ارتفاع فاصله بگیریم از مقدار گردش‌دگی گنبد‌های نمکی کاسته شده و بر انحراف از گردش‌دگی آن‌ها در امتداد گسل‌ها افزوده می‌شود به طوری که بیشترین مقادیر گردش‌دگی را طبقه ارتفاعی ۰-۵۰۰ متر و بیشترین مقدار انحراف از گردش‌دگی را طبقه ارتفاعی ۴۰۰۰-۲۰۰۰ متر، به ترتیب با میانگین مقادیر گردش‌دگی ۱/۱۵ و ۱/۶ دارا هستند. بررسی مقادیر مساحت و ارتفاع گنبد‌های نمکی نیز نشان می‌دهد که به طور کلی با افزایش ارتفاع محل رخمون، از مساحت گنبد‌های نمکی کاسته و بر ارتفاع آن‌ها افزوده می‌شود به گونه‌ای که گنبد‌های قرار گرفته در طبقه ارتفاعی ۰-۵۰۰ متر دارای میانگین مساحت ۳۲/۷ کیلومتر مربع و میانگین ارتفاع ۴۲۵/۳ متر و طبقه ارتفاعی ۲۰۰۰-۴۰۰۰ مقدار مساحت به ۱۱/۵۸ کاهش و ارتفاع به ۲۵۵۶ افزایش پیدا می‌کند. بررسی رفتار ویژگی‌های مورفومتری در چین‌های میزبان و سطوح آبی (خلیج فارس) نشان می‌دهد؛ هر چه از محدوده دریا به سمت خشکی و ارتفاعات برویم ارتفاع گنبد‌های نمکی نیز افزایش و گردش‌دگی گنبد‌های نمکی کاهش پیدا می‌کند و هر چه از مناطق پست به مناطق مرتفع‌تر می‌رویم مساحت گنبد‌های نمکی کاهش پیدا می‌کند ولی پهناورترین گنبد‌های نمکی در خشکی و سطوح دشتی قرار دارند و خلیج فارس از این لحاظ حد واسط طاق‌دیس‌ها-روران‌دگی‌ها و دشت‌ها قرار دارد که از نقش آب در مدفون کردن گنبد‌های نمکی در این زمینه نباید غافل شد. نتایج جهت‌شناسی رخمون گنبد‌های نمکی سری هرمز نشان می‌دهد که این گنبد‌ها در دو جهت اصلی رخمون پیدا کرده‌اند، گنبد‌هایی که بالاتر از گسل‌های چهارم، فسا و در ناحیه زاگرس مرتفع قرار دارند، در امتداد گسل‌های اصلی با جهت شمال باختری-جنوب خاوری رخمون پیدا کرده‌اند و گسل‌هایی که پایین‌تر از گسل‌های چهارم و فسا، در ناحیه زاگرس چین‌خورده و خلیج فارس قرار دارند با جهت شمالی<sup>۰</sup> جنوبی بر اساس نمودار Trend رخمون یافته‌اند که بر اساس نظر پژوهشگران تمامی این گنبد‌ها در کنار گسل‌های پی‌سنگی با جهت رخمون شمال‌شرق-جنوب‌غرب قرار دارند.

در مجموع می‌توان گفت که ویژگی‌های مورفومتری گنبد‌های نمکی انعکاس ویژگی واحد‌هایی هستند که این گنبد‌ها در آن‌ها رخمون یافته‌اند. مطابق شکل ۱۳، که تحول زاگرس را در ارتباط با فرورانش صفحه عربی به زیر ایران مرکزی را نشان داده است، مرز شمالی و شمال شرقی سازند هرمز گسل اصلی زاگرس بوده است که به دلیل افزایش حجم رسوبات از ناحیه خلیج فارس به سمت ناحیه روران‌دگی، فرآیند دی‌پرسیسم به دلیل حجم رسوبات رویی ضعیف‌تر می‌شود و در ناحیه روران‌دگی گسل‌های اصلی با روند شمال غرب-جنوب شرق رخمون این سازند را در امتداد گسل‌ها تسهیل می‌سازد. مطابق این شکل گنبد‌های نمکی در محدوده خلیج فارس و زاگرس چین‌خورده از لحاظ پارامترهای مورفومتری، گردش‌دگی بیشتر و ارتفاع کمتری دارند ولی در ناحیه زاگرس رو رانده و سطوح چین‌خوردگی کشیدگی و ارتفاع بیشتری دارا هستند.



شکل ۱۳: طرح شماتیک از تحول زاگرس در محل برخورد دو پوسته قاره ای ایران و عربستان و موقعیت سازند هرمز در محدوده چین خورده و رورانده (منبع علایی طالقانی، ۱۳۸۸: به نقل از هانیس و مک کیولین).

## منابع

- افشاری، سمیه؛ آقا محمدی زنجیرآباد، حسین، ۱۳۹۵، پایش رشد و پیشروی گنبد‌های نمکی زمین‌شناسی به‌منظور تعیین شدت فعالیت آن‌ها با استفاده از تصاویر *SAR* (مطالعه‌ی موردی؛ گنبد نمکی گچین)، ماهنامه علمی<sup>۰</sup> ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز، شمار ۱۳۸، صص. ۴۶-۵۲.
- پاژنگ، سپیده؛ کدخدائی، علی؛ زمانی، بهزاد؛ برگریزان، محمود و یوسف پور، محمدرضا، ۱۳۹۳، معرفی ۱۷ گنبد نمکی مدفون و غیر مدفون بر اساس داده‌های لرزه‌ای در تنگه هرمز (بلوک *E*)، مجله پژوهش نفت، شماره ۸۴، صص. ۱۵۰-۱۶۰.
- جداری عیوضی، جمشید، ۱۳۷۴، ژئومورفولوژی ایران، چاپ؛ سیزدهم، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.
- جهانی، سلمان، ۱۳۹۱، تکنونیک نمک، چین خوردگی و خمش در زاگرس خلیج فارس، مجموع مقالات سی‌امین گردهمایی علوم زمین، صص. ۱-۹.
- حاجتی، حسین، ۱۳۷۷، پترولوژی و ژئوشیمی سنگ‌های آذرین دیابیرهای دشتک رساله کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان.
- رجبی، معصومه؛ شیری طرزم، علی، ۱۳۹۳، بررسی تطبیقی ویژگی‌های کمی گنبد‌های نمکی طاق‌دیزی و ناودیزی شمال غرب ایران، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال سوم شماره ۱، صص. ۸۰-۹۶.
- عقیفی، محمدابراهیم؛ کردوانی، پرویز، ۱۳۸۷، گنبد‌های نمکی بستک هرمزگان و تأثیر آن بر منابع آب‌و خاک، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال پنجم، شماره ۱۸، صص. ۵۵-۷۰.
- علایی طالقانی، محمود، ۱۳۸۸، ژئومورفولوژی ایران، چاپ؛ ششم، انتشارات؛ قومس، تهران.
- علیزاده، امین، ۱۳۸۲، اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ شانزدهم، انتشارات دانشگاه امام‌رضا، مشهد.
- کاسبی، ساناز؛ وطنی، علی؛ بحرودی، عباس و بهرامی کهبیش نژاد، مریم، ۱۳۹۲، بررسی ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در گنبد‌های نمکی، ماهنامه علمی- ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز، شماره؛ ۱۰۹، صص. ۲۷-۳۳.
- متولی زاده نائینی، ناهید؛ رامشت، محمدحسین؛ صلحی، سینا، ۱۳۹۰، بررسی مورفومتری و ژئومورفولوژی گنبد نمکی قم، مجموع مقالات سی‌امین گردهمایی علوم زمین.
- معیری، مسعود؛ احمدی‌نژاد، یعقوب، ۱۳۸۵، پدیده دیابیریسم و تأثیر آن بر آلودگی رودخانه شور دهرم، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۶، صص. ۳۳-۴۵.
- مهدوی، رسول؛ بلوچ اکبری، زینب؛ پوستی، محمد و غلامی، حمید، ۱۳۹۶، اولویت‌بندی گنبد‌های نمکی جنوب غرب هرمزگان برای دفن پسماندهای اتمی با تأکید بر حفاظت از حوز آبخیز، مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، شماره پانزدهم، صص. ۷۳-۸۶.
- مهرایی، علی؛ داستانیپور، محمد؛ رادفر، شهباز؛ وزیری، محمدرضا و درخشانی، محمدرضا، ۱۳۹۴، شناسایی خطواره‌های گسلی کمربند چین‌خورده- راندگی زاگرس بر پایه تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و تعیین ارتباط آن‌ها با موقعیت گنبد‌های نمکی رخنمون یافته سری هرمز با استفاده از تحلیل‌های *GIS*، مجله علوم زمین، صص. ۱۷۰-۳۲.



- Abdolmaleki, N. Motagh, M. Bahroudi, A. Sharifi, M. A. & Haghghi, M. H., 2014, Using Envisat InSAR time-series to investigate the surface kinematics of an active salt extrusion near Qum, Iran. *Journal of Geodynamics*, 81, pp.56-66.
- Arian, M. & Noroozpour, H., 2015, Tectonic Geomorphology of Iran's Salt Structures. *Open Journal of Geology*, 5(02), pp. 61.
- Carter, R. C., Gani, M. R., Roesler, T., & Sarwar, A. K., 2016, Submarine channel evolution linked to rising salt domes, Gulf of Mexico, USA. *Sedimentary Geology*, 342, pp.237-253.
- Claringbould, J. S. Hyden, B. B. Sarg, J. F. & Trudgill, B. D., 2013, Structural evolution of a salt-cored, domed, reactivated fault complex, Jebel Madar, Oman. *Journal of Structural Geology*, 51, pp.118-131.
- Hansen, F. D. & Leigh, C. D., 2011, Salt disposal of heat-generating nuclear waste. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories.
- Jackson, J.A. and Bates, R.L., 1997, *Glossary of Geology*. 4th Edition, American Geological Institute, Alexandria.
- Jahani, S. Callot, J. P. de Lamotte, D. F. Letouzey, J. & Leturmy, P., 2007, The salt diapirs of the eastern Fars province (Zagros, Iran): A brief outline of their past and present. In *Thrust Belts and Foreland Basins*, pp. 289-308
- Mortazavi, M., Heuss-Assbichler, S., & Shahri, M., 2017, Hydrothermal systems in the salt domes of south Iran. *Procedia Earth and Planetary Science*, 17, pp.913-916.
- Shafiq, M. A., Alaudah, Y., Di, H., & AlRegib, G., 2017, Salt dome detection within migrated seismic volumes using phase congruency. In *SEG Technical Program Expanded Abstracts*, pp. 2360-2365.
- Thomas, R. J. Ellison, R. A. Goodenough, K. M. Roberts, N. M. & Allen, P. A. (2015). Salt domes of the UAE and Oman: probing eastern Arabia. *Precambrian ResArch*, 256, pp.1-16.