معرفی ۱۷ گنبد نمکی مدفون و غیرمدفون براساس داده‌های لرزه‌ای در تنگه هرمز (بلوک E)

سپیده پاژنگ*[۱]، علی کدخدائی[۱]، بهزاد زمانی[۱]، محمود برگریزان[۲] و محمدرضا یوسف‌پور[۳]

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، ایران

۲- شرکت مهندسی و خدمات پارس پترو زاگرس، تهران، ایران

۳- شرکت نفت فلات قاره، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۴ تاریخ پذیرش:۹۳/۷/۱۳

چکیده

مطالعات زمین‌شناسی و تهیه نقشه‌های سطحی و زیر سطحی برای نمایش ساختارهای تکتونیکی و سیر تکاملی وقایع زمین‌شناسی، یکی از مسائلی است که همواره مورد توجه زمین‌شناسان بوده است. هدف اصلی در این مطالعه شناسایی گنبدهای نمکی موجود در تنگه هرمز با استفاده از داده‌های زیرسطحی است . منطقه مورد مطالعه در جنوب ایران و در تنگه هرمز واقع شده است. این منطقه برای شرکت نفت تحت عنوان بلوک E با مختصات °۵۵ تا °۵۶ طول شرقی و '۳۰ °۲۵ تا °۲۷ عرض شمالی شناخته شده است. به منظور ساخت مدل سه بعدی ساختارهای نمکی مدفون تنگه هرمز از داده‌های چاه، خطوط لرزه‌ای، به همراه نقشه UGC زمانی رأس سازند داریان و نرم‌افزار پترل استفاده شده است. نقشه‌های پراکندگی هفده گنبد نمکی مدفون و رخنمون یافته در گستره تنگه هرمز و نیز مختصات مرکز هر کدام به همراه عمق دفن آنها از جمله نتایج به‌دست آمده از این مطالعه است. تمرکز این دیاپیرها در بخش غربی تنگه هرمز است و احتمال می‌رود ضخامت سازند هرمز در این بخش بیش از بخش‌های شرقی و مرکزی باشد. در نهایت هشت گنبد به نقشه پراکندگی گنبدهای نمکی ایران اضافه گردید. فاصله مابین هرکدام از این گنبدها در بخش دریایی در حدود km ۳۵ برآورد شد و مشخص گردید دیاپیرهای نمکی جنوب ایران منطبق بر روند NE-SW یا همان روند خطواره هندورابی است.

کلمات کلیدی: مدل‌سازی، پراکندگی گنبدهای نمکی، تنگه هرمز، خطوط لرزه‌ای، تکتونیک منطقه

مقدمه

گنبد نمکی ساختار زمین‌شناسی گنبدی شکلی است که در اثر حرکت نمک و صعود آن تشکیل می‌شود و از نظر مکانیسم تغییر شکل، دارای رفتار پلاستیک می‌باشد. در واقع گنبدهای نمکی در اثر ناپایداری ثقلی لایه‌هایی با چگالی کمتر (نمک)، که توسط سنگ‌هایی با چگالی بیشتر پوشیده شده‌اند و در اثر نیروی شناوری به وجود می‌آیند [۱].

ایران از نظر رسوبات تبخیری بسیار غنی است و بهترین نمونه‌های گنبد نمکی شناخته شده در

*مسؤول مکاتبات
آدرس الکترونیکی Pajang_Sepide@Tabrizu.ac.ir

دنیا مربوط به جنوب ایران و کویر مرکزی می‌باشد. گنبدهای نمکی از لحاظ ذخیره‌سازی گاز، وجود تله‌های هیدروکربنی و منابع اقتصادی با ارزش، حائز اهمیت هستند. این گنبدها از آغاز مطالعات زمین‌شناسی در ایران مورد توجه زمین‌شناسان بوده‌اند اما بیشتر مطالعات محدود به تعیین ابعاد، سن و زمان فعالیت آنها است.

استفاده بهینه و مطلوب از ساختارهای نمکی در جهت اکتشافات هیدروکربور مستلزم توجه ویژه به امر مطالعه و بررسی این ساختارها است. مطالعه همه جانبه و درک ویژگی‌های آنها از تمامی ابعاد به ویژه چینه‌شناسی، زمین‌شناسی ساختاری، ژئوفیزیک و ویژگی‌های رسوب‌شناسی به امر یافتن راهکارهای توسعه‌ای و استفاده مطلوب از قابلیت‌های این نوع ساختارها کمک شایانی می‌نماید. مطالعه، تجزیه و تحلیل ساختارهای نمکی جهت شناخت وضعیت زمین‌شناسی و عوارض تکتونیکی امری ضروری و اجتناب ناپذیر به‌شمار می‌آید. مدل‌سازی یکی از قویترین و مفیدترین روش‌های تحلیل و بررسی عملکرد ساختارهای نمکی است که با هدف مطالعه دقیق‌تر این ساختارها و دسترسی به نتایج مناسب‌تر انجام می‌پذیرد [۲]. تعبیر و تفسیر اطلاعات لرزه‌نگاری یکی از ارکان مهم و اصلی در تصمیم‌گیریهای مرتبط با اکتشاف ذخایر هیدروکربنی است. امروزه ارزش اطلاعات تفسیر لرزه‌نگاری جهت اتخاذ تصمیمات اساسی در استخراج و بهره‌برداری بهینه از مخازن نفت و گاز برای کلیه شرکت‌های نفتی مشخص است، به‌طوری‌که اطلاعات لرزه‌نگاری یکی از داده‌های کلیدی در تهیه طرح جامع مخازن به‌شمار می‌رود. در این مقاله تلاش بر این است تا با استفاده از تکنیک مدل سازی سه بعدی، به موقعیت گنبدهای نمکی مدفون و غیرمدفون تنگه هرمز که احتمالاً پتانسیل بالقوه تله هیدروکربنی دارند، پی برده شود.

پیشینه مطالعاتی

یافته‌های تجربی مکتوب قابل دسترس در مورد گنبدهای نمکی بیشتر به اوایل قرن نوزدهم باز می‌گردد. این گنبدها از آغاز مطالعات زمین‌شناسی در ایران مورد توجه اغلب زمین‌شناسان قرار گرفته‌اند. همچنین حدود ۵۵۰۰ مقاله در زمینه تکتونیک نمک منتشر شده که بیش از نیمی از آنها به بعد از سال ۱۹۹۰ مربوط می‌باشد [۳].

Blanford در سال ۱۸۷۲، برای اولین بار نام سری هرمز را برای توصیف گنبدهای نمکی ناحیه جنوب ایران بکار برد [۴]. Richardson در سال ۱۹۲۹، بررسی اولیه ۶۳ گنبد نمکی را انجام داده و نقشه ناحیه‌ای منطقه را ترسیم کردند [۵]. آنها به توصیف حرکت نمک[1] و دگرگونی مجاورتی شیل‌ها توسط سنگ‌های نفوذی سری هرمز پرداختند. Player در سال ۱۹۶۹، به بررسی نسبتاً کامل گنبدهای نمکی در زاگرس پرداخته، فهرست کاملی از آنها را به همراه شماره شناسایی تهیه نموده است [۶]. او به نوع شکل، فعالیت، زمان فعالیت، سنگ‌شناسی، شرایط ایجاد و ارتباط آنها با یکدیگر از نظر ساختاری و گسل‌های پی‌سنگی پرداخته و در مجموع گزارش کاملی برای شناسایی اولیه گنبدهای نمکی منتشر نموده است. Haffer و همکاران در سال ۱۹۷۷ با استفاده از داده شرکت نفت هرمز به بررسی زمین‌شناسی تنگه هرمز و جنوب ایران پرداختند [۷]. آنها با استفاده از داده‌های لرزه‌ای سال‌های ۱۹۷۲الی۱۹۷۶ و همچنین داده‌های چاه‌های HD-1 و HA-1 که به ترتیب در سال های ۱۹۷۳ و ۷۶-۱۹۷۵ حفاری شده‌اند، به طور دقیق‌تر سازندها، دگرشیبی‌ها و روندهای ساختاری منطقه را بررسی کردند. Bosak در سال ۱۹۹۸ بعد از پلایر به بررسی دقیق تعدادی از گنبدهای نمکی در زاگرس (هرمزگان، لارستان، فارس‌شرقی و خلیج‌فارس) پرداخته و او نیز شماره شناسایی برای هر گنبد را تهیه و در یک نقشه محل و موقعیت آنها را ترسیم کرد [۸].

1. Salt glacier

جهانی و همکارانش در سال ۲۰۰۷، به توصیف مورفولوژی و فعالیت‌های حال حاضر گنبدهای نمکی شرق زاگرس، براساس داده‌های منتشر شده و مطالعات میدانی پرداخته‌اند [۱۰و۹]. آنها گنبدهای نمکی زاگرس را براساس مورفولوژی و شکل به شش گروه تقسیم کرده و از سوی دیگر به بحث پیرامون سن جنبش‌های نمک و ژئودینامیک منطقه مورد بررسی قرار داده‌اند.

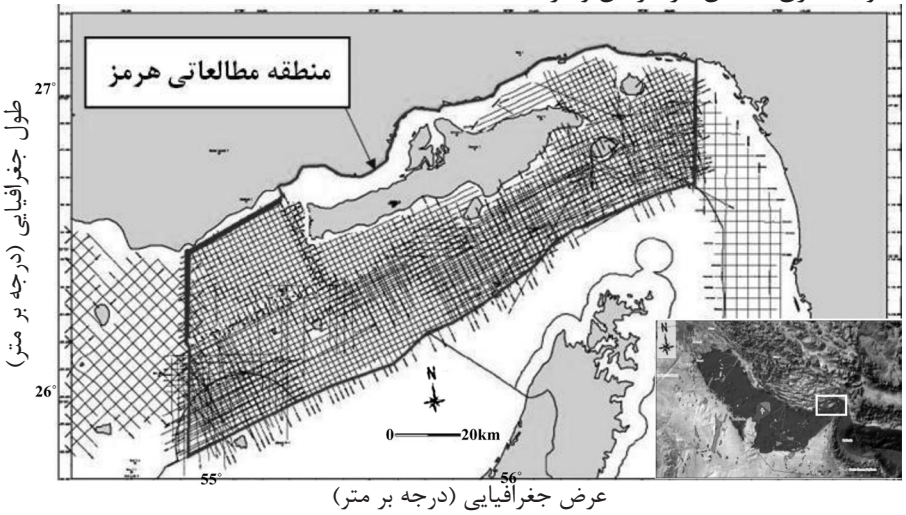
موقعیت جغرافیایی

منطقه مورد مطالعه در جنوب ایران و در تنگه هرمز واقع شده است. این منطقه برای شرکت نفت تحت عنوان بلوک E با مختصات ۵۵° تا ۵۶° طول شرقی و ۳۰' ۲۵° تا ۲۷° عرض شمالی شناخته شده است. با توجه به اهمیت اقتصادی ناحیه مورد نظر، این ناحیه به‌طور گسترده‌ای تحت پوشش فعالیت‌های اکتشافی از جمله برداشت اطلاعات لرزه‌نگاری قرار گرفته است. برای نمونه به برداشت لرزه‌نگاری PC2000 (شرکت هلندی و نروژی استات اویل که در سال ۲۰۰۰ طی پروژه‌ای از تمام آب‌های خلیج فارس و دریای عمان برداشت لرزه‌ای به عمل آوردند) می‌توان اشاره کرد. شکل ۱ موقعیت منطقه را به همراه پوشش داده‌های لرزه‌نگاری تنگه هرمز نشان می‌دهد.

تنگه هرمز در جنوب شرق استان هرمزگان و در حد فاصل خلیج فارس و دریای عمان قرار دارد. این منطقه خود محل تلاقی چند پهنه زمین‌شناسی و مهم نظیر: الف) امتداد زاگرس و کمربند چین خورده آن در شمال و شمال غرب ب) پلتفرم عربی در جنوب و جنوب غرب ج) حوزه رسوبی مکران در شمال شرق و د) کوه‌های عمان و شبه جزیره مسندام در جنوب می‌باشد [۷].

زمین‌ساخت ناحیه‌ای زاگرس

کمربند چین‌راندگی زاگرس که در بخش میانی رشته کوه‌های آلپ هیمالیا واقع شده است، در حاشیه شمال شرقی ورقه عربی قرار گرفته و از جمله جوان‌ترین کوه‌زادهای سنوزوئیک به شمار می‌رود [۱۳-۱۱]. کمربند کوهزاد زاگرس با روند شمال غرب-جنوب شرق، با طول حدود ۱۸۰۰ کیلومتر، در سمت شمال غرب از گسل چپ‌گرد شرق آناتولی آغاز و به سمت جنوب شرق تا گسل راستگرد میناب ادامه می‌یابد و توسط این گسل از منشورهای بهم افزوده مکران جدا می‌شود [۱۴] کمربند چین- راندگی زاگرس نتیجه باز و بسته شدن محدوده اقیانوس نئوتتیس و همگرایی پیوسته بین ورقه عربی و اوراسیا است [۱۸-۱۱]. حد شمال شرقی کمربند زاگرس را زون سنندج- سیرجان و حد جنوب غربی آن را فرو افتادگی خلیج فارس و سپر عربستان مشخص می‌کند.



شکل ۱- محدوده منطقه مورد مطالعه و پوشش لرزه‌ای تنگه هرمز [۱۴]

کمربنـد چیـن- راندگـی زاگـرس دارای تاریخچـه زمین‌سـاختی طولانـی می‌باشـد، کـه در پنـج مرحلـه خلاصـه می‌شـود:

۱- مرحله فلات قاره در طی پالئوزوئیک

۲- کافت‌زایی[1] در طی پرمین و تریاس

۳- حاشـیه قـاره‌ای غیـر فعـال اقیانـوس نئوتتیـس در ژوراسـیک و اوایـل کرتاسـه

۴- جاگیری افیولیت در اواخر کرتاسه

۵- برخـورد صفحـه عربـی بـا صفحـه اوراسـیا و کوتـاه شـدگی پوسـته در زمـان نئـوژن [۱۷و۲۱-۱۹].

در زمـان پرکامبریـن و کامبریـن پیشـین، در شـمال و جنـوب شـرق خلیـج فـارس، سـری تبخیـری هرمـز بـا ضخامـت زیـادی رسـوب‌گذاری کـرده اسـت. خـط عمان، در ادامـه رونـد کوه‌هـای عمـان حـد شـرقی رسـوبات تبخیـری پرکامبریـن کامبریـن را مشـخص می‌کنـد [۲۲].حـد غربـی سـری هرمـز را بلنـدای قطـر در بخـش میانـی خلیـج فـارس مشـخص می‌کنـد [۲۳]. عـلاوه برایـن در منطقـه شـمال غـرب خلیـج فـارس و جنـوب غـرب خوزسـتان شـواهدی مبنـی بـر رسـوب‌گذاری تبخیـری سـری هرمـز وجـود دارد [۲۴].

نرم‌افـزار پتـرل[2]، فرمـت SEG_Y و مدل‌سـازی گنبدهـای نمکـی

پتـرل یکـی از نرم‌افزارهـای رایانـه‌ای توانـا بـرای تفسـیر و مدل‌سـازی سـاختارهای زیرزمینـی اسـت کـه توسـط شـرکت شـلومبرژه بـه دنیـای صنعـت نفـت معرفـی شـده اسـت. ایـن نرم‌افـزار امکانـات لازم بـرای شـروع از تفسـیر لـرزه‌ای تـا شبیه‌سـازی سـه بعـدی را در یـک بسـته نرم‌افـزاری فراهـم آورده اسـت بـه همیـن علـت مـورد توجـه ژئوفیزیسـت‌ها، زمین‌شناسـان و مهندسـین نفـت قـرار گرفتـه اسـت.

از ویژگی‌هـای ایـن نرم‌افـزار معرفـی فرمـت جدیـد بـرای داده‌هـای لرزه‌نـگاری اسـت. بـا توجـه بـه بـالا بـودن محاسـبات پـردازش داده‌هـای لرزه‌نـگاری، امـکان اسـتفاده از رایانه‌هـای شـخصی بدیـن منظـور وجـود نـدارد، امـا ایـن فرمـت جدیـد، مقـدار درگیـری حافظـه و CPU رایانـه را کاهـش داده و در نتیجـه کاربـر قـادر بـه اسـتفاده از ایـن نرم‌افـزار حتـی در سیسـتم‌های شـخصی خـود اسـت.

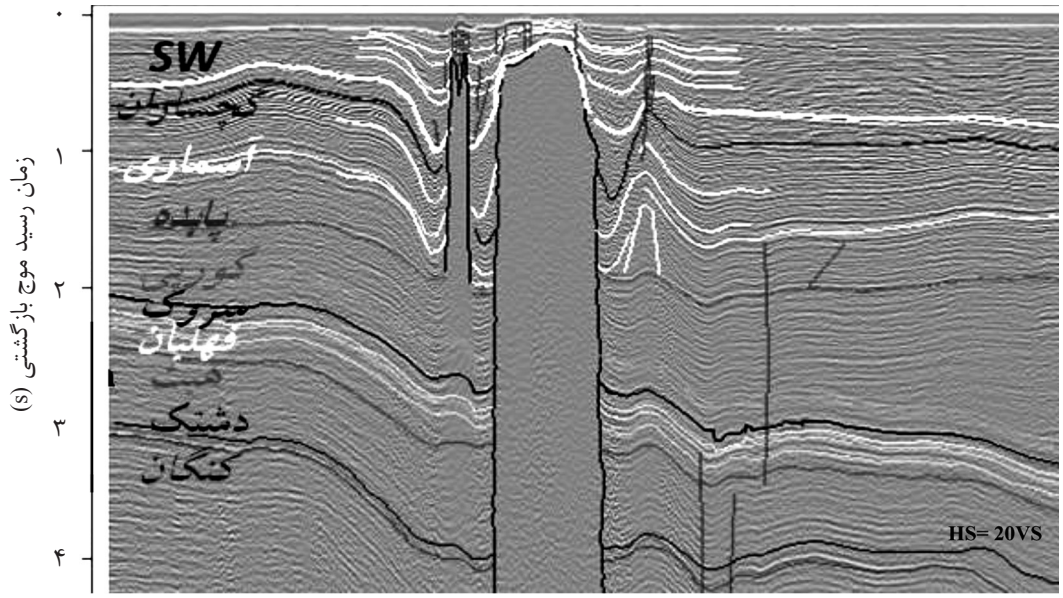
یکـی از شـایع‌ترین فرمـت اسـتاندارد داده‌هـای لـرزه‌ای، فرمـت SEG_Y اسـت [۲۵]. به‌طـور کلـی فرمـت SEG_Y، پذیرفتـه شـده‌ترین فرمـت مشـترک داده‌هـای لـرزه‌ای دریایـی و خشـکی اسـت [۲۶]. ایـن فرمـت در سـال‌های ۱۹۷۳تـا ۱۹۷۵ توسـعه پیـدا کـرد و بـه عنـوان یکـی از فرمت‌هـای اسـتاندارد در دریافـت و ذخیره‌سـازی داده‌هـای لـرزه‌ای شـناخته شـده اسـت [۲۷]. داده‌هـای لـرزه‌ای اسـتفاده شـده در ایـن پژوهـش پـس از پردازش‌هـای لازم بـا همیـن فرمـت هسـتند.

مدل‌سـازی عبـارت از شـبیه سـازی یـک محیـط بـا وسـعت زیـاد و بـا خصوصیـات فیزیکـی ناهمگـن، در ابعاد کوچک‌تـر و بـا ساده‌سـازی خصوصیـات فیزیکـی اسـت. ایـن مدل‌هـا، انـواع گوناگونـی همچـون مـدل فیزیکـی، ریاضـی، عـددی و نرم‌افـزاری دارنـد. بـا تکنیک‌هایـی ماننـد مدل‌سـازی سـه بعـدی عـلاوه بـر رسـاندن میـزان ریسک‌شناسـایی ذخایـر هیدروکربنـی بـه حداقـل، از لحـاظ مالـی نیـز، صرفه‌جویـی قابـل توجهـی می‌شـود، زیـرا بـا اسـتفاده از شـیوه‌های مرسـوم اکتشـافی، هزینـه زیـادی صـرف خواهـد شـد کـه در صـورت عـدم کشـف منبـع جدیـد، تمـام ایـن هزینه‌هـا بـه هـدر خواهـد رفـت.

گنبدهـای نمکـی در خطـوط لـرزه‌ای بـا نشـانه‌ها و علائمـی قابـل شناسـایی هسـتند. از جملـه ایـن علائـم می‌تـوان بـه کشـیدگی بـه سـمت بـالای امـواج بازتابـی، آشـفتگی در سـطوح لایه‌هـا، سـاختارهای مرتبـط بـا گنبدهـا ماننـد ناودیس‌هـای حاشـیه‌ای، گسـل‌های عـادی بـا شـبکه شـعاعی و مـوازی و لایه‌هـای کـج شـده بـالای گنبدهـا، اشـاره کـرد.

قـدم اول در مدل‌سـازی گنبدهـای نمکـی، مشـخص کـردن حاشـیه گنبدها در پنجره تفسـیر[3] اسـت (شـکل ۲).

1. Rifting
2. Petrel
3. Interpretation



شکل ۲- مشخص کردن محدوده هر گنبد نمکی در پنجره تفسیر

گام بعدی بررسی و تحلیل این گنبدهای رسم شده در پنجره سه بعدی و برقراری ارتباط معنی دار بین آنها با تجسم فضایی است. سپس با فعال کردن بخش مدل‌سازی نرم افزار و با توجه به شکل فضایی تجسم شده هر گنبد، سطحی در اطراف آنها تعریف می‌شود (شکل ۳). در نهایت نقشه پراکندگی گنبدهای نمکی مدفون و غیر مدفون تنگه هرمز در شکل ۴ به نمایش درآمده و مختصات مرکز هر یک از این گنبدها به همراه عمق دفن آنها در جدول ۱ آورده شده است.

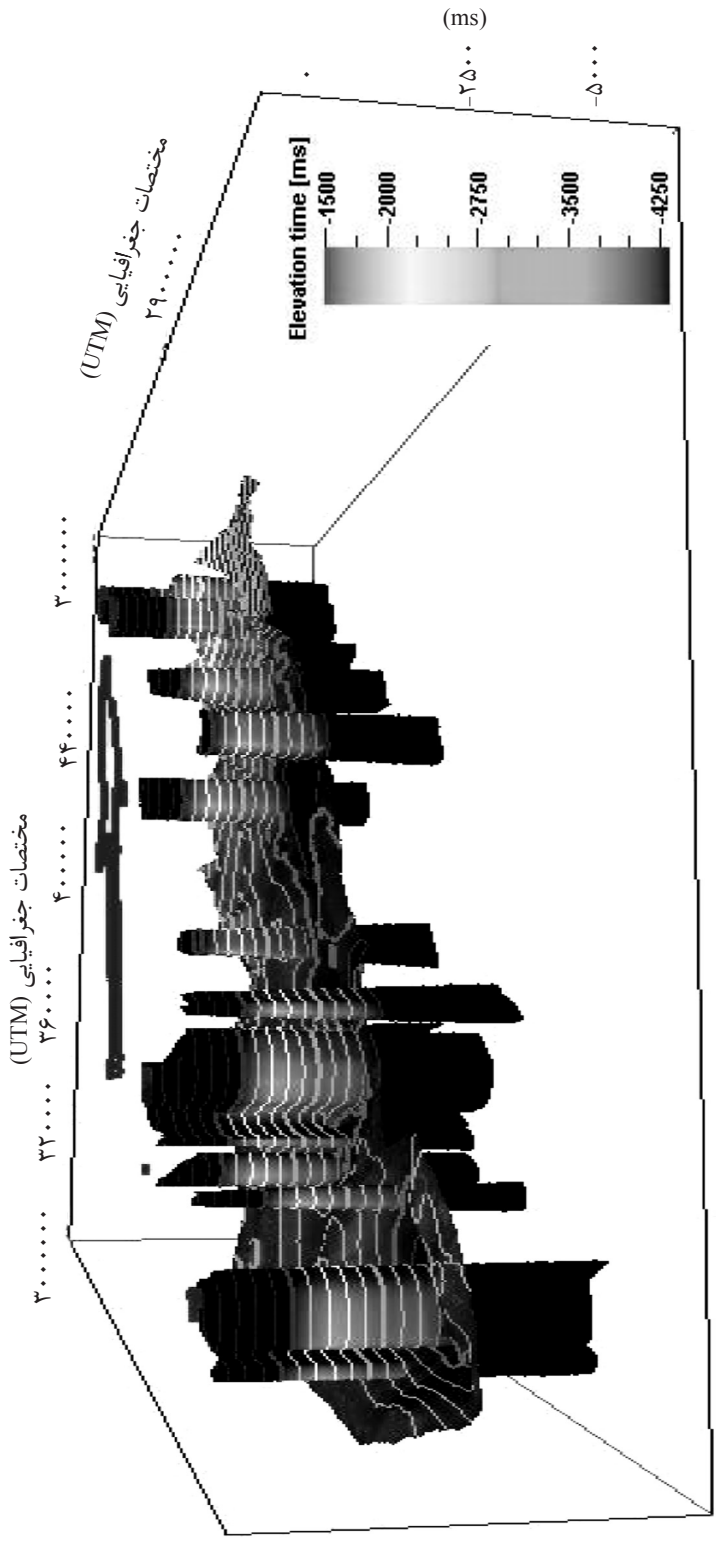
با تلفیق نقشه پراکندگی گنبدهای نمکی جنوب ایران و گنبدهای مشخص شده در این کار می توان به وجود روند خطی NE-SW مابین گنبدها پی برد که در شکل ۵ مشهود است. این روند منطبق با روند خطواره پی‌سنگی هندورابی بوده که منطبق بر پهنه گسلی چپ بر با روند NE-SW است [۳۱] (شکل ۶).

پایگاه داده

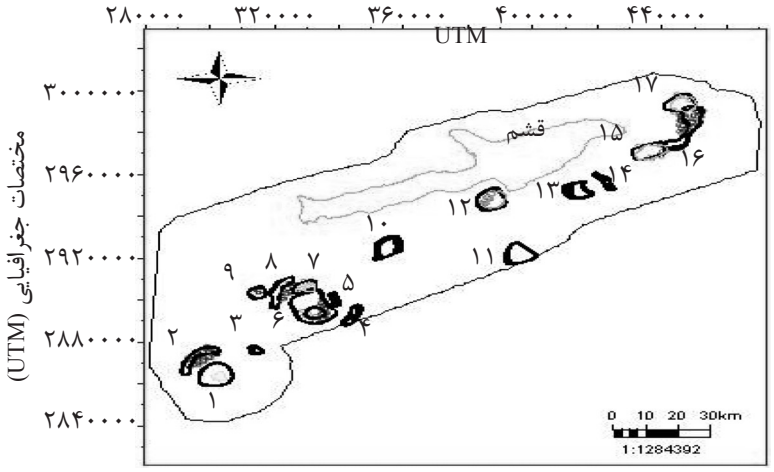
پایگاه داده شامل اطلاعات هشت حلقه چاه به همراه داده‌های لرزه‌ای می‌باشد. اطلاعات چاه بهترین و استانداردترین داده برای انجام تفسیر است. اطلاعات چاه‌ها از شرکت نفت فلات قاره ایران دریافت شد و برای شروع کار ابتدا رأس سازندها به وسیله اطلاعات چاه و نقشه UGC زمانی رأس سازند داریان مستند گردید.

داده‌های لرزه‌ای اطلاعات مفیدی از عمق، ضخامت سازندها و ساختارهای زمین‌شناسی ارائه می‌دهند. بنابراین در هنگام تحلیل‌های تکتونیکی- رسوبی و تشخیص ساختارهای مدفون، این داده‌ها به عنوان اطلاعات اصلی و با ارزش محسوب می‌شوند [۲۸].

بخش عمده‌ای از این ارزیابی، تفسیر لرزه‌ای خطوط PC2000 می‌باشد. پایگاه داده‌های لرزه‌ای در این پژوهش حدود ۱۲۰۰۰ km از داده‌های دو بعدی (2D)، متشکل از شبکه منظم ۲×۲ km در تنگه هرمز می‌باشد که شامل ۲۵ خط لرزه‌ای اصلی و ۵۰ خط لرزه‌ای فرعی جهت مدل‌سازی سه بعدی گنبدهای نمکی است (شکل ۷).



شکل ۳- مدل سه بعدی پراکندگی گنبدهای نمکی تنگه هرمز در پنجره 3D



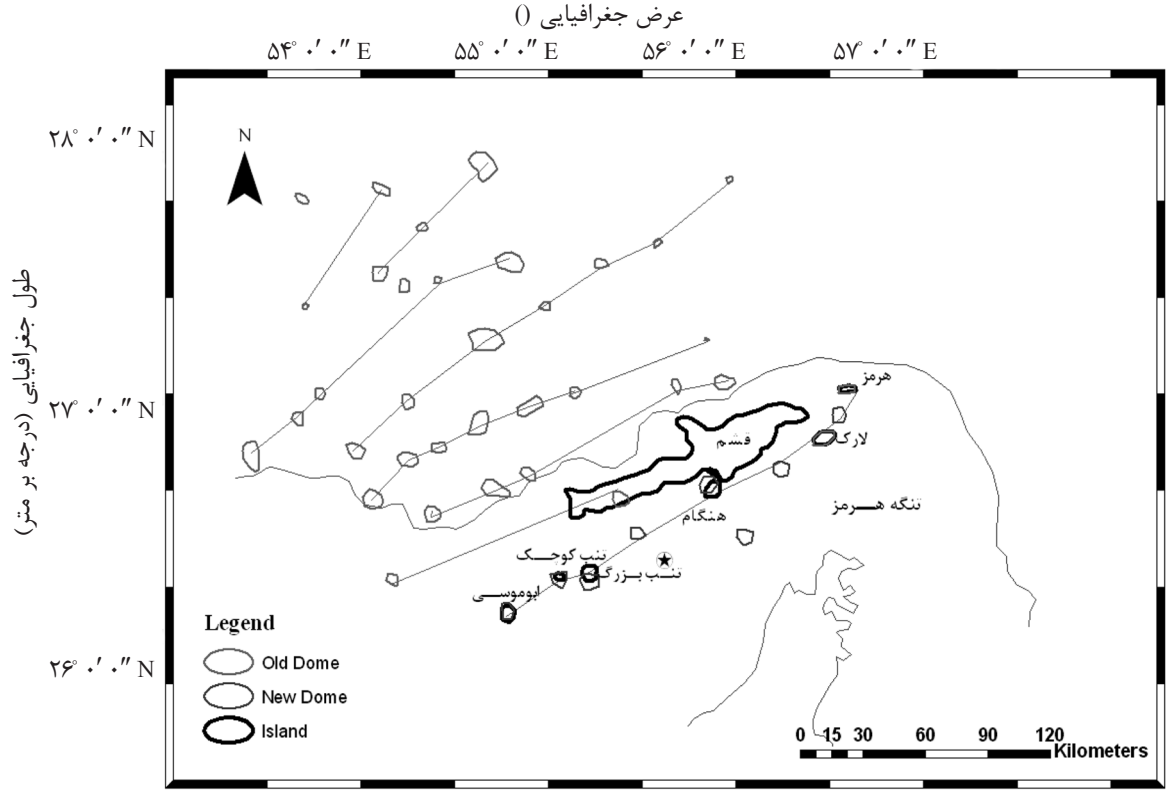
شکل ۴- نقشه پراکندگی گنبدهای نمکی مدفون و رخنمون یافته در گستره تنگه هرمز

که در بخش غربی تنگه هرمز متمرکز هستند و می‌تواند ناشی از ضخامت بیشتر سازند هرمز در این بخش باشد.

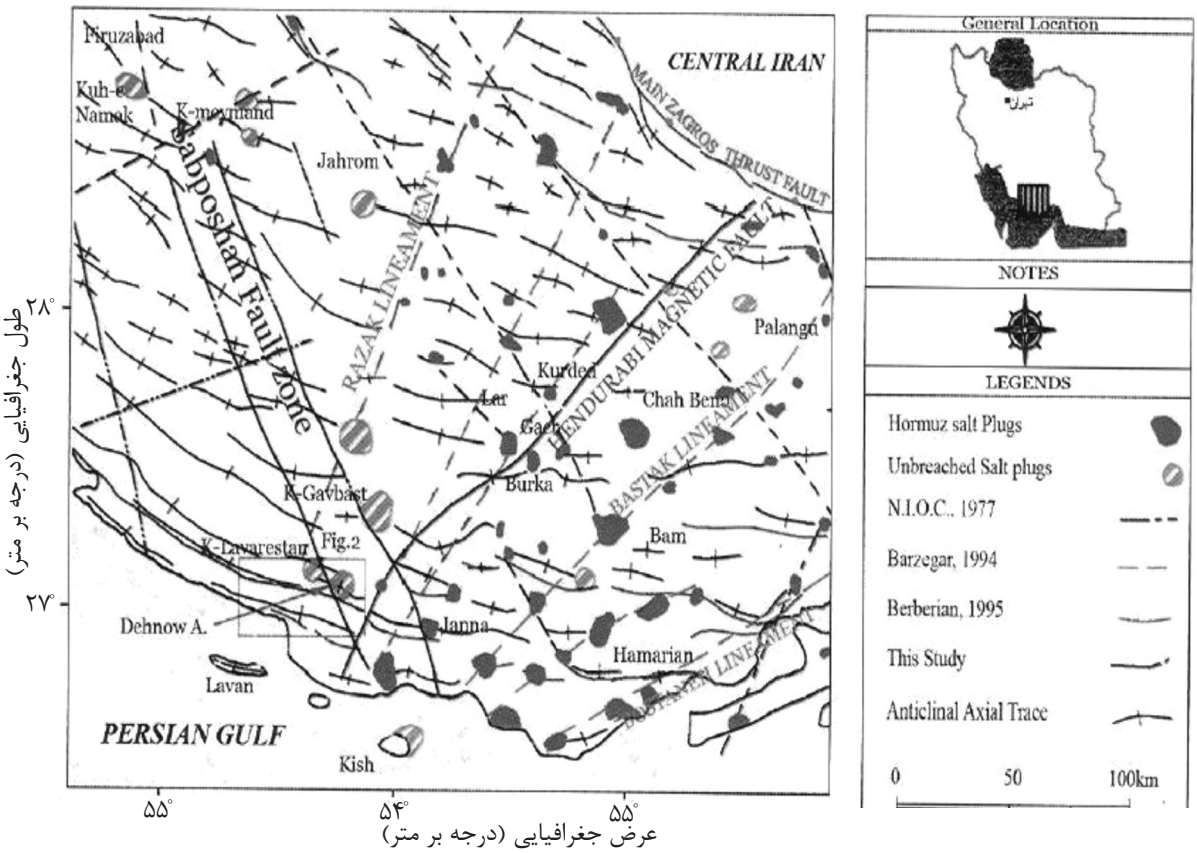
جدول ۱- مختصات جغرفیایی و عمق گنبدهای نمکی در بلوک E

شماره	X (Long)	Y (Lat)	عمق (m)
۱	۵۵° ۰۱′ ۳۶″	۲۵° ۵۳′ ۰۰″	۲۰۰
۲	۵۴° ۵۸′ ۳۲″	۲۵° ۵۶′ ۳۵″	۷۰۰
۳	۵۵° ۰۸′ ۵۲″	۲۵° ۵۹′ ۲۸″	۸۰۰
۴	۵۵° ۲۶′ ۲۶″	۲۶° ۰۸′ ۳۹″	۷۵۰
۵	۵۵° ۲۳′ ۱۵″	۲۶° ۱۲′ ۴۱″	۶۰۰
۶	۵۵° ۱۹′ ۲۰″	۲۶°۱۰′ ۴۳″	۴۵۰
۷	۵۵° ۱۷′ ۳۲″	۲۶° ۱۵′ ۵۰″	۳۰۰
۸	۵۵°۱۳′ ۲۰″	۲۶° ۱۴′ ۲۱″	۵۰۰
۹	۵۵° ۰۸′ ۵۲″	۲۶° ۱۴′ ۲۱″	۱۰۰۰* و ۱۰۰
۱۰	۵۵° ۳۲′ ۵۲″	۲۶° ۲۶′ ۰۸″	۱۷۰۰
۱۱	۵۶° ۰۰′ ۳۷″	۲۶° ۲۴′۵۴″	۱۷۰۰
۱۲	۵۵° ۵۱′ ۵۹″	۲۶° ۳۸′ ۵۶″	۲۰۰
۱۳	۵۶° ۰۸′ ۱۶″	۲۶° ۴۱′ ۲۴″	۹۰۰
۱۴	۵۶°۱۳′ ۱۲″	۲۶° ۴۳′ ۴۳″	۱۰۰۰
۱۵	۵۶° ۲۱′ ۲۲″	۲۶° ۵۱′ ۳۰″	۲۰۰
۱۶	۵۶° ۲۷′ ۵۹″	۲۶° ۵۷′ ۳۴″	۱۴۰۰
۱۷	۵۶° ۲۷′ ۱۶″	۲۷° ۰۴′ ۰۹″	۲۰۰

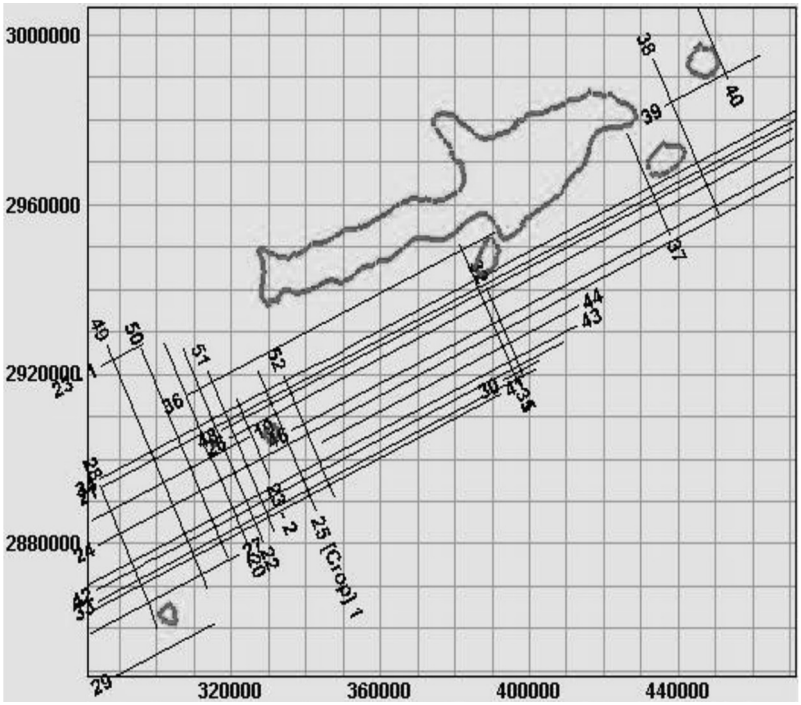
* نکته قابل توجه در مورد گنبد نمکی تنب کوچک (گنبد شماره ۹) این است که قله این گنبد به‌صورت کج و شیب‌دار بالا آمده به طوری که قسمتی به سطح زمین رسیده و بخش دیگر در عمق ۱۰۰۰ متری قرار دارد



شکل ۵- نقشه پراکندگی گنبدهای نمکی جنوب ایران و تنگه هرمز. دوایر منطقه خشکی، دیاپیرهای قدیمی و دوایر منطقه دریایی تنگه هرمز، دیاپیرهای جدید هستند.



شکل ۶- نقشه گسل‌ها، خطواره‌ها، اثر محوری تاقدیس‌ها و گنبدهای نمکی هرمز در جنوب خاوری زاگرس. مرجع خطواره‌های به نقشه درآمده در راهنمای نقشه مشخص است. همه خطواره‌ها بجز هندورابی بر مبنای تفسیر تصاویر ماهواره‌ای لندست شناسایی شده‌اند [۳۲].



شکل ۷- طرح کلی خطوط لرزه‌ای استفاده شده در تنگه هرمز

نتایج و بحث

براساس داده‌های لرزه‌ای و مدل‌سازی گنبدهای نمکی و تعبیر و تفسیر آنها در مجموع هفده گنبد نمکی مدفون و رخنمون یافته با استفاده از داده‌های زیرسطحی در گستره تنگه هرمز (بلوک E) مشخص گردید که در شکل ۴ به نمایش درآمده است. مختصات مرکز هر یک از این گنبدها به همراه عمق دفن آنها در جدول ۱ آورده شده است.

همان‌طور که در شکل ۴ مشخص است دیاپیرها بیشتر در بخش غربی تنگه هرمز متمرکز هستند به گونه‌ای که از ۱۷ گنبد مشخص شده، ۹ گنبد در این منطقه واقع شده‌اند. حضور همین گنبدها در این بخش باعث ایجاد سیمایی برجسته شده که به نام بالاآمدگی هرمز غربی خوانده می‌شود. احتمال می‌رود ضخامت سازند هرمز در این بخش بیش از بخش‌های شرقی و مرکزی باشد. همچنین بلندای مسندام با روند شمال و شمال شرق در بخش شرقی منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است. در این بلندا، لایه‌های معادل گروه خامی و بنگستان با راندگی‌هایی به‌موازات روند اصلی بلندای مسندام بر روی منطقه تنگه هرمز رانده شده‌اند [۲۹].در نتیجه ضخامت رسوبات این بخش در اثر راندگی افزایش پیدا کرده و احتمال می‌رود دیاپیرهای نمکی در اثر وزن بالای بار رسوبی امکان صعود را از دست داده باشند. به‌علاوه پیشانی کوه‌زاد زاگرس تا زیر جزیره قشم کشیده شده است و در بخش شرقی تنگه هرمز تاثیر آنچنانی نگذاشته و این بخش از تنگه بیشتر متاثر از کوه‌زایی عمان بوده است.

با توجه به مطالعات انجام گرفته، به نقشه پراکندگی گنبدهای نمکی ایران و در تنگه هرمز ۸ گنبد اضافه گردید. که به علت نزدیکی تعدادی از این ۱۷ دیاپیر مدل‌سازی شده، برخی از آنها در قالب یک دیاپیر در نظر گرفته شده‌اند.

به نظر کنت، پراکندگی گنبدهای نمکی در جنوب ایران از هیچ نظمی تبعیت نمی‌کند و گسله‌ها و خطواره‌هایی که عامل بالا آمدگی آنها شده‌اند، کاملاً شناخته نشده‌اند [۳۰]. اما بسیاری دیگر، برآمدن گنبدها و نظم آنها را تابع گسله‌ها و خطواره‌هایی در جهات متفاوت می‌دانند. اما با این توصیف فقط توانسته‌اند حدود ۲۵٪ از گنبدها را

روی دو سیستم خطواره یا گسله ردیف نمایند. از دیگر نتایج این بررسی، روند خطی NE-SW مابین گنبدها است که در شکل ۶ مشهود است. این روند منطبق با روند خطواره پی‌سنگی هندورابی بوده که منطبق بر پهنه گسلی چپ بر با روند NE-SW است.

تشکر و قدردانی

داده‌های استفاده شده در این مقاله از شرکت نفت فلات قاره ایران گرفته شده و این پروژه با حمایت و پشتیبانی بخش پژوهش و توسعه این شرکت انجام گرفته است. به‌این‌وسیله نگارندگان مقاله از این شرکت صمیمانه تشکر می‌نمایند.

مراجع

[1]. Twiss R. J., Moores E. M., Structural Geology, 2nd ed., New York-W.H. Freeman, pp. 532, 2007.

[۲]. کشاورز م.، گنجویان م.، کاوسی م.، بحرودی ع.، و باقری ج.، "مدل‌سازی سه بعدی ساختارنمکی مدفون نصرآباد کاشان جهت امکان سنجی ذخیره‌سازی گاز طبیعی،" مجله نمک، شماره ۳، ۲۵-۳۵، ۱۳۹۰.

[3]. Hudec M. R., Jackson M. P. A., "Understanding salt tectonics," Elsevier- earth- 01467. No. 28, 2007.

[4]. Blanford W., "*Notes on the geological formations seen along the coast of baluchistan and Persia from Carachi to the head of the Persian Gulf and some of the Gulf Islands*," India: REC. Geol. Surv. India, 5, 2, 1872.

[5]. Richardson, F., Lees, G., & De Bockh, H., "*Contribution to the stratigraphy and tectonics of the Iranian ranges,*" The Structure of Asia, Methuen London, pp. 125-159, 1929.

[6] Player R., "*The Hormuz salt plugs of southern Iran*," MS, PhD Thesis, 300, 1969.

[7]. Haffer J., Benyamin N., and Zardosht H., "*The regional geology of the strait of Hormoz, southern Iran and northern Oman*," Hormoz Petrolum Company, 1977.

[8]. Bosak P., "*Salt plugs in the eastern Zagros, Iran: results of regional geological reconnaissance,*" GeoLines (Praha), 7, 3-172, 1998.

[9]. Jahani S., Callot J. P., Lamotte D., Letouzey J., and Leturmy P., "*The salt diapirs of the eastern fars province (Zagros, Iran): a brief outline of their past and present*," Earth, 2007.

[10]. Callot J., Jahani S., and Letouzey J., "The Role of Pre-Existing Diapirs in Fold and Thrust Belt Development," Springer, Chapter16, pp. 309-325, 2007.

[11]. Berberian M. and King C. C. P., "*Toward a paleogeography and tectonic evolution of Iran*," Canadian Journal of Earth Sciences, Vol.18, No. 2, pp. 210-265, 1981.

[12]. Takin M., "*Iranian geology and continental drift in the Middle East,*" Nature, Vol. 235, pp. 147-150, 1972.

[13] Alavi M., "*Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran: New data and interpretations*," Tectonophysics, Vol. 229, pp. 211-238, 1994.

[14]. Windelstad, J., Hilde, E., Skarpnes, O., Scotchmer, J., Fjelland, M., Svånå, T., *"NIOC-Statoil Joint Exploration Study Hormuz,"* Statoil INT GEX Iran. pp.361, 2003.

[15]. Haynes S. J. and McQuillan H., "*Evolution of the Zagros suture zone, Southern Iran*," Geol. Soc. Am. Bull. Vol. 85, pp. 739–744, 1974.

[16]. Agard P. Omrani J. Jolivet L. and Mouthereau F., "*Convergence history across Zagros (Iran): constraints from collisional and earlier deformation*," International Journal of Earth Sciences, Vol. 94, pp. 401-419, 2005.

[17]. Ricou, L., Braud, J. & Brunn, J. H., *"Le Zagros, consacre aux Recherch es géologiques dans les chaines alpines de l' Asie du Sud-Ouest,"* Mem, Soc. Geol. France. Societe Géologique de France, Paris., Vol. 8, pp. 33 – 52, 1977.

[18]. Stocklin J., *"Structural history and techtonics of Iran, American Association of Petroleum Geologist Bulletin*," Vol. 52, No. 7, pp. 1229-1258, 1968.

[19]. Berberian M. and King G. C. P., "*Toward a paleogeography and tectonic evolution of Iran*," Canadian Journal of Earth Science, Vol. 18, pp. 210–265, 1981.

[20]. Sherkati S., Letouzey J. and Frizon de Lamotte D., "*The central Zagros fold-thrust belt (Iran): new insights from seismic data, field observation and sandbox modeling*," 2006.

[21]. AbdollahieFard I., Braathen A., Mokhtari M., and Ahmadalavi S., "*Interaction of the Zagros fold-thrust belt and the Arabian type, deep-seated folds in the abadan plain and the Dezful embayment, SW Iran*," Petroleum Geoscience, Vol. 12 No. 4: pp. 347-362, 2006.

[22]. Stocklin J., "*New data on the lower paleozoic and precambrian of North Iran*," Geol, Surv. Iran. Rep. No.1, 1964.

[23]. Alsharhan A. S. and Nairn A. E. M., "*Sedimentary basins and petroleum geology of the Middle East: Amsterdam*," Elsevier, pp. 843, 1997.

[۲۴]. عبداللهی فرد ا.، "مدل‌های ساختاری جنوب خوزستان با استفاده از داده‌های لرزه‌نگاری بازتابی، رساله،" دکتری، زمین‌شناسی ساختمانی، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۸۵.

[25]. Barry K., Cavers D., and Kneale C., "*Recommended standards for digital tape formats,*" Geophysics, Vol. 4, pp. 344-352, 1975.

[26]. Landmark/LGC., "*Learning seismic data management: training manual*," Graphics Corporation, Vol. 419, 1992.

[27]. Nickerson B. G., Judd P. A., and Mayer L. A., "*Data structures for fast searching of SEG-Y seismic data*," Computers & Geosciences, Vol. 25, pp. 179-190, 1999.

[۲۸]. کشاورز م.، گنجویان م.، کاوسی م.، بحرودی ع.، و باقری ج.، "مدل‌سازی سه بعدی ساختار نمکی مدفون نصرآباد کاشان جهت امکان‌سنجی ذخیره‌سازی گاز طبیعی،" مجله نمک، شماره ۳، ۲۵-۳۵، ۱۳۹۰.

[29]. Mokhtari M., AbdollahieFard I., and Hessami K., "*Structural elements of the Makran region, Oman sea and their potential relevance to tsunamigenisis*," Journal of Natural Hazards, Earth and Environmental Science, in press, 2008.

[30]. Kent P. E., "*The salt diapirs of the Persian Gulf region*," Trans., Leicester Liter. Philos, Soc., Vol. 64, pp. 55–58, 1970.

[31]. Morris P., "*Basement Structure as suggested by aeromagnetic surveys in S.W. Iran*," Second Geological Symposium of Iran, Proceedings Iranian Petroleum Institute, Tehran, 1977.

[۳۲]. یساقی ع.، و باقری ج.، "تحلیل ساختاری تاقدیس دهنو، شاهدی از اثر گسل‌های عرضی- برشی زیر سطحی بر هندسه چین‌های زاگرس چین خورده راند،" علوم زمین. ۱۶. شماره ۶۲، ۱۳۸۵.