

# مدل سازی گروه های رخساره های بر اساس داده های زمین شناسی و پتروفیزیکی (لاگ های چاه پیمایی) در میدان گازی پارس جنوبی

ابراهیم سفیداری<sup>۱\*</sup>، علی دشتی<sup>۱</sup>، علی کدخدائی<sup>۲</sup> و اشکان اسدی اسکندر<sup>۴</sup>

۱- دانشکده زمین شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، ایران

۲- جهاد دانشگاهی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تبریز، ایران

۴- شرکت نفت و گاز پارس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۸/۱۲

## چکیده

سازندهای دالان بالایی، مجموعه ای از ریف های کربناته- تبخیری و کنگان، با لیتولوژی غالب آهک و دولومیت با لایه هایی از انیدریت، توالی پرمو- تریاس میدان گازی پارس جنوبی هستند که در محدوده دور از ساحل آب های خلیج فارس و بین دو کشور ایران و قطر قرار دارند. هندسه و گسترش رخساره های پارانرژی (شول) عامل اصلی گسترش کیفیت مخزنی میدان است که این عامل هم تحت کنترل محیط رسوبی می باشد. این مطالعه به بررسی رخساره های زمین شناسی و ارتباط آن با خواص پتروفیزیکی و داده های چاه پیمایی و مدل سازی آنها به منظور گسترش و کنترل برنامه های مخزنی می پردازد. داده های پتروگرافی به منظور ارزیابی توزیع رخساره های رسوبی و گروه های رخساره های مورد استفاده قرار گرفت. ۱۲ میکروفاسیس در چهار گروه رخساره های بزرگ تر پهنه جزر و مدی، لاگون، شول و دریای باز طبقه بندی شد. ارزیابی کیفیت مخزنی گروه های رخساره های بر اساس داده های تخلخل و تراوایی مغزه مورد بررسی قرار گرفت. در چاه های بدون مغزه گروه های رخساره های بر اساس نمودارهای چاه پیمایی در قالب رخساره های لاگ و با استفاده از سیستم های هوشمند شبکه عصبی پیش بینی گردید. به منظور انطباق رخساره ها در مدل دوبعدی از چارچوب چینه نگاری سکانسی برای میدان استفاده گردید. ارزیابی توزیع سه بعدی گروه های رخساره های با استفاده از مدل سازی سه بعدی زمین آماری و با استفاده از الگوریتم شبیه سازی شاخص ترتیبی (SIS) در قالب رخساره های لاگ مورد بررسی قرار گرفت. نهایتاً مدل سه بعدی رخساره ها برای واحدهای مخزنی مختلف از میدان مورد مطالعه ارائه گردید.

**کلمات کلیدی:** گروه های رخساره ای، رخساره لاگ، زمین آمار، شبیه سازی شاخص ترتیبی، چینه نگاری سکانسی

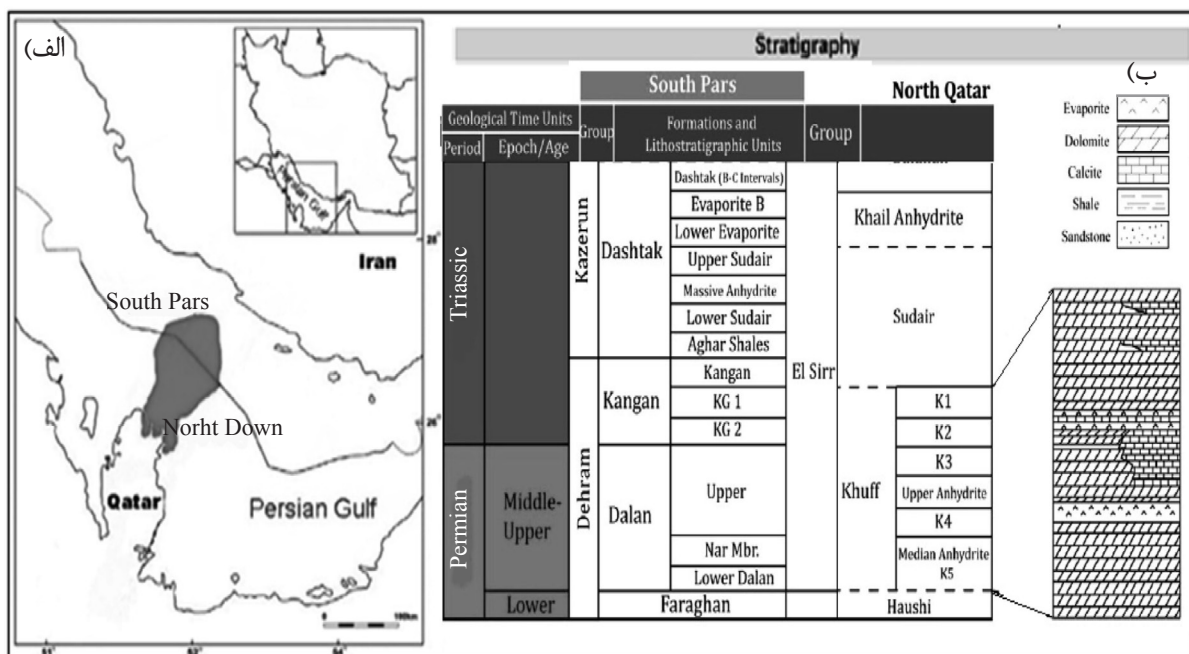
## مقدمه

مغزه، به منظور کاهش ناهمگنی مخزن و یافتن هدف های بعدی حفاری استفاده کرد. هدف از این مطالعه مدل سازی سه بعدی گروه های رخساره ای در چارچوب چینه نگاری سکانسی می باشد.

## موقعیت و زمین شناسی میدان

میدان گازی پارس جنوبی، در آب های خلیج فارس و بر روی خط موازی مشترک ایران و قطر، به فاصله ۱۰۰ کیلومتری از بندر عسلویه در ساحل جنوبی ایران و ۱۰۵ کیلومتری شمال شرقی شبه جزیره قطر (شکل ۱) [۳]. در این میدان تجمعات گازی عمدتاً محدود به توالی های رسوبی پرمین-تریاس و معادل آن در کشورهای عربی یعنی سازند خوف است که در سال ۱۹۷۱ به عنوان بزرگ ترین منبع گازی غیر همراه جهان شناخته شده است [۴، ۵، ۶]. سازندهای دالان بالایی، مجموعه ای از ریف های کربناته-تبخیری و کنگان، با لیتولوژی غالب آهک و دولومیت با لایه هایی از انیدریت، توالی پرمو-تریاس میدان را تشکیل می دهند. تشکیل کمان قطر به حرکات اپیروژنیک مثبت پرکامبرین نسبت داده شده است [۷ و ۸]. توالی دالان بالایی-کنگان در میدان پارس جنوبی شامل چهار واحد مخزنی است که از پایین به بالا شامل واحدهای  $K_4$ ،  $K_3$  و  $K_2$  (کنگان) است [۹].

تشخیص بخش های مخزنی که خود وابسته به خواص اصلی سنگ ها می باشد، نقش مهمی را در مطالعات نفتی ایفا می کند. خواص اصلی سنگ ها معمولاً با مطالعات توصیفی در صحرا یا روی مغزه (لیتوفاسیس) و مطالعات آزمایشگاهی (میکروفاسیس و پتروفاسیس) تعریف می گردد [۱]. با توجه به این نکته که داده های مغزه در تمام چاه های حفاری موجود نمی باشد و در چاه هایی هم که مغزه گیری صورت می پذیرد، این داده ها معمولاً به صورت پیوسته نمی باشند، بنابراین داده های چاه پیمایی تنها داده هایی هستند که تقریباً در همه چاه ها و به صورت پیوسته وجود دارند [۲]. به دلیل ریز و جزئی بودن مقیاس مطالعات میکروسکوپی، تفسیر توزیع جانبی و قائم آنها مشکل بوده و جهت مدل سازی سه بعدی آنها به طبقه بندی آنها در کمرندهای رخساره ای نیاز است. تفسیر توزیع جانبی و قائم کمرندهای رخساره ای و انطباق آنها در چاه های مختلف می تواند مبنای یک مدل سه بعدی قابل اعتماد برای اهداف مطالعات بعدی قرار گیرد. با تکیه بر مطالعات پتروگرافی می توان کمرندهای رخساره ای در چاه های مغزه دار را مشخص و نتایج را با سایر داده های در دسترس کالیبره نمود و از این الگو برای مدل سازی سه بعدی و توزیع جانبی و قائم رخساره ها برای چاه ها و بازه های فاقد



شکل ۱- الف) موقعیت میدان گازی پارس جنوبی، ب) ستون چینه شناسی کلی همراه با واحدهای مخزنی آن [۸]

لیتولوژی‌های مختلف و از لاگ گاما برای بررسی تاثیر شیل استفاده گردید. بین رخساره‌های لاگ و مغزه معرفی شده (زیر محیط‌های رسوبی) در چاه‌های مغزه‌دار انطباق برقرار کرده و از این طریق زیرمحیط‌های رسوبی و به طبع آن ارزیابی‌های کیفیت مخزنی به دیگر چاه‌های فاقد مغزه دیگر گسترش داده شده است. نهایتاً برای انطباق رخساره‌های لاگ شناسایی شده در تمام چاه‌ها از چارچوب چینه‌نگاری سکansı برای میدان استفاده شد و از نرم‌افزار Petrel نیز برای مدل‌سازی سه بعدی رخساره‌ها استفاده شد.

### رخساره‌ها و محیط رسوبی

عوامل تاثیرگذار بر روی کیفیت مخزنی سنگ‌های کربناته را می‌توان به دو عامل اصلی تقسیم نمود: الف) فرآیندها یا عوامل رسوبی که در مقیاس میدان کنترل کننده خواص مخزنی می‌باشند و ب) فرآیندهای دیاژنزی (در مقیاس کوچک‌تر) که پس از رسوب‌گذاری بر سنگ عمل می‌کنند [۱۱، ۱۰]. نوع تخلخل و میزان آن و به تبع آن میزان تراوایی در رخساره‌های مختلف متفاوت است. در حالت اولیه رخساره‌های دانه غالب (به دلیل انرژی زیاد) دارای تخلخل بین دانه‌ای و درون دانه‌ای با اندازه بزرگ تخلخل می‌باشند حال آنکه در رخساره‌های گل غالب (انرژی پایین) این نوع تخلخل کم بوده و عمدتاً از نوع فنسترال، درون دانه‌ای و بین ذره‌ای با اندازه کوچک است.

### میکروفاسیس

با تکیه بر مطالعات پتروگرافی مقاطع نازک از سه چاه مغزه‌دار و بر اساس نتایج به دست آمده از بافت، اندازه و نوع و فراوانی دانه‌ها (مانند، ایید، پلویید، و دیگر آلوکم‌ها)، مشخصات رسوب‌شناسی و فسیل‌شناسی ۱۲ میکروفاسیس که بیشترین فراوانی را در توالی پرمو-تریاس میدان مورد مطالعه دارند شناسایی شدند (جدول ۱).

چینه‌نگاری کلی به همراه واحدهای مخزنی میدان مورد مطالعه در شکل ۱ خلاصه شده است.

### روش مطالعه

در این مطالعه از تمامی داده‌های در دسترس از ۹ چاه حفاری شده در میدان استفاده گردید. چاه‌های ۱ تا ۳ دارای اطلاعات کامل شامل مغزه (مقاطع نازک)، داده‌های پتروفیزیکی تخلخل، تراوایی و نمودارهای چاه‌پیمایی می‌باشند. بر اساس مطالعات پتروگرافی مقاطع نازک در سه چاه دارای مغزه (۱۳۰۰ نمونه مقطع نازک)، میکروفاسیس‌های سازنده توالی میدان شناسایی گردید. با تکیه بر ارتباط زایشی، انواع با شرایط محیطی مشابه در گروه بزرگ‌تر که معرف زیرمحیط‌های رسوبی معینی است تقسیم‌بندی شدند. هر کدام از این زیر محیط‌ها را یک لیتوفاسیس همراه در نظر گرفته و کیفیت مخزنی هر کدام بر اساس داده‌های پتروفیزیکی تخلخل و تراوایی مورد ارزیابی قرار گرفته است. از آنجایی که مغزه‌های حفاری برای ۶ چاه مورد مطالعه در دسترس نمی‌باشد؛ بنابراین برای بررسی و ارزیابی کیفیت مخزنی این چاه‌ها ناگزیر به استفاده از تنها اطلاعات موجود، یعنی نمودارهای چاه‌پیمایی می‌باشیم. برای این منظور ابتدا بر روی نمودارهای چاه‌پیمایی از چاه‌های مغزه‌دار با استفاده از روش‌های هوشمند و آماری چند متغیره خوشه‌بندی انجام گرفت. از آنجایی که مطالعه حاضر به منظور فهم گسترش رخساره‌های زمین‌شناسی با استفاده از رخساره‌های لاگ انجام گرفته، باید داده‌هایی که بیشترین تاثیر را از محیط رسوبی و رخساره‌های زمین‌شناسی به ارث می‌برند مورد بررسی قرار گیرند. از آنجایی که لاگ چگالی شاخص خوبی برای تشخیص لیتولوژی و همچنین ابزار قدرتمندی در شناسایی زون‌های انیدریتی است و از طرف دیگر انیدریت نقش مهمی در کیفیت مخزنی میدان مورد مطالعه بازی می‌کند، مورد استفاده قرار گرفت. لاگ نوترون به دلیل اینکه ابزار خوبی برای شناسایی تخلخل اولیه و لاگ صوتی شاخص تخلخل اولیه از ثانویه می‌باشند مورد استفاده قرار گرفتند. از لاگ فتوالکتریک برای تفکیک

جدول ۱- میکروفاسیس‌های شناسایی شده به‌همراه مشخصات هر کدام و نیز معادل‌های آنها

شماره میکروفاسیس	نام میکروفاسیس	محیط رسوبی	لیتولوژی	بافت	آلوکم	سطح انرژی	معادل فلوکل رخساره‌ها
MF 1	رخساره انیدریتی	سوپرتایدال	انیدریت	مادستون	فاقد آلوکم	کم	RMF 25
RMF 2	باندستون استروماتولیتی	انترتایدا	آهک	باندستون	ارگانسیم میکروبی	کم	RMF 20
MF 3	گرین استون پلوئیدی	انترتایدال لاگون	آهک	گرین استون	ائید- پلوئید	متوسط	RMF 20
MF 4	انیدریت لاگونی	لاگون	آهک- انیدریت	وکستون- پکستون	پلوئید- گاستروپود	کم	RMF 22
MF 5	وکستون بایو کلاست دار تا پکستون	لاگون	آهک با مقدار کمی دلومیت	وکستون- مادستون	جلبک سبز- فرامینیفرهای بنتیک	کم	RMF 22
MF 6	مادستون آهکی فسیل دار	لاگون	آهک با مقدار کمی دلومیت	مادستون	گاستروپود میلیولید	کم	RMF 18
MF 7	گرین استون ائیدی	شول	آهک با دلومیت	گرین استون	ائید- بایو کلاست	متوسط	RMF 15
MF 8	گرین استون بایو کلاستی سمت خشکی	شول		گرین استون	بایو کلاست- پلوئید	زیاد	RMF 17
MF 9	گرین استون بایو کلاستی سمت دریا	شول	سنگ آهک	گرین استون	بایو کلاست- پلوئید	زیاد	RMF 12
MF 10	گرین استون انتراکلاست دار	شول	سنگ آهک	گرین استون	انتراکلاست- ائید	زیاد	RMF 15
MF 11	دلومیت	شول	دلومیت	گرین استون	بایو کلاست- پلوئید انتراکلاست	زیاد	RMF 13
MF 12	گرین استون بایو کلاستی	دریای باز	سنگ آهک	وکستون	براکیوپود- بایو کلاست	متوسط	-

گسترش بوده که میکروفاسیس‌های آن در واحد مخزنی  $K_4$  بیشترین ضخامت را دارند و مهم‌ترین رخساره‌های مخزنی میدان را به خود اختصاص می‌دهد. در زیر شرح هر کدام از زیرمحیطها آورده شده است:

میکروفاسیس‌های شناسایی شده در چهار کمر بند رخساره‌ای مربوط به زیرمحیط‌های جزرومدی، لاگون، شول یا سد و دریای آزاد رده‌بندی شده‌اند. در میدان مورد مطالعه زیرمحیط سدی دارای بیشترین

مستعد کیفیت مخزنی بالاتری نسبت به محیط‌های کم انرژی می‌باشند. شکل ۵ نمودار تخلخل و تراوایی مغزه را برای حالت‌های مختلفی که زیر محیط‌های مختلف بیشترین فراوانی را در سه چاه کلیدی مورد مطالعه را دارا می‌باشند نشان می‌دهد. همان طور که دیده می‌شود در حالتی که محدوده مورد مطالعه را شول در بر می‌گیرد تخلخل بین دانه‌های غالب گشته و نمودار تخلخل و تراوایی افزایش می‌یابد. در اینتراوال‌هایی که محدوده مورد مطالعه را محیط کم انرژی (دریای باز، پهنه جزرومدی و لاگون) در بر می‌گیرد، نمودار تخلخل در مقابل تراوایی کاهش می‌یابد.

### رخساره لاگ

نمودارهای چاه‌پیمایی منبع اصلی اطلاعات زمین‌شناسی زیر سطحی هستند که اطلاعات مهمی از قبیل ترکیب کانی شناسی، بافت، ساختارهای رسوبی و همچنین خصوصیات پتروفیزیکی از قبیل تخلخل و تراوایی را فراهم می‌کنند [۱۴]. با استفاده از این نمودارها می‌توان واحدهای رسوبی مختلف را با مقایسه خصوصیات لاگ‌ها از همدیگر مجزا نمود. واحدهای رسوبی که به این شیوه و بر اساس لاگ‌های موجود از چاه‌های حفاری شده بدون مغزه تشخیص داده می‌شوند در نوشته‌ها و اصطلاحات تحت عنوان الکتروفاسیس و لاگ فاسیس تعبیر می‌شوند [۱۵].

لذا فاسیس لاگ به مجموعه‌ای از عکس‌العمل لاگ گفته می‌شود که به وسیله آن می‌توان یک لایه یا چینه را از دیگری تشخیص داد.

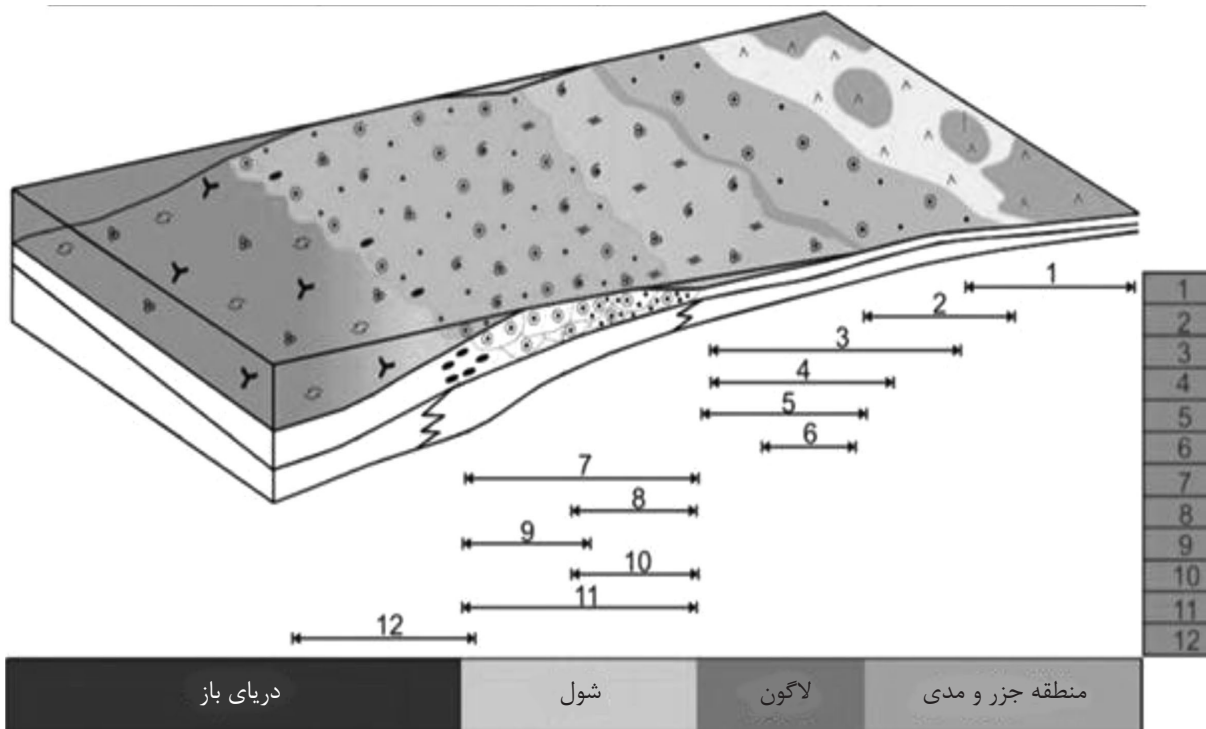
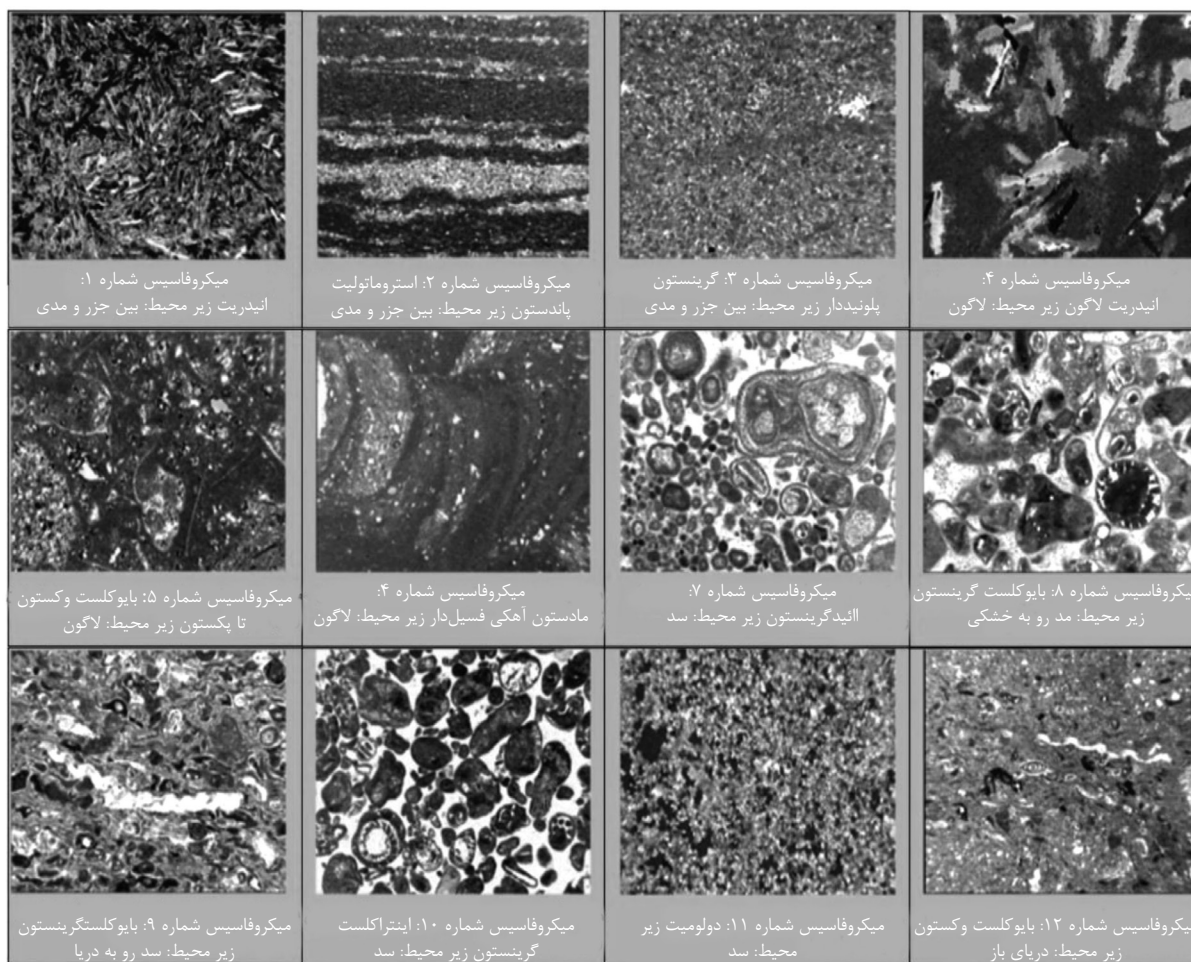
بررسی رخساره‌های لاگ در مطالعات مختلف با اهداف متفاوتی انجام می‌گیرند، که به طبع آن نوع داده‌های ورودی متفاوت خواهد بود. از آنجایی که مطالعه حاضر به منظور فهم گسترش رخساره‌های زمین‌شناسی با استفاده از رخساره‌های لاگ انجام گرفته، باید داده‌هایی که بیشترین تاثیر را از محیط رسوبی و رخساره‌های زمین‌شناسی به ارث می‌برند مورد بررسی قرار گیرند.

گروه رخساره‌ای پهنه جزرومدی: این گروه شامل سه میکروفاسیس انیدریت، استروماتولیت باندستون و گرینستون پلوئیددار حاوی حفرات کیستونی می‌شود.

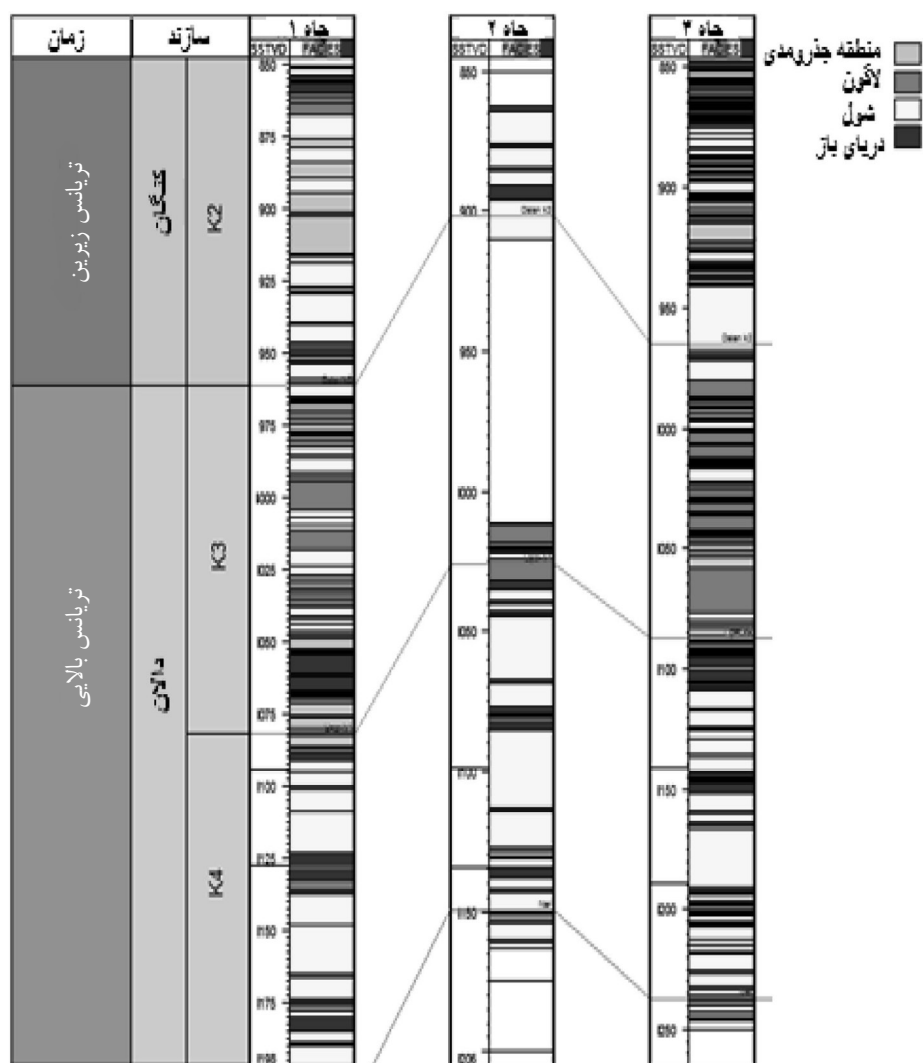
گروه رخساره‌ای لاگون: این گروه دارای سه میکروفاسیس انیدریت لاگون، بایوکلاست و کستون تا پکستون و مادستون آهکی فسیل‌دار می‌باشد. گروه رخساره‌ای شول: این گروه شامل ۵ میکروفاسیس است که عبارتند از: آئید گرینستون، بایوکلاست گرینستون سمت خشکی، بایوکلاست گرینستون رو به دریا، اینتراکلاست گرینستون و دولومیت.

گروه رخساره‌ای دریای باز: در این گروه یک میکروفاسیس در نظر گرفته شده است: بایوکلاست و کستون.

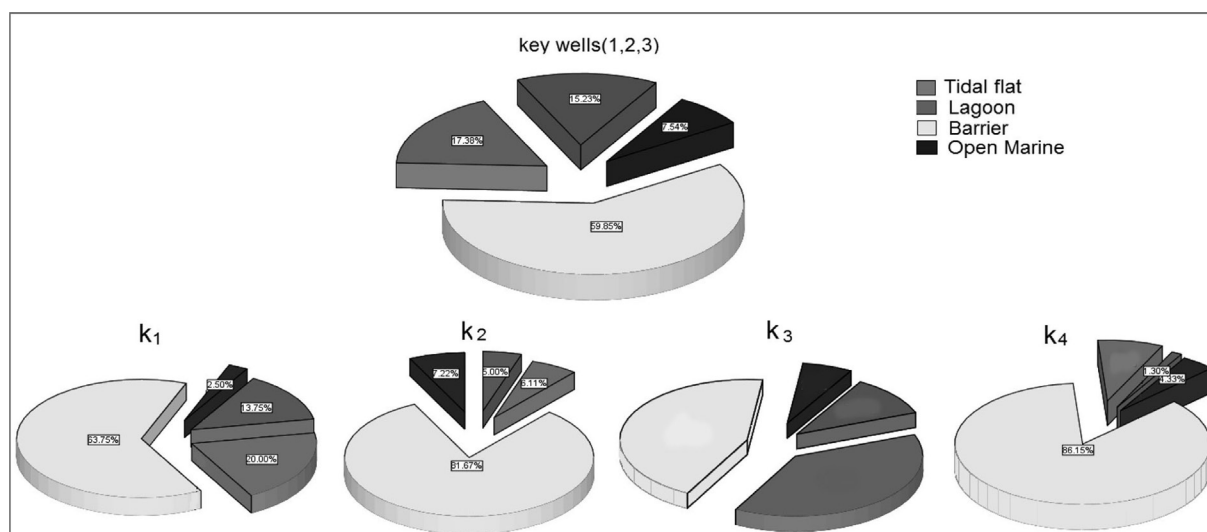
در جدول ۱ ویژگی‌های مختلفی از قبیل لیتولوژی، رخساره اولیه، کمربند رخساره‌ای و نیز اجزای سازنده هر رخساره نشان داده شده است. علاوه بر این میکروفاسیس‌های شناسایی شده با میکروفاسیس‌های استاندارد فلوگل (۲۰۱۰) هم مقایسه شده است [۱۲]. در شکل ۲ مدل رسوبی و میکروفاسیس‌های شناسایی شده به صورت شماتیک نشان داده شده است. با توجه به قانون والتر، رخساره‌های همراه یکی از مهم‌ترین ابزارها جهت شناخت توزیع رسوب‌شناسی واحدها در توالی قائم یک چاه است [۱۳]. بنابراین سعی شده تا توزیع قائم هر کدام از رخساره‌های همراه در هر سه چاه کلیدی دارای مغزه به صورت گرافیکی و همچنین درصد کمی هر کدام از این رخساره‌ها در کل سه چاه و در هر یک از واحدهای چهار گانه مخزنی نشان داده شده شود. شکل ۳ توزیع عمودی و شکل ۴، درصد فراوانی را در هر سه چاه کلیدی مغزه دار و در هر یک از ۴ واحد مخزنی  $K_1$ ،  $K_2$ ،  $K_3$  و  $K_4$  را نشان می‌دهد. همان طور که دیده می‌شود محیط شول بیشترین میزان و محیط دریای باز کمترین مقدار را در بین چهار زیرمحیط به خود اختصاص می‌دهند. در حالت اولیه و بدون در نظر گرفتن دیاژنز محیط‌های پرانرژی



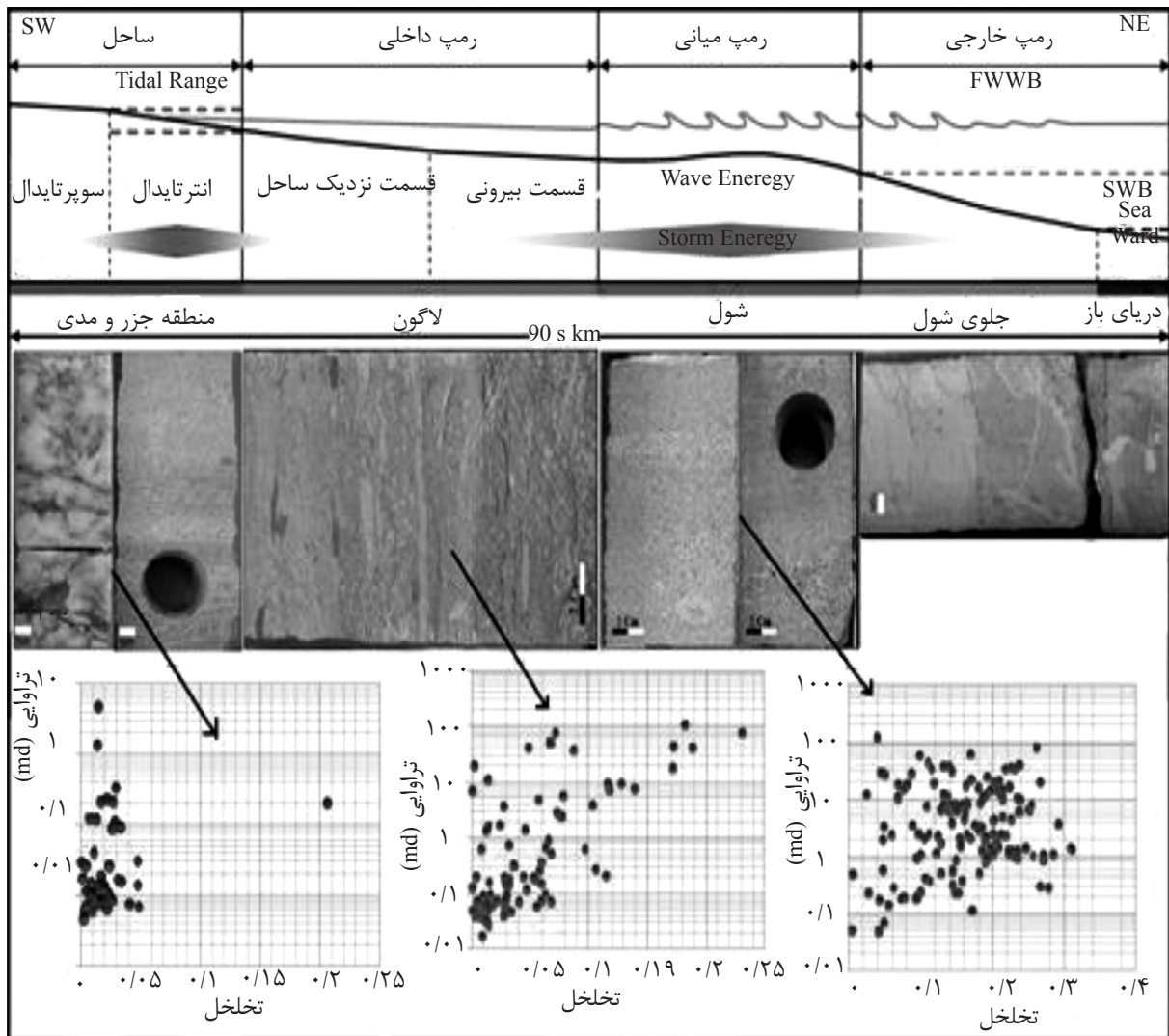
شکل ۲- مدل رسوبی سازندهای کنگان و دالان در میدان پارس جنوبی به صورت رمپ کرناته، و نیز موقعیت و محیط تشکیل میکروفاسیس های شناسایی شده، در قسمت بالا و در بخش پایین به صورت شماتیک محل آنها نشان داده شده است



شکل ۳- گسترش عمودی زیرمحیطهای رسوبی در سه چاه مغزه‌دار در این مطالعه



شکل ۴- فراوانی چهار زیرمحیطهای اصلی بر اساس نتایج حاصل شده از سه چاه مغزه‌دار از میدان (بالا)، گسترش این زیرمحیطها در چهار لایه مخزنی اصلی K<sub>1</sub>، K<sub>2</sub>، K<sub>3</sub> و K<sub>4</sub> (پایین) نشان داده شده است



شکل ۵- نمودار تخلخل در مقابل تراوایی برای زیرمحیط های مختلف حاکی از برتری کیفیت مخزنی در زیر محیط پرنرژژی شول (سمت راست) نسبت به زیرمحیط های کم انرژی لاگون (وسط) و پهنه جزرومدی (سمت چپ) است

لاگ گاما برای بررسی تاثیر شیل استفاده گردید، ذکر این نکته ضروری است که لاگ گاما در سازندهای کربناته تاثیر زیادی را ایجاد نمی کند. بعد از انتخاب لاگ های ورودی تعداد رخساره های بهینه باید انتخاب گردد. روش های مختلفی برای مشخص کردن رخساره های بهینه معرفی شده است که تکیه آنها بر فاصله و جدایش خوشه ها از همدیگر می باشد که شماری از این روش ها شامل: [۱۶-۱۹]، نمودارهای درختی، نقشه ها

از آنجایی که لاگ چگالی شاخص خوبی برای تشخیص لیتولوژی و همچنین ابزار قدرتمندی در شناسایی زون های انیدریتی است و از طرف دیگر انیدریت نقش مهمی در کیفیت مخزنی میدان مورد مطالعه بازی می کند، مورد استفاده قرار گرفت. لاگ نوترون به دلیل اینکه ابزار خوبی برای شناسایی تخلخل اولیه و لاگ صوتی شاخص تخلخل اولیه از ثانویه می باشند مورد استفاده قرار گرفتند. از لاگ فتوالکتریک برای تفکیک لیتولوژی های مختلف و از



نوترون و صوتی مشخص می‌گردند. رخساره‌های ۳ و ۴ در محدوده بین این دو دسته رخساره مشخص می‌گردند. بنابراین ارتباط بین رخساره‌های لاگ تعریف شده با زیر محیط‌های رسوبی منطقی به نظر می‌رسد. چرا که محیط‌های کم انرژی (پهنه جزرومدی و تا حدودی لاگون) مستعد تشکیل انیدریت و در نتیجه بالا رفتن لاگ چگالی قابل انتظار می‌باشد. در محیط‌های پر انرژی (شول) به دلیل کمبود انیدریت لاگ چگالی کاهش یافته و در عوض تخلخل نوترون و صوتی افزایش قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهند. در محیط‌های کم انرژی دریای باز هم به دلیل نبود انیدریت و پایین بودن تخلخل و همچنین افزایش میزان شیل بنابراین عکس‌العمل آن بر روی لاگ‌ها افزایش میزان لاگ گاما، کاهش میزان تخلخل نوترون و کاهش میزان لاگ چگالی را منعکس می‌کند.

#### انطباق رخساره‌های لاگ با گروه‌های رخساره‌ای

نوع تخلخل و میزان آن و به تبع آن میزان تراوایی در رخساره‌های مختلف متفاوت است.

و توپولوژی‌های شبکه‌های عصبی خود سازمانده [۲۰، ۲۱]، اندیس کرنل و غیره می‌باشند. بر اساس روش‌های گفته شده که به‌طور مفصل در منابع [۱۴ و ۲۲] بحث شده‌اند، تعداد رخساره‌های پهنه در میدان مورد مطالعه معادل با ۶ در نظر گرفته شد. نهایتاً برای مشخص کردن رخساره‌ها روش‌های هوشمند شبکه عصبی (روش خود سازمانده) و آماری (آنالیز خوشه‌ای، خوشه‌بندی چند تفکیکی گرافیکی) مورد استفاده قرار گرفت. نهایتاً بهترین نتیجه که بیشترین انطباق را با رخساره‌های زمین‌شناسی تعریفی شده در مرحله قبل را داشت انتخاب گردید. به منظور مشخص کردن خواص پتروفیزیکی کلاس‌های مختلف میانگین لاگ‌های نوترون، چگالی و سرعت صوت در رخساره‌های لاگ تعریف شده مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود رخساره‌های لاگ ۵ و ۶ با بیشترین میزان تخلخل نوترون، صوتی و کمترین میزان چگالی مشخص می‌گردند. رخساره‌های لاگ ۱ و ۲ با بیشترین میزان حجم انیدریت (مقدار بالای لاگ چگالی) و کمترین میزان لاگ‌های تخلخل

جدول ۲- توزیع آماری لاگ صوتی (DT)، لاگ نوترون (NPHI) و چگالی (RHOB) در رخساره‌های لاگ مختلف

انحراف معیار	میانگین	ماکزیمم	مینیموم	سرعت صوت	وزن	الگو	رنگ	نام
۵.۵۸	۱۵۴.۸۳	۳-۵.۳۱	۱۴۷.۳۸		۴۹۷			رخساره ۱
۷.۰۱	۱۶۱.۳۴	۱۹.۳۷	۱۵۰.۰۰		۳۸۶			رخساره ۲
۱۶.۴۰	۱۸۱.۱۱	۲۵۱.۶۸	۱۵۰.۷۱		۱۱۵۲			رخساره ۳
۸.۵۳	۲۰۷.۷۶	۳۳۱.۸۴	۱۹۳.۰۴		۱۲۴			رخساره ۴
۱۹.۵۷	۲۵۰.۹۲	۳-۱.۱۸	۳۱۱.۰۰		۳۹۰			رخساره ۵
۱۲.۴۰	۱۹۹.۱۹	۳۳۷.۴۳	۱۷۳.۳۹		۳۰۴			رخساره ۶
انحراف معیار	میانگین	ماکزیمم	مینیموم	نوترون	وزن	الگو	رنگ	نام
۰.۰۱	۰.۰۳	۰.۱۳	۰.۰۱		۴۹۷			رخساره ۱
۰.۰۱	۰.۰۲	۰.۰۸	۰.۰۰		۳۸۶			رخساره ۲
۰.۰۴	۰.۰۷	۰.۲۱	۰.۰۰		۱۱۵۲			رخساره ۳
۰.۰۲	۰.۱۲	۰.۱۷	۰.۰۷		۱۲۴			رخساره ۴
۰.۰۴	۰.۲۱	۰.۳۲	۰.۱۲		۳۹۰			رخساره ۵
۰.۰۳	۰.۱۴	۰.۲۰	۰.۰۹		۳۰۴			رخساره ۶
انحراف معیار	میانگین	ماکزیمم	مینیموم	چگالی	وزن	الگو	رنگ	نام
۳۵.۳۸	۲۸۲۵.۰۵	۳۸۹۲.۳۰	۲۶۹۴.۷۰		۴۹۷			رخساره ۱
۴۹.۸۲	۳۸۷۶.۸۹	۳۹۷۱.۴۰	۳۷۲۴.۸۰		۳۸۶			رخساره ۲
۷۵.۱۴	۳۶۷۶.۳۳	۳۸۶۳.۰۰	۳۴۴۸.۳۰		۱۱۵۲			رخساره ۳
۳۵.۹۸	۳۵۳۰.۰۶	۳۷۲۵.۰۵	۳۴۴۵.۰۹		۱۲۴			رخساره ۴
۷۸.۵۳	۳۳۷۵.۸۶	۳۵۹۲.۳۰	۳۱۷۴.۱۰		۳۹۰			رخساره ۵
۵۰.۰۲	۳۶۲۴.۷۳	۳۷۳۰.۳۰	۳۵۰۴.۰۲		۳۰۴			رخساره ۶

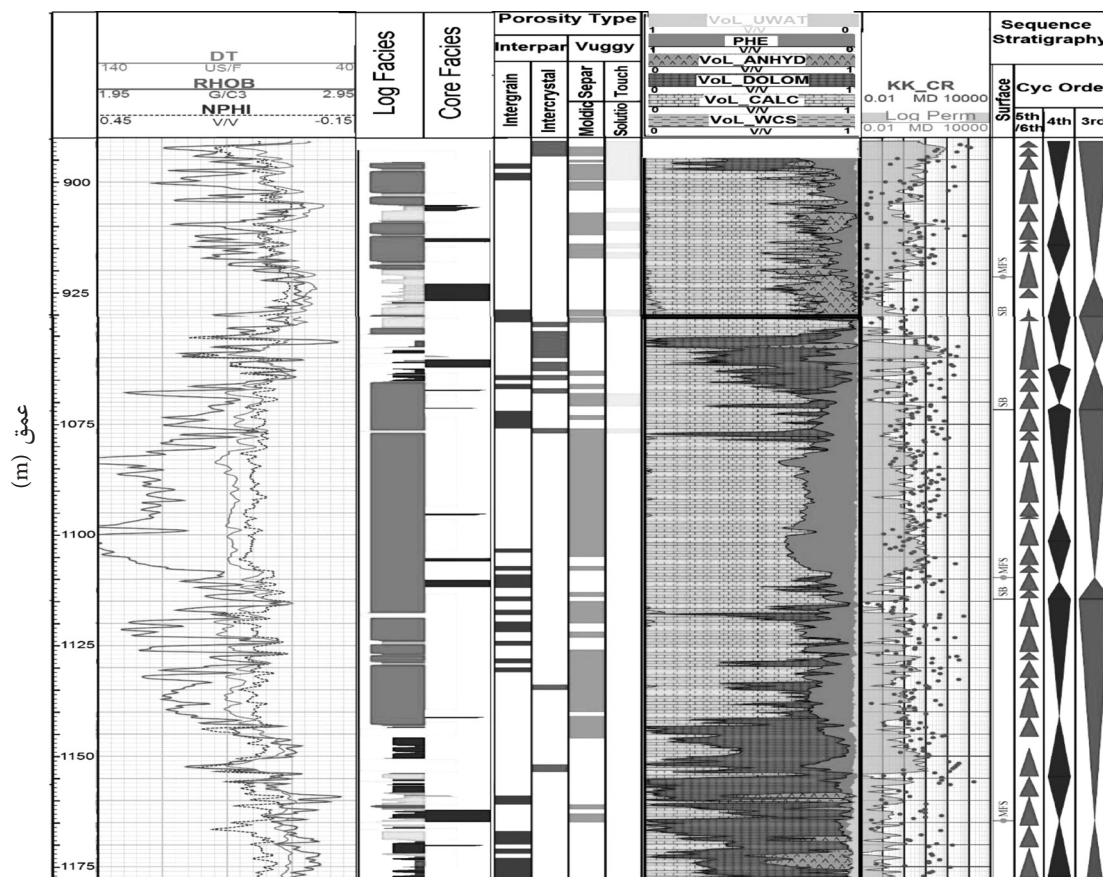
است استفاده شد [۲۳]. که همان‌طور که در شکل ۷ دیده می‌شود برای هر چاه در کنار رخساره‌های معرفی شده سکانس‌های رده سه پذیرفته شده برای میدان نشان داده شده و انطباق بر اساس آن انجام گرفته است.

همچنین برای آگاهی از توزیع گروه‌های رخساره‌ای مختلف در توزیع سه‌بعدی از مدل‌سازی سه‌بعدی رخساره‌های لاگ با استفاده از نرم‌افزار Petrol استفاده گردید. برای این منظور اطلاعات مربوط به موقعیت چاه‌ها، مرز زون‌های مخزنی اصلی، رخساره‌های لاگ و نقشه UGC زون واحد مخزنی کنگان بالایی ( $K_1$ ) وارد نرم‌افزار شد. با استفاده از نقشه UGC کنگان بالایی نقشه UGC راس سه واحد مخزنی دیگر ساخته شد. در مرحله اول مدل ساختمانی میدان تهیه شد. همچنین با توجه به اینکه میدان مورد مطالعه دارای گسل نمی‌باشد از قسمت مدل‌سازی گسل‌ها چشم‌پوشی شد. برای مشخص کردن ابعاد سلول‌ها، سلول‌ها در ابعاد مختلف برای بررسی بهترین پیوستگی ساخته شد نهایتاً سلول‌های با ابعاد  $150 \times 150 \times 1$  در چهار زون اصلی ساخته شده و در مرحله بعد رخساره‌ها در این سلول‌ها میانگین‌گیری شد سپس واریوگرام تجربی برای زون‌های مختلف در جهات اصلی میدان ساخته شده و نهایتاً رخساره‌های لاگ با استفاده از الگوریتم مدل‌سازی شاخص ترتیبی (SIS) برای زون‌های مخزنی مختلف از میدان مورد مطالعه تعمیم داده شد که توزیع آن برای زون‌های مخزنی  $K_1$ ،  $K_2$ ،  $K_3$  و  $K_4$  در شکل ۸ نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود رخساره‌های لاگ ۵ و ۶ که نماینده گروه رخساره‌ای محیط پارانرژی (شول) بود بیشترین فراوانی را در واحد مخزنی  $K_2$  و  $K_4$  دارا می‌باشند. رخساره‌های دیگر که بیشتر معرف محیط‌های کم انرژی بودند بیشترین فراوانی را در واحدهای مخزنی  $K_1$  و  $K_3$  دارا هستند.

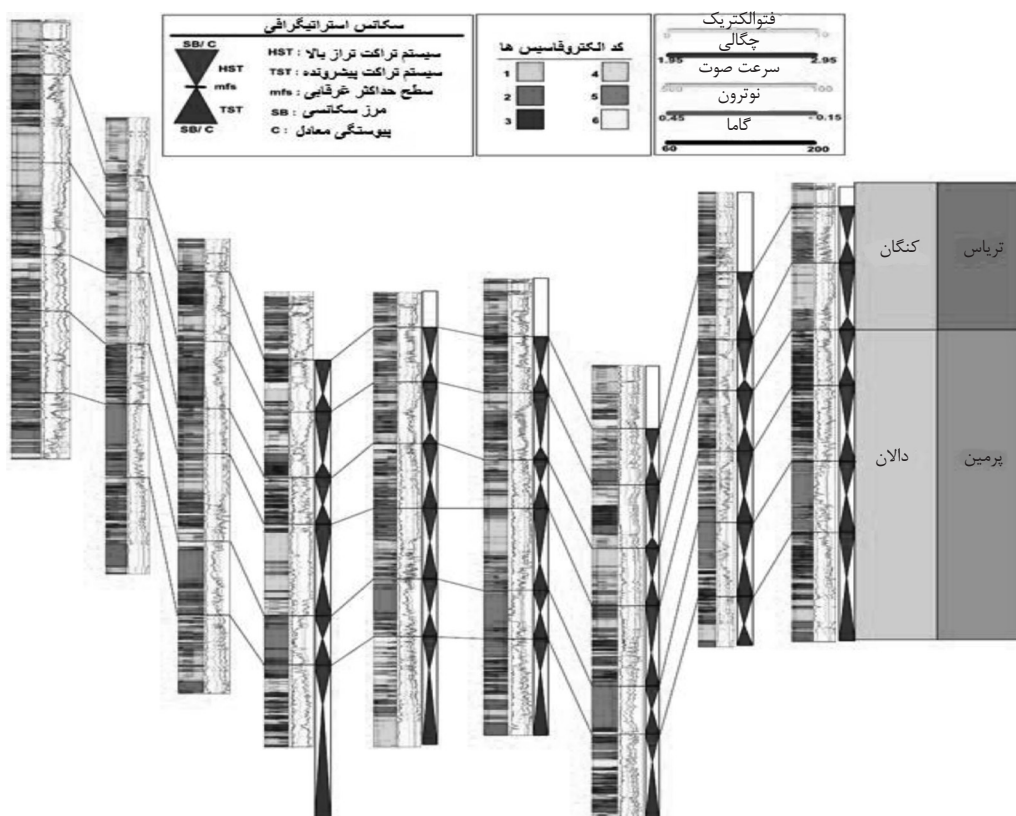
در حالت اولیه رخساره‌های دانه غالب (به دلیل انرژی زیاد) دارای تخلخل بین دانه‌ای با اندازه بزرگ، می‌باشد حال آنکه در انواع گل غالب (انرژی پایین) این نوع تخلخل کم و عمدتاً از نوع فنسترال، درون دانه‌ای و بین ذره‌ای با اندازه کوچک می‌باشد. از طرف دیگر مبنای تقسیم‌بندی رخساره‌های پتروفیزیکی، نمودارهای چاه‌پیمایی خواهد بود که عکس العمل لاگ‌ها نسبت به لیتولوژی، کانی‌شناسی، بافت‌ها و دیگر پارامترها هستند. بنابراین وجود ارتباط منطقی بین رخساره‌های لاگ تعریف شده با رخساره‌های زمین‌شناسی تعریف شده از مغزه منطقی به نظر می‌رسد.

بر اساس شکل ۶ بین رخساره‌های لاگ و گروه‌های رخساره‌ای ارتباط منطقی وجود دارد. رخساره‌های لاگ ۶ و ۵ با رنگ‌های زرد و صورتی به ترتیب در ۹۰٪ موارد با گروه رخساره‌ای محیط پارانرژی (شول) با رنگ زرد در سه چاه کلیدی مغزه‌دار قابل انطباق می‌باشد. گروه رخساره‌ای دریای باز در ۹۰٪ موارد قابل انطباق با رخساره لاگ ۲ می‌باشد. گروه رخساره‌ای پهنه جزرومدی در ۹۰٪ موارد با رخساره لاگ ۱ و تا حدودی ۲ از رخساره‌های پتروفیزیکی قابل انطباق است. گروه رخساره‌ای لاگون در ۸۰٪ موارد با رخساره‌های لاگ ۳ و ۴ و تا حدودی ۲ قابل انطباق است.

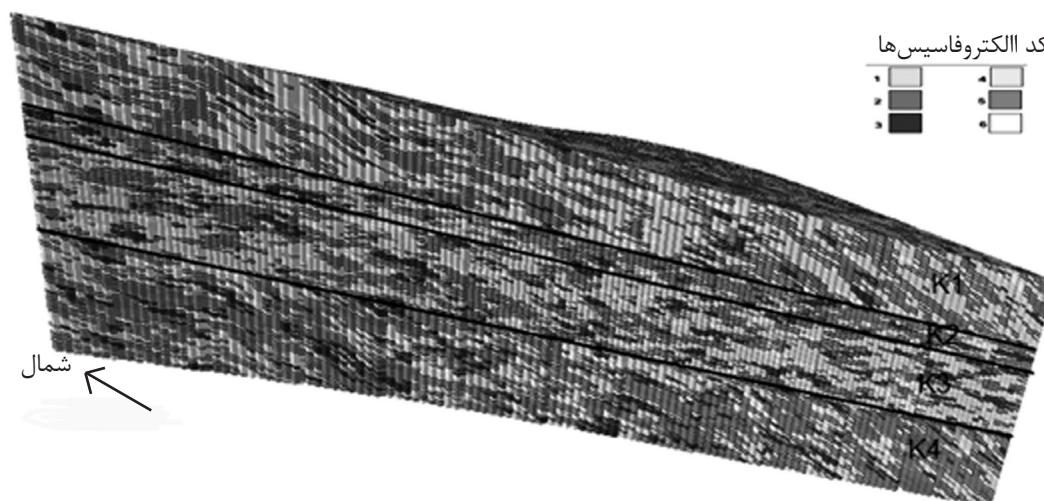
بعد از اطمینان از صحت روش باید گروه‌های رخساره‌ای را به چاه‌های بدون مغزه‌ای که فقط لاگ آنها در دسترس می‌باشد گسترش داد. برای این منظور بر اساس الگوی تعریف شده برای سه چاه مغزه‌دار رخساره‌های لاگ برای ۶ چاه بدون مغزه شبیه‌سازی شد. که نتیجه آن در شکل ۷ برای هر ۹ چاه در دسترس در این مطالعه نشان داده شده است. برای انطباق گروه‌های رخساره‌ای در چاه‌های مختلف در نمایش دوبعدی از چارچوب چینه‌نگاری سکانشی پذیرفته شده برای میدان که مراجع علمی صحت آن مورد استفاده قرار گرفته



شکل ۶- مقایسه رخساره‌های لاگ با گروه‌های رخساره‌ای تعریف شده در چاه‌های مغزه‌دار



شکل ۷- توزیع رخساره‌های لاگ مختلف در ۹ چاه از میدان مورد مطالعه و انطباق آنها در چارچوب چین‌نگاری سکansı پذیرفته شده برای میدان همراه با لاگ‌های مورد استفاده



شکل ۸- مدل سه‌بعدی رخساره‌های لاگ در زون‌های مخزنی میدان

رخساره‌ای معرفی شده در چاه‌های فاقد مغزه از مفهوم رخساره‌های لاگ استفاده گردید. با استفاده از سیستم‌های هوشمند شبکه عصبی و روش‌های آماری ۶ رخساره لاگ شناسایی گردید. انطباق بین رخساره‌های لاگ و گروه‌های رخساره‌ای در چاه‌های مغزه‌دار انجام گرفته و در چاه‌های فاقد مغزه از رخساره‌های لاگ معادل گروه‌های رخساره‌ای استفاده گردید. به منظور فهم و درک چگونگی گسترش گروه‌های رخساره‌ای در مدل سه‌بعدی از علم زمین‌آمار استفاده گردید. مدل‌سازی گروه‌های رخساره‌ای در قالب رخساره‌های لاگ معادل برای زون‌های چهارگانه مخزنی میدان با استفاده از الگوریتم مدل‌سازی شاخص ترتیبی (SIS) انجام گردید. واحدهای مخزنی  $K_4$  و  $K_2$  با گسترش بیشتر زیر محیط پرانرژی شول و کیفیت مخزنی بالا و واحدهای مخزنی  $K_1$  و  $K_3$  با گسترش زیر محیط‌های کم انرژی لاگون و پهنه جزرومدی و کیفیت مخزنی پایین معرفی گردیدند.

### نتیجه‌گیری

هندسه و گسترش رخساره‌های پرانرژی (شول) عامل اصلی گسترش کیفیت مخزنی میدان پارس جنوبی است که تحت کنترل محیط رسوبی قرار دارد. میکروفاسیس‌های شناسایی شده در چهار گروه رخساره‌ای مربوط به زیر محیط‌های جزرومدی، لاگون، شول یا سد و دریای آزاد رده‌بندی شده‌اند. در میدان مورد مطالعه زیر محیط سدی دارای بیشترین گسترش بوده که رخساره‌های آن در واحد مخزنی  $K_4$  بیشترین ضخامت را دارند. نمودار تخلخل در مقابل تراوایی برای زیر گروه‌های مختلف نشان داد که در بازه‌هایی که زیر گروه محیط پرانرژی فراوانی بیشتری را در محدوده چاه‌های مورد مطالعه دارند بیشتر بین دانه‌ای و مقدار تخلخل و تراوایی بالا هستند در حالی که در اینتروال‌هایی که زیر محیط‌های کم انرژی غالب می‌گردند نمودار تخلخل در مقابل تراوایی و به تبع آن کیفیت مخزن کاهش می‌یابد. به‌منظور گسترش گروه‌های

### مراجع

- [1]. Falivene O., Arbue' s P., Howell J., Mun'oz J. A., Ferna' ndez O., and Marzo M., "Hierarchical geocellular facies modeling of a turbidite reservoir analogue from the Eocene of the Ainsa Basin," NE Spain. Marine and Petroleum Geology 23, pp. 679-701, 2006b.

- [2]. Qi L. S., Carr T. R. and Goldstein R. H., "Geostatistical 3D modeling of oolite shoals," St. Louis Limestone, Southwest Kansas: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 2007.
- [3]. Aali J., Rahimpour-Bonab H., and Kamali M. R., "Geochemistry and origin of the world's largest gas field from Persian Gulf," Iran, Journal of Petroleum Science and Engineering, Vol. 50, pp. 161–175, 2006.
- [4]. Alshahran A. S. and Nairn A. E. M., "Sedimentary basins and petroleum geology of the middle east," Elsevier, Netherlands, pp. 843, 1997.
- [5]. Kashfi M. S., "Greater Persian Gulf permian–triassic stratigraphic nomenclature requires study," Oil and Gas Journal, 2000.
- [6]. Konert G., Afif A. M., AL-Hajari S. A., and Droste H., "Paleozoic stratigraphy and hydrocarbon habitat of the Arabian Plate," GeoArabia, Vol. 6, No. 3, pp. 407–442, 2001.
- [7]. Rahimpour-Bonab H., Esrafil-Dizaji B., and Tavakoli V., "Dolomitization and precipitation in Permo-Triassic carbonates at the South Pars Gas Field, offshore Iran: controls on reservoir quality," Journal of Petroleum Geology, Vol. 33, No. 1, pp. 43 – 66, Jan. 2010.
- [8]. Sharland P. R., Archer R., Casey D. M., Davies R. B., Hall S. H. , Heward A. P., Horbury A. D. and Simmons M. D., "Arabian plate sequence stratigraphy: GeoArabia Special Publication 2," World largest gas field from Persian Gulf, Iran. Journal of Petroleum Science and Engineering Vol. 50, pp. 161–175, 2001.
- [9]. Rahimpour-Bonab H., Asadi-Eskandari A., Sonei A., "Control of Permian-Triassic Boundary over reservoir characteristics of South Pars Gas Field," Persian Gulf. Geological Journal Vol. 44, pp. 341-364, 2009.
- [10]. Ahr W. M., "Geology of carbonate reservoirs," 2<sup>nd</sup> ed. John Wiley and Sons, Chichester, pp. 296, 2008.
- [11]. Lucia F. J., "Rock-fabric/petrophysical classification of carbonate pore space for reservoir characterization," American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Vol. 79, No. 9, pp. 1275–1300, 1995.
- [12]. Flugel E., "Microfacies of carbonate rock: Analysis," Interpretation and Application, 2<sup>nd</sup> ed. Springer, Berlin Heidelberg New York, 2010.
- [13]. Middleton G. V., "Johannes walter's law of the correlation of facies," Geological Society of America Bulletin, 20, pp. 979-88, 1973.
- [14]. Sfidari E., Kadkhodaie-Ilkhchi A., and Najjari S., "Comparison of intelligent and statistical clustering approaches to predicting total organic carbon using intelligent systems," Journal of Petroleum Science and Engineering, 86-87: pp. 190-205, 2012a.
- [15]. Serra O., "Fundamentals of well log interpretation," The interpretation of logging data, Developments in petroleum science, 15B. Amsterdam, Elsevier, Vol. 2, pp. 684, 1986.
- [16]. Hubert L., Schult, J., "Quadratic assignment as a general data-analysis strategy," British Journal of Mathematical and Statistical Psychologie. Vol. 29. pp. 190-241, 1976.
- [17]. Rousseeuw P. J., "Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis," Journal of Computational and Applied Mathematics, Vol. 20, pp. 53-65, Nov., 1987.
- [18]. Rand W. M., "Objective criteria for the evaluation of clustering methods," Journal of American Statistical Association, pp. 846–850, 1971.

- [19]. Pauwels E. and Frederix G., "*Finding salient regions in images: Non parametric clustering for image segmentation and grouping*," Comput. Vision Image Understand. Vol. 75, pp. 73–85, 1999.
- [20]. Kohonen T., Kaski S., and Lappalainen H., "*Self-organized formation of various in variant feature filters in the adaptive-subspace SOM*," Neural Computation 9, pp. 1321-1344, 1997.
- [21]. Kohonen T., "*Self-organizing maps*," Springer series in Information Sciences, New York, Springer-Verlag, Vol. 30, pp. 501, 2001.
- [22]. Sfidari E., Amini A., Kadkhodaie A., and Ahmadi B., "*Electrofacies clustering and a hybrid intelligent based method for porosity and permeability prediction in the South Pars Gas Field, Persian Gulf*," Journal of Geopersia, Vol. 2, No. 2, pp. 11-23, 2012b.
- [23]. Insalaco E., Virgone A., Courme B., Gaillot J., Kamali M., Moallemi A., Lotfpout M., Monibi S., "*Upper Dalan Member and Kangan Formation between the Zagros Mountains and offshore Fars*," Iran: Depositional system, biostratigraphy and stratigraphic architecture. GeoArabia, Vol. 11, pp. 75–176, 2006.