

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه: اکتشاف نفت

تهیه نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر شیل گازی در یکی از حوضه های

جنوب غرب کشور

دانشجو: امیر نگهداری

اساتید راهنما:

دکتر منصور ضیایی

دکتر مسعود نعمتی

استاد مشاور

جواد قیاسی فریز

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته اکتشاف نفت

بهمن ماه ۹۱

شماره: ۳۸/۹۳۲۰
تاریخ: ۹/۱۱/۹۱
ویرایش:

بسمه تعالی



فرم صور تجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای امیرنگهداری رشته نفت گرایش اکتشاف تحت عنوان تهیه نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر شیل گازی در یکی از حوضه های جنوب غرب کشور که در تاریخ ۹۱/۱۱/۲۵ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است:

<input type="checkbox"/> قبول (با درجه: ۱۷/۷۵ امتیاز جزئی)	<input type="checkbox"/> دفاع مجدد	<input type="checkbox"/> مردود
--	------------------------------------	--------------------------------

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

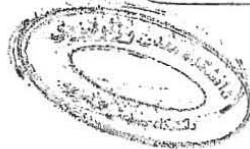
۳- خوب (۱۶ - ۱۷/۹۹)

۴- قابل قبول (۱۴ - ۱۵/۹۹)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	منصور ضیایی	استادیار	
۲- استاد راهنما	مسعود نعمتی	دانشیار	
۳- استاد مشاور	جواد قیاسی فریز	مربی	
۴- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	سوسن ابراهیمی	استادیار	
۵- استاد ممتحن	رضا قوامی ریایی	استادیار	
۶- استاد ممتحن	عزیزالله طاهری	دانشیار	

تأیید رئیس دانشکده:



تقدیم به پدر و مادرم

مادرم؛ که عشقش در دلم مقدس است. که سرچشمه کنجاوی دوران کودکی ام اوست.

پدرم؛ که بزرگ منشی‌اش اساس جویندگی پرشور دانش برایم بود.

که سالهای بال و پر گرفتم را لبریز از حکمت کرد.

که حس دوست داشتن انسان‌ها را در من برانگیخت.

سپاسگذارانم، شما به من زندگی بخشیدید.

اما ورای این همه، شما دلیلی به من دادید که برای آن زندگی کنم.

تقدیمتان می‌کنم که اولین راهنمایانم بودید.

تشکر و سپاسگزاری

خداوند متعال را سپاس که مرا در تمامی مراحل زندگی یار و یاور بوده و الطاف بیکرانیش را از من دریغ ننموده است. اینک که به توفیق حق، پایان نامه را به پایان رسانده ام وظیفه خود می دانم که از آقای دکتر ضیایی و آقای دکتر مسعود نعمتی، که زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشتند و با رهنمودهایشان مرا تا پایان مسیر کمک کردند، کمال تشکر و سپاسگزاری را نمایم.

از آقای مهندس جواد قیاسی فریز، که مشاورت این پایان نامه را بر عهده داشتند، جهت مساعدت و همکاری بی دریغشان تشکر و قدردانی می کنم.

تعهد نامه

اینجانب **امیر نگهداری** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **مهندسی اکتشاف نفت** دانشکده **معدن، نفت و ژئوفیزیک** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **تهیه نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر شیل گازی** در یکی از حوضه های جنوب غرب کشور تحت راهنمایی **منصور ضیایی** متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده:

با توجه به نیاز روز افزون صنعت به منابع هیدروکربوری، همواره تلاش شده است تا با استفاده از تکنیکهای جدید به اکتشاف و بهره برداری از منابع و ذخایر جدید پرداخته و به این نیازها پاسخ داده شود. در چند سال اخیر با کاهش ذخیره ذخایر نفتی و افزایش قیمت نفت و گاز در بازار جهانی، مهندسين و کارشناسان تمرکز و توجه ویژه ای به شیل های نفتی و گازی داشته اند.

با هدف نظام بخشی به تحقیق، مطالعه حاضر به دو بخش تقسیم گردیده است: در قسمت اول، منابع هیدروکربوری نامتعارف به طور گسترده جهت دستیابی به منبع کاملی از اطلاعات لازم درخصوص این ذخایر جدید و حائز اهمیت مورد مطالعه قرار گرفته شده است. در این قسمت تلاش شده تا کامل ترین منبع موجود درخصوص این ذخایر در ایران جمع آوری گردد.

در قسمت دوم براساس تجزیه و تحلیل اطلاعات موجود لایه های شیلی و همچنین ویژگی های زمین شناسی میدان های نفتی حوضه لرستان، میزان درصد ماده آلی آنها و میزان پختگی و همچنین عمق دسترسی به سازندهای هدف، سازندهای محتمل وجود شیل گازی در این حوضه، تعیین گردیده اند. ابتدا پارامترهای مهم ژئوشیمیایی منابع شیلی بررسی و تعیین گردید و در ادامه سازندهای مهم شیلی حوضه لرستان از جمله: پابده، کژدمی، سرگلو و گرو مورد بررسی قرار گرفتند. در این مطالعه از روش آنالیز تمایز و روش ساده گرافیکی آن، جهت ارزیابی نمونه ها و تفکیک نمونه های با پتانسیل و کم پتانسیل استفاده شده است.

برای این منظور، پارامترهای مهم ژئوشیمیایی سازندها که از لحاظ شیل گازی اهمیت دارند همچون کربن آلی کل، میزان بلوغ و شاخص هیدروژنی در این سازندها با یکدیگر مقایسه گردید و تفاوت آشکاری بین میزان بلوغ گرو و سرگلو با پابده مشاهده گردید. سازند پابده کاملاً غیرپخته و سازند گرو و سرگلو وارد پنجره تولید گاز تر و میعانی شده اند و با توجه به پارامترهای دیگر، سازند گرو را جهت تعیین پارامتر تمایز، به عنوان جامعه با پتانسیل و سازند پابده به عنوان جامعه بدون پتانسیل شیل گازی انتخاب گردید.

سپس پارامتر تمایز، با استفاده از میانگین پارامترهای ژئوشیمیایی این دو سازند محاسبه گردید و بهترین پارامتر با بالاترین توان تفکیک بدست آمد.

نتایج حاصله از این مطالعات نشان می‌دهد قاعده سازند گرو و راس سازند سرگلو از جمیع جهات، در ناحیه لرستان، شرایط لازم اولیه را برای برخورداری از منابع شیل گازی دارا می‌باشد.

کلمات کلیدی: ذخایر نامتعارف، شیل گازی، آنالیز تمایز، پارامتر تمایز، سازند گرو، سازند سرگلو

لیست مقالات مستخرج از پایانامه

- نگهداری ا.، علایی س.س.، ضیایی م.، نعمتی م.، قیاسی فریز ج.، (۱۳۹۱) " سازندهای گرو و سرگلو، تشکیلات شاخص شیل گازی در حوضه لرستان"، سی و یکمین گردهمایی علوم زمین، ۱۲ و ۱۱ آذرماه، تهران.
- نگهداری ا.، ضیایی م.، نعمتی م.، قیاسی فریز ج.، (۱۳۹۱) " پتانسیل یابی و ارزیابی ژئوشیمیایی سازندهای شیلی حوضه زاگرس با هدف اکتشاف شیلهای گازی در ایران" دومین همایش ملی نفت، گاز و پتروشیمی، ۱۶ و ۱۷ اسفند، گچساران.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲	فصل اول: کلیات
۲	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- اهداف مطالعه
۴	۳-۱- روش مطالعه
۶	۴-۱- ناحیه مورد مطالعه
۹	۵-۱- ساختار پایان نامه
۱۱	فصل دوم: منابع نامتعارف
۱۱	۱-۲- مقدمه
۱۱	۲-۲- مخازن متعارف و نامتعارف
۱۳	۳-۲- شیل‌های گازی
۱۴	۴-۲- زغال سنگ
۱۶	۵-۲- شیل نفتی
۱۷	۶-۲- مخازن گازی متراکم
۱۷	۷-۲- گاز طبیعی و اهمیت آن
۱۸	۸-۲- ذخایر نامتعارف در دنیا
۱۸	۱-۸-۲- تاریخچه
۲۰	۲-۸-۲- نمونه های آمریکا
۲۴	فصل سوم: حوضه هیدروکربنی لرستان
۲۴	۱-۳- مقدمه
۲۵	۲-۳- زمین شناسی
۲۵	۱-۲-۳- سازند پابده
۲۶	۲-۲-۳- کژدمی
۲۷	۳-۲-۳- گرو
۲۸	۴-۲-۳- سرگلو
۳۰	۳-۳- پارامترهای ژئوشیمیایی
۳۰	۱-۳-۳- پیرولیز نمونه ها توسط دستگاه ارزیاب سنگ مادر
۳۱	۲-۳-۳- پارامتر S1

۳۲	..... ۳-۳-۳ پارامتر S2 (توان هیدروکربورزایی)
۳۲	..... ۴-۳-۳ کربن آلی کل (TOC)
۳۳	..... ۵-۳-۳ اندیس هیدروژن
۳۳	..... ۶-۳-۳ اندیس اکسیژن
۳۴	..... ۷-۳-۳ پارامتر Tmax
۳۵	..... ۸-۳-۳ اندیس تولید
۳۶	..... ۴-۳-۴ پارامترهای ژئوشیمیایی سازندهای منطقه
۳۸	..... ۱-۴-۳ پابده
۴۲	..... ۲-۴-۳ کژدمی
۴۵	..... ۳-۴-۳ گرو
۴۸	..... ۴-۴-۳ سرگلو
۵۱	..... ۵-۳-۴ اندازه گیری انعکاس ویتربینایت در نمونه های سنگ
۵۱	..... ۱-۵-۳ سازند پابده
۵۲	..... ۲-۵-۳ سازند کژدمی
۵۴	..... ۳-۵-۳ سازند گرو و سرگلو

فصل چهارم: روشهای تفکیک تشکیلات هدف

۵۸	..... ۱-۴-۱ مقدمه
۵۹	..... ۲-۴-۲ الگوها
۶۰	..... ۳-۴-۳ روشهای آماری چند متغیره
۶۲	..... ۴-۴-۴ رده بندی جامعه داده ها
۶۳	..... ۱-۴-۴ آنالیز تفریقی (تمایز)
۶۶	..... ۲-۴-۴ بحث تئوری
۶۶	..... ۳-۴-۴ محاسبه ساده تابع تفکیک (تمایز)
۶۸	..... ۵-۴-۵ روش گرافیکی محاسبه تابع تفکیک
۶۹	..... ۱-۵-۴ مثالی از روش گرافیکی محاسبه تابع تفکیک

فصل پنجم: انتخاب بهینه تشکیلات پتانسیل دار بر اساس الگوی آنالیز تمایز

۷۳	..... ۱-۵-۱ مقدمه
۷۴	..... ۲-۵-۲ انتخاب سازندهای شاخص قوی و ضعیف
۷۴	..... ۱-۲-۵ پابده
۷۵	..... ۲-۲-۵ کژدمی

۷۵	..... ۳-۲-۵- گرو
۷۶	..... ۴-۲-۵- سرگلو
۸۴	..... ۳-۵- محاسبه پارامتر تمایز
۸۹	..... ۴-۵- تفکیک جامعه خوب از بد توسط پارامتر تمایز
۹۳	..... ۵-۵- تعمیم مدل آنالیز تمایز روی تمام چاهها
۹۷	..... فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۹۷	..... ۱-۵- نتیجه گیری
۹۸	..... ۲-۵- پیشنهادات
۱۰۰	..... منابع
۱۰۴	..... ضمیمه

فهرست شکل ها

صفحه

- شکل ۱-۱- ستون چینه شناسی زاگرس ۷
- شکل ۱-۲- موقعیت حوضه هیدروکربوری لرستان ۸
- شکل ۱-۳- حوضه هیدروکربنی لرستان ۸
- شکل ۱-۲- دید زمین شناسی ذخایر گازی متعارف و نامتعارف ۱۳
- شکل ۲-۲- زغال سنگ ۱۵
- شکل ۳-۲- فراوانی و توزیع ذخایر نامتعارف در کشورهای دنیا ۱۸
- شکل ۴-۲- ذخایر ثبت شده دنیا ۱۹
- شکل ۵-۲- لایه‌های شیلی مهم و پتانسیل دار شیل گازی آمریکا ۲۰
- شکل ۱-۳- وضعیت چینه‌شناسی سازندهای سرگلو و گرو در ناحیه لرستان و تغییرات جانبی آنها در عراق ۲۹
- شکل ۲-۳- منحنی های S_1, S_2, S_3, HI, OI و T_{max} آنالیز سنگ مادر ۳۰
- شکل ۳-۳- نسبت اندیس هیدروژن به اندیس اکسیژن ۳۳
- شکل ۴-۳- نمودار نسبت اندیس هیدروژن به T_{max} ۳۴
- شکل ۵-۳- موقعیت میداین مورد بررسی در این مطالعه ۳۶
- شکل ۶-۳- نمودار نسبت HI به T_{max} نمونه های پابده ۳۹
- شکل ۷-۳- دیاگرام نسبت های TOC و PP نمونه های سازند پابده ۴۰
- شکل ۸-۳- دیاگرام نسبت ضریب های HI به T_{max} نمونه های سازند کژدمی ۴۵
- شکل ۹-۳- نمودار توان هیدروکربوری کژدمی ۴۷
- شکل ۱۰-۳- موقعیت چاه هایی از منطقه که شامل سازندهای گرو و سرگلو می باشند. ۴۹
- شکل ۱۱-۳- نمودار نسبت اندیس هیدروژن به T_{max} برای نمونه های سازند گرو ۵۰
- شکل ۱۲-۳- نقشه Ro سازند گرو- قرمز: $Ro > 1$ و سبز $Ro = 0.8 - 1$ ۵۶

- شکل ۴-۱- نمودارهای طیف های ژئوشیمیایی مشخص کننده توزیع عناصر شاخص ۶۷
- شکل ۵-۱- فراوانی مقدار TOC سازند پابده ۷۳
- شکل ۵-۲- فراوانی مقدار TOC سازند کژدمی ۷۴
- شکل ۵-۳- فراوانی مقدار TOC سازند گرو ۷۴
- شکل ۵-۴- فراوانی مقدار TOC سازند سرگلو ۷۴
- شکل ۵-۵- فراوانی نمونه های سازند پابده بر اساس میزان بلوغ ۷۵
- شکل ۵-۶- فراوانی نمونه های سازند کژدمی بر اساس میزان بلوغ ۷۵
- شکل ۵-۷- فراوانی نمونه های سازند گرو بر اساس میزان بلوغ ۷۵
- شکل ۵-۸- فراوانی نمونه های سازند سرگلو بر اساس میزان بلوغ ۷۶
- شکل ۵-۹- توزیع میزان بلوغ نمونه های سازند پابده بر اساس $\%Ro$ ۷۶
- شکل ۵-۱۰- توزیع میزان بلوغ نمونه های سازند کژدمی بر اساس $\%Ro$ ۷۷
- شکل ۵-۱۱- توزیع میزان بلوغ نمونه های سازند گرو بر اساس $\%Ro$ ۷۷
- شکل ۵-۱۲- توزیع میزان بلوغ نمونه های سازند سرگلو بر اساس $\%Ro$ ۷۸
- شکل ۵-۱۳- توزیع نمونه های سازند پابده بر اساس میزان HI ۷۸
- شکل ۵-۱۴- توزیع نمونه های سازند کژدمی بر اساس میزان HI ۷۹
- شکل ۵-۱۵- توزیع نمونه های سازند گرو بر اساس میزان HI ۷۹
- شکل ۵-۱۶- توزیع نمونه های سازند سرگلو بر اساس میزان HI ۷۹
- شکل ۵-۱۷- نمودار اطلاعات پارامترهای ژئوشیمیایی سازند گرو ۸۱
- شکل ۵-۱۸- نمودار اطلاعات پارامترهای سازندهای گرو و پابده ۸۲
- شکل ۵-۱۹- نمودار نیمه لگاریتمی سازند گرو و پابده ۸۳
- شکل ۵-۲۰- ضریب تمایز DF_3 بر روی داده های گرو و پابده ۸۶
- شکل ۵-۲۱- ضریب تمایز DF_4 بر روی داده های گرو و پابده ۸۷

شکل ۵-۲۲- ضریب تمایز DF_5 بر روی داده های گرو و پابده ۸۷

شکل ۵-۲۳- ضریب تمایز DF_6 بر روی داده های گرو و پابده ۸۸

شکل ۵-۲۴- ضریب تمایز DF_7 بر روی داده های گرو و پابده ۸۸

شکل ۵-۲۵- ضریب تمایز DF_3 بر روی داده های کژدمی و سرگلو و مقایسه با گرو و پابده ۸۹

فهرست جدول ها

صفحه

- جدول ۱-۲- منابع عظیم زغال سنگ و متان در دنیا ۱۹
- جدول ۱-۳- تقسیم بندی سنگ بر اساس توان تولید با توجه به پارامتر S2 ۳۱
- جدول ۲-۳- توصیف پارامترهای ژئوشیمیایی پتانسیل هیدروکربورزایی ۳۲
- جدول ۳-۳- نوع کروژن براساس پارامتر های ژئوشیمیایی ۳۳
- جدول ۴-۳- پارامترهای ژئوشیمیایی که میزان بلوغ را نشان می دهد. ۳۵
- جدول ۵-۳- نتایج حاصل از انعکاس ویتروینایت نمونه های سازند پابده ۵۰
- جدول ۶-۳- نتایج حاصل از انعکاس ویتروینایت نمونه های سازند کژدمی ۵۱
- جدول ۷-۳- نتایج حاصل از انعکاس ویتروینایت نمونه های سازندهای گرو و سرگلو ۵۲
- جدول ۱-۵- میانگین پارامترهای ژئوشیمیایی پابده و گرو ۸۰
- جدول ۲-۵- مقادیر پارامتر تفکیک برای چاه های سازند گرو ۹۰
- جدول ۳-۵- مقادیر پارامتر تفکیک برای چاه های سازند پابده ۹۱
- جدول ۴-۵- مقادیر پارامتر تفکیک برای چاه های سازند کژدمی ۹۲

فصل اول:

کلیات

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه

امروزه بر همه روشن است که امر اکتشاف منابع جدید نفت و گاز نسبت به کشف این ماده حیاتی در سده قبل بی‌نهایت پیچیده و مشکل‌تر شده است.

چاه‌های اولیه نفت در مناطقی حفر شده‌اند که عموماً دارای چشمه‌های نفتی بوده ولی امروزه دیگر استفاده از این سیستم کارآیی خود را از دست داده‌است و باید به دنبال مخازن جدید با بهره‌گیری از روش‌های مدرن ژئوفیزیکی، ژئوشیمی آلی، زمین‌شناسی و نرم افزارهای پیچیده بود تا بتوان در امر اکتشاف بخصوص در حوضه‌های رسوبی ایران موفق به کشف منابع جدید نفت و گاز گردید.

منابع هیدروکربوری نامتعارف، با توجه به رویکرد جهانی، در آینده نزدیک به محور اصلی مطالعات تبدیل خواهد شد و آینده بازارهای جهانی را با گسترش خود تحت تاثیر قرار خواهد داد. بنابراین با توجه به این مسئله، می‌بینیم که بعد از آمریکا که پیشگام در زمینه اکتشاف و استخراج از این ذخایر بوده، کشورهای اروپایی و کشورهای خاورمیانه نیز از جمله عربستان سعودی تولید از منابع نامتعارف خود را در دستور کار قرار داده‌اند.

از این رو، کشور ایران نیز طی سالهای اخیر برآن شده تا به‌منظور پی‌جویی اولیه این گونه منابع اقدام به مطالعاتی نماید. مطالعه حاضر یکی از معدود مطالعات صورت گرفته در جهت بررسی و مطالعه ذخایر شیل گازی در ایران می‌باشد.

گاز طبیعی هم در مخازن متعارف و هم در مخازن نامتعارف وجود دارد. آنچه در این مطالعه به آن پرداخته خواهد شد، چگونگی اکتشاف و بررسی گسترده‌گی مخازن نامتعارف است. تا به امروز در کشور توجه کمی به مطالعه مخازن نامتعارف شده است.

این منبع جدید انرژی در دهه گذشته نقش مهم و رو به گسترشی در تامین انرژی ایالات متحده آمریکا داشته است. بزرگترین جذابیت هیدروکربن های نامتعارف، حجم بسیار زیاد آنهاست. این امر چالش های موجود در بحث اقتصادی این منابع را برطرف می سازد.

با وجود آن که استخراج از منابع متداول آسان تر می باشد، در ایالات متحده منابع گازی غیرمتداول است که در حال تبدیل به بخش اعظم تولید سالانه گاز می باشد. برای مثال، گاز منابع غیرمتداول بیش از ۲۶ درصد تولید روزانه ایالات متحده را دارا می باشند. انتظار می رود که گاز طبیعی، سریع ترین رشد را از نظر مصرف انرژی تا سال ۲۰۲۰ دارا باشد. (Energy Briefing Note)

اسماعیلی (۱۳۸۹)، در مقاله خود اشاره میکند که کشور آمریکا ابتدا در سال ۱۸۲۱ موفق به تولید گاز از لایه های شیلی شد، و بعد از یک دوره رکود، در اواخر دهه ۱۹۸۰ تولید اقتصادی از این لایه ها را از سر گرفت. در اروپا، نخستین طرح بهره برداری از این منابع در سال ۲۰۱۴ در کشور لهستان آغاز بکار خواهد نمود.

شیل ها متداول ترین و فراوان ترین سنگ های رسوبی (۷۰٪ سطح زمین سنگ رسوبی) هستند (Jarvie et al. 2007). از طرف دیگر حدوداً ۹۵ درصد مواد آلی موجود در سنگ های رسوبی درون شیل هاست. از این رو لایه های شیلی به طور خاص مورد توجه قرار گرفته اند. مواد آلی این سنگ ها (نفت، گاز و بیتومن) مهاجرت نکرده است و منبع عظیم گازی را در درون خود جای داده اند. امروزه به واسطه تکنولوژی های حفاری افقی و شکافت هیدرولیکی (Hydraulic Fracturing)، تولید گاز از این لایه ها به طور اقتصادی امکان پذیر گردیده است.

در این مطالعه تلاش شده تا با استفاده از نتایج آنالیز ژئوشیمیایی سازندهای پابده، کژدمی، گرو و سرگلو پتانسیل این سازندها برای ایجاد ذخایر شیل گازی ارزیابی شود.

۱-۲- اهداف مطالعه

هدف از این مطالعه، شناسایی مخازنی هستند که برخلاف تصور معمول، به جای لایه های ماسه سنگی و سنگ آهک، درون لایه های شیلی و لایه های متراکم و مستحکم قرار دارند. در مخازن معمول یا متعارف، تولید از لایه های ماسه سنگی و آهکی صورت می گیرد. در حالیکه در مخازن نامتعارف، تولید از سازند های فشرده با تراوایی پایین مثل ماسه های مستحکم، زغال و شیل صورت می گیرد.

بدلیل محدودیت بودجه اکتشافی، تمامی نقاط پتانسیل دار ارائه شده در هر طرح نمی تواند تحت پوشش عملیات حفاری قرار گیرند. لذا نحوه انتخاب بهینه با پتانسیل ترین زون ها و مناسب ترین سازندها و تشکیلات حاوی شیل گازی برای حفاری به شدت احساس می شود. ذخایر هیدروکربن دار نوع غیر متعارف (شیل گازی، زغال سنگ و ...) از نظر منشاء سن ژنتیک بوده (بر خلاف نوع متعارف نفت و گازدار)، لذا روشی متفاوت برای اکتشاف و تعیین محل نقاط بهینه حفاری نسبت به منابع هیدروکربور متعارف را می طلبد. بنابراین با توجه به پیچیده بودن فرآیند اکتشاف تشکیلات حاوی منابع هیدروکربور غیر متعارف از جمله شیل های گازی، مهندسی اکتشاف به مدل های جامع و روش های کاربردی تر نیاز دارند.

بر حسب نوع روش اکتشافی انتخاب شده تعداد زیادی نقاط حفاری معرفی می شوند که معمولاً بدلیل محدودیت مالی و زمانی فقط تعداد معدودی از این نقاط می توانند برای انجام عملیات حفاری انتخاب شوند. لذا انتخاب یک روش کاربردی برای تفکیک سازندهای پتانسیل دار و انتخاب نقاط بهینه حفاری در آنها لازم و ضروری هست.

این مطالعه در نظر دارد تا با بررسی روش های مختلف آنالیز داده، از جمله روش های آماری، چند متغیره و بیزین، به بهترین و ساده ترین شیوه جهت ارزیابی منابع جدید هیدروکربوری بپردازد و مدلی عملی و کارآمد را جهت بررسی های بیشتر و حفاری، ارائه دهد.

۱-۳- روش مطالعه

مخازن شیلی نامتعارف معمولاً به عنوان منشأ مخازن آواری و کربناته کم عمق تر عمل می کند. از این رو، تکنیک های ژئوشیمیایی مشابهی برای فهم کیفیت این سنگ منشأ ها استفاده می شود تا پتانسیل هیدروکربنی آن تعیین گردد. تخمین TOC، اندیس هیدروژنی و اکسیژنی و همچنین بلوغ حرارتی برای تخمین مقدار و نوع هیدروکربن درجا با اهمیت هستند. تخلخل ماتریکس سنگ با تخلخل آلی در کروژن متصل می شود تا مقدار گاز آزاد و جذب سطحی یا سیال قابل دسترس را مشخص کنند. در نهایت، ضخامت زون مخزنی فاکتور تعیین کننده در مقدار کل هیدروکربن در هر سکن است.

در این مطالعه ابتدا بانک اطلاعاتی از داده های در دسترس تهیه می گردد. سپس داده های موجود مورد تجزیه و تحلیل ابتدایی قرار گرفته و اطلاعات مفید تری بدست می دهد.

در این مطالعه از داده های زمین شناسی و ژئوشیمیایی استفاده شده و سپس از نتایج آنالیز دستگاه راک-ایول استفاده شده، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و پارامترهای ژئوشیمیایی حاصل گردید. داده های زمین شناسی عموماً توصیفی بوده و بایستی از حالت کیفی به کمی درآیند. این تبدیل با مشکلات زیادی مانند فقدان مشاهدات، ریسک خطا و از دست دادن اطلاعات همراه است. لذا از بین کاربرد برخی تکنیکهای آماری چند متغیره مانند آنالیز فاکتوری^۱، آنالیز خوشه ای^۲ و آنالیز تفریقی^۳، آنالیز تمایز می تواند مفیدتر باشد.

مدل رده بندی بر اساس متغیرهای مستقل بنا می گردد و سپس بر حسب دو جامعه از نقاط کنترلی (شناخته شده) کالیبره می شود. یک جامعه شامل تمامی نقاط کنترلی است که در آنها ذخایر هیدروکربوردار شناخته شده و معلوم وجود دارد. جامعه دوم شامل تمامی نقاط کنترلی است که در آنها ذخایر اقتصادی وجود ندارد.

¹ - factor analysis

² - cluster analysis

³ - discriminant analysis

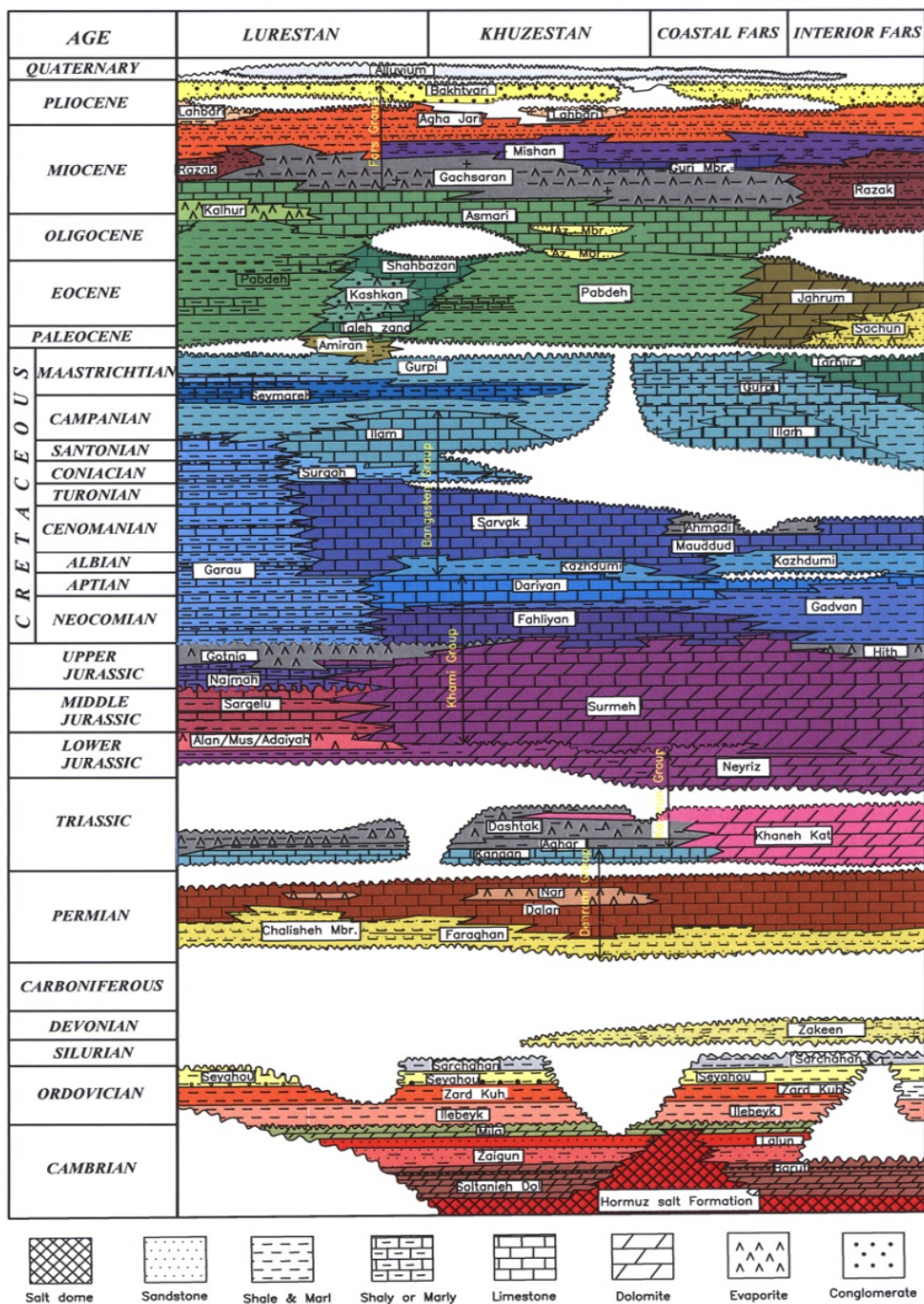
یکی از روشهای رده بندی روش مبتنی بر آنالیز تفریقی^۴ است که قبلا از آن زیاد استفاده می شد. این آنالیز یک تکنیک چند متغیره آماری است که توابع لازم جهت رده بندی داده ها و تقسیم آنها به جوامع مختلف را بر اساس مقدار متغیرهای اندازه گیری شده، بدست می دهد. در نهایت به کمک مدل ساده و بسیار کارآمد گرافیکی، پارامتر تفکیک حاصل می گردد و داده ها توسط آن مورد تحلیل و تفکیک قرار می گیرند.

۱-۴- ناحیه مورد مطالعه

کمر بند چین خورده زاگرس قریب ۱۴ کیلومتر رسوبات دوران های مختلف از پالئوزوئیک تا عهد حاضر را در خود جای داده است. از مجموعه رسوبی پالئوزوئیک زیرین به جهت رخنمون های اندک و حفاری های بسیار محدود اطلاعات کاملی در دست نیست. در مجموعه رسوبی پالئوزوئیک فوقانی تا ترشیری با توجه به ستون چینه شناسی شکل ۱-۱ می توان اظهار داشت ناحیه زمین شناسی فارس در بخش عمده ای از طول تاریخ زمین شناسی در موقعیت پلت فورمی قرار داشته و غالبا رسوبات کربناته در آن رسوب نموده است.

در مقابل ناحیه زمین شناسی لرستان بخش عمیق حوضه رسوبی را به خود اختصاص می داده و غالبا رخساره های شیلی و آهک های پلاژیک در این منطقه گسترش یافته اند. محدوده زاگرس مرکزی نیز که فرو افتادگی دزفول و زون ایده را شامل می گردد محلی میان پلتفورم فارس و حوضه عمیق لرستان بوده و با پیشروی ها و پسروی های متعدد تناوبی از لایه های شیلی و کربناته در آن رسوب نموده است. (کاووسی و همکاران ۱۳۹۰)

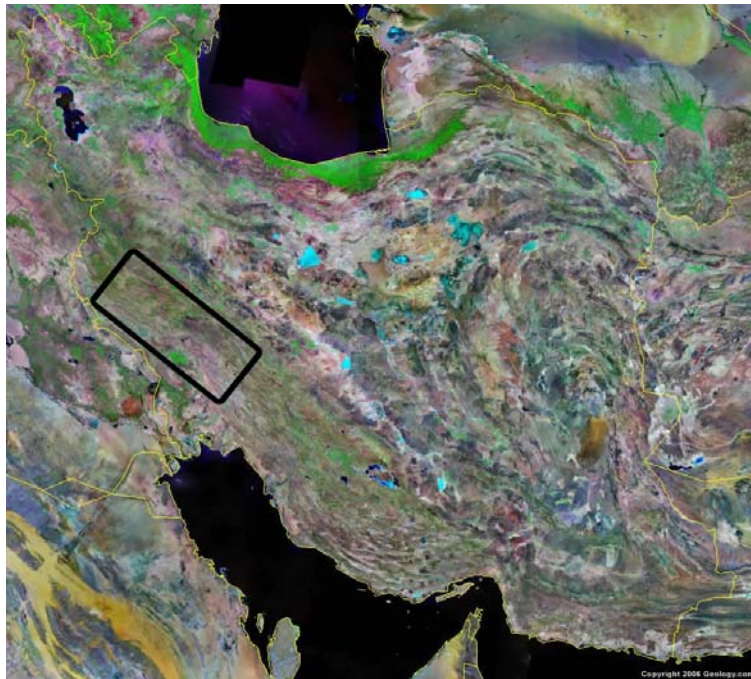
⁴ - discriminant analysis



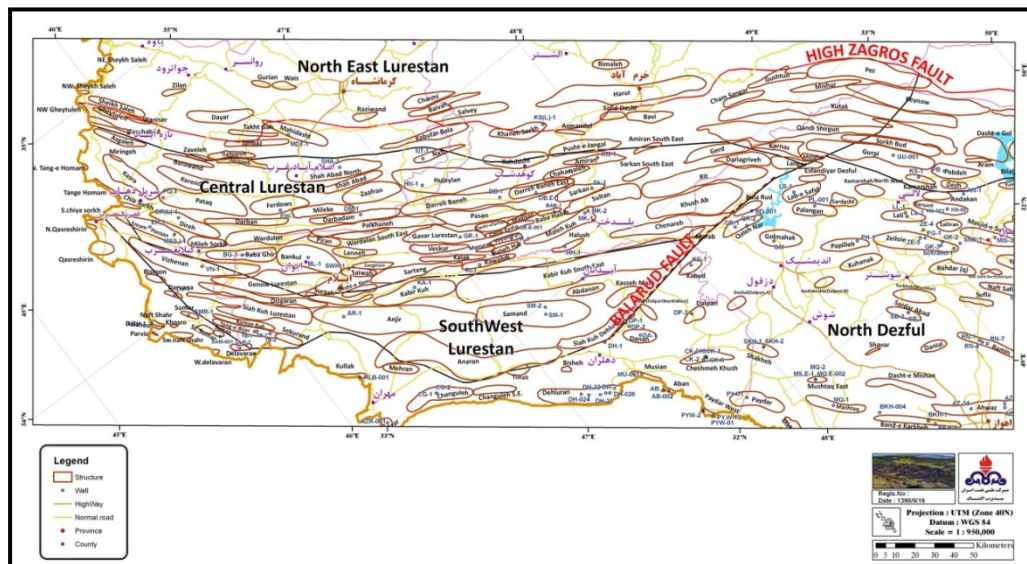
شکل ۱-۱ ستون چینه شناسی زاگرس (جیمز و واند، ۱۹۶۵)

در اینجا سازندهای شیلی حوضه لرستان در بیش از ۱۰ میدان بررسی و آنالیز شده اند. شکل ۲-۱ موقعیت این منطقه را روی نقشه زمین شناسی ایران نشان می‌دهد. همچنین شکل ۳-۱ نقشه این ناحیه مهم هیدروکربوری را نشان می‌دهد.

این منطقه بین عرض های جغرافیایی ۳۲ تا ۳۵ شمالی و طول های جغرافیایی ۴۶ تا ۵۰ شرقی قرار دارد.



شکل ۱-۲- موقعیت حوضه هیدروکربوری لرستان



شکل ۱-۳- حوضه هیدروکربونی لرستان

۱-۵- ساختار پایان نامه

در ادامه مطالعه حاضر، مطالب زیر بررسی شده است:

در فصل دوم با عنوان منابع نامتعارف، به انواع مخازن نامتعارف پرداخته می‌شود و اهمیت آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین به ذخایر موجود در دنیا اشاره شده و تاریخچه آنها بطور اجمالی بررسی شده است. خواننده با مطالعه این فصل، شناخت دقیق و کاملی از منابع نامتعارف و جایگاه آنها در دنیا بدست می‌آورد.

فصل سوم با عنوان حوضه هیدروکربنی لرستان، با هدف معرفی منطقه مورد مطالعه در این پایان نامه آمده است. در این فصل ویژگی‌های زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی سازندهای مهم این حوضه بررسی و تحلیل می‌گردد.

فصل چهارم تحت عنوان روشهای تفکیک تشکیلات هدف، به بررسی و مطالعه اجمالی روش‌های مختلف تفکیک نمونه‌ها می‌پردازد. این فصل در نظر دارد تا خواننده را با الگوهای موجود، روش‌های چند متغیره و نحوه رده‌بندی جامعه داده‌ها آشنا کند. همچنین آنالیز تمایز به عنوان روش مؤثر جهت این کار مورد بررسی تئوری قرار می‌گیرد و روش جدید و ساده‌ی گرافیکی تابع تمایز (تفکیک) شرح داده می‌شود.

در فصل پنجم شرح کارها و نتایجی که با استفاده از تکنیک آنالیز تمایز و بکارگیری پارامتر تفکیک در شناسایی نقاط با پتانسیل صورت گرفته، آمده است.

در فصل ششم نتیجه‌گیری کلی از نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر صورت گرفته است.

فصل دوم:

منابع نامتعارف

فصل دوم: منابع نامتعارف

۲-۱- مقدمه

پیش بینی های بدبینانه ای که پایان عصر هیدروکربن را نزدیک می داند، اغلب از یک عنصر کلیدی چشم پوشی می کند - نوید(وعده یا قول) ذخایر نفت و گاز «نامتعارف»، منبعی که حتی بزرگتر از مخازن متعارف نفت و گاز شناخته شده است. (Potter 2005)

در مخازن معمول یا متعارف، تولید از لایه های ماسه سنگی و آهکی که گاز را در فضای به هم متصل بین ذرات خود حبس کرده اند، صورت می گیرد. در حالیکه در مخازن نامتعارف، تولید از سازند های فشرده با تراوایی پایین (در حد میکرو و نانو داری) مثل ماسه های مستحکم، زغال و شیل صورت می گیرد. بر خلاف مخازن متعارف که گاز از لایه های شیلی غنی از مواد آلی تشکیل شده و پس از مهاجرت در سنگ مخزن به دام می افتد، در مخازن نامتعارف محل تولید و ذخیره شدن هیدروکربور یکسان است. (Consulting, 2009)

در ادامه به بررسی کامل این منابع و اهمیت آنها و مفاهیم مرتبط با آن پرداخته می شود:

۲-۲- مخازن متعارف و نامتعارف

در مخازن متعارف، تولید از لایه های ماسه سنگی و آهکی که گاز را در فضای به هم متصل بین ذرات خود قرار داده اند صورت می گیرد (Consulting, 2009). گاز در این مخازن از لایه های شیلی غنی از مواد آلی منشأ می گیرند. به عبارت دیگر اینها مخازنی هستند که «می توانند» با دبی اقتصادی تولید کنند و بدون عملیات تحریک عمده^۱، عملیات بازیابی^۲ خاص یا تکنولوژی leading-edge حجم اقتصادی نفت و گاز تولید نمایند. (Holditch, 2001)

در مخازن نامتعارف، تولید از سازند های با تراوایی پایین مثل ماسه های مستحکم، زغال سنگ و شیل صورت می گیرد. در مخازن نامتعارف، اغلب گاز از خود سنگ مخزن، منشأ می گیرد. به دلیل تراوایی

¹ - massive stimulation treatments

² - recovery

پایین این سازندها عمدتا لازم است که عملیات تحریک مخزن جهت ایجاد تراوایی اضافی انجام شود. به عبارت دیگر، مخازن نامتعارف «نمی توانند» با دبی اقتصادی تولید کنند یا اینکه حجم اقتصادی نفت و گاز، بدون یاری گرفتن از عملیات تحریک، یا عملیات بازیابی خاص و تکنولوژی هایی همچون شکست هیدرولیکی تولید کنند. (Holditch, 2001)

صرف نظر از ملاحظات اقتصادی، یک تفاوت زمین شناسی مهم و اساسی نیز بین آنها وجود دارد: در منابع گازی متداول، سیالات یا گاز تحت نیروی شناوری^۳ می باشند و بعنوان تجمعات مجزایی در نفت گیرهای ساختاری و یا چینه ای قرار می گیرند. این در حالی است که در منابع گازی غیرمتداول، به طور کلی، تجمعات تحت نیروی شناوری نمی باشند. آنها تجمعاتی هستند که اغلب مستقل از نفت-گیرهای ساختاری و یا چینه ای اند و به صورت منطقه ای پخش می شوند.

بر اساس مطالعات (Holditch (2001) مخازن نامتعارف را می توان به موارد زیر تقسیم کرد:

- ۱- شیل های گازی^۴
- ۲- شیل های نفتی^۵
- ۳- ماسه سنگ های متراکم^۶
- ۴- زغال سنگ^۷
- ۵- هیدرات های گازی^۸
- ۶- نفت سنگین^۹
- ۷- مخازن با دما و فشار بالا^{۱۰}

شکل ۱-۲ تعدادی از این ذخایر را نشان می دهد.

در ادامه تعدادی از مخازن نامتعارف که از فراوانی و اهمیت بالاتری برخوردارند بررسی می گردند:

³ - Buoyancy

⁴ - Gas Shales

⁵ - Oil Shales

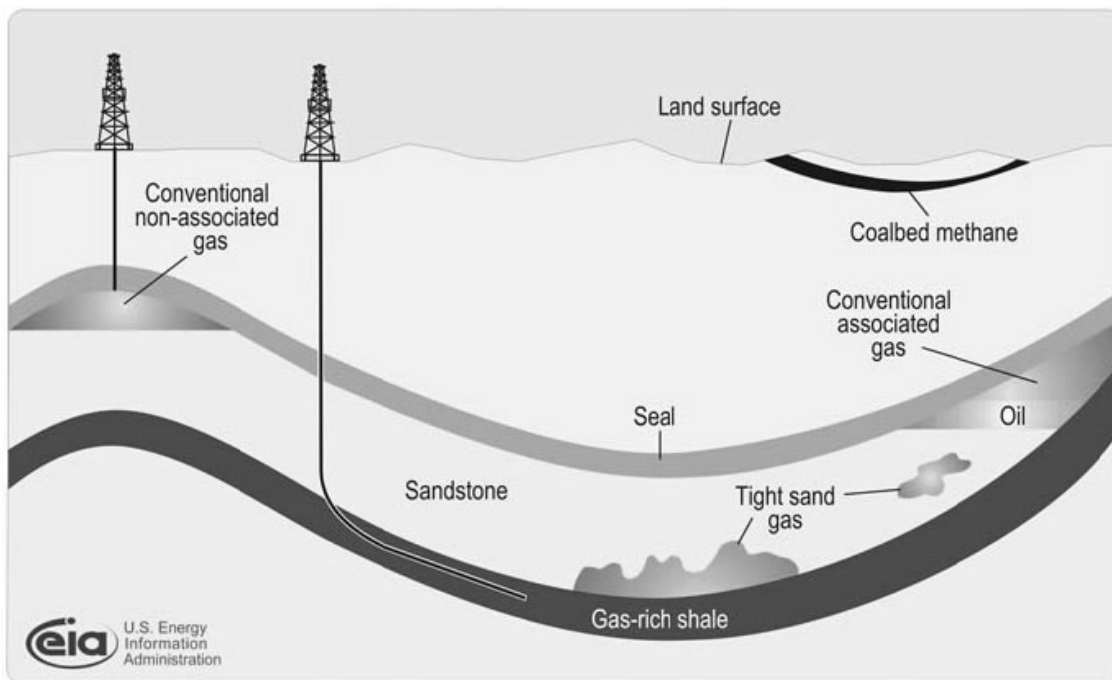
⁶ - Tight Gas Sands

⁷ - Coal bed methane

⁸ - Gas Hydrate deposits

⁹ - Heavy oil

¹⁰ - Reservoirs with high pressure and high temperature



شکل ۲-۱- نمونه هایی از ذخایر گازی متعارف و نامتعارف (McCarthy et al., 2011)

۳-۲- شیل های گازی

شیل های گازی از جمله مخازن نامتعارف هستند که از سنگهای رسوبی دانه ریز غنی از مواد آلی تشکیل شده اند. گاز طبیعی تشکیل شده در این سنگها به دو شکل ذخیره می شود: ۱- گاز آزاد که فضای حفرات را اشغال می کند (شبیه مخازن گازی معمول) و ۲- گاز جذب سطحی که به سطح مواد آلی و غیر آلی مانند رس ها می چسبد. (Hayden and Pursell, 2005)

شیل سنگ رسوبی است که غالباً شامل ذرات متراکم شده ی در اندازه ی رس می باشد. شیل ها به عنوان گل در محیط های رسوبی کم انرژی همچون پهنه های جزر و مدی و حوضه های عمیق راسب می شوند، جایی که ذرات دانه ریز معلق رس درون آرامش آب بر زمین می ریزند. در طی نهشته شدن این رسوبات دانه ریز، مواد آلی به شکل خورده های آلی حاصل از جلبک ها، گیاهان، و جانوران نیز می توانند نهشته شوند. (Chen et al., 2011)

شیل ها، دارای کانی های رسی بسیار دانه ریز ورقه ای شکل و لایه های لامینه ی رسوبی هستند که نتیجتاً به سنگ هایی با تراوایی افقی محدود و تراوایی عمودی بسیار محدود تبدیل می گردند.

شیل‌ها متداول‌ترین و فراوان‌ترین سنگ‌های رسوبی (۷۰٪ سطح زمین سنگ رسوبی) هستند. از طرف دیگر حدوداً ۹۵ درصد مواد آلی موجود در سنگ‌های رسوبی درون شیل هاست. از این رو لایه‌های شیلی به طور خاص مورد توجه قرار گرفته‌اند. مواد آلی این سنگ‌ها (نفت، گاز و بیتومن) مهاجرت نکرده است و در برخی مناطق منابع عظیم گازی را در درون خود جای داده‌اند. امروزه به واسطه تکنولوژی‌های حفاری افقی^{۱۱} و شکافت هیدرولیکی^{۱۲}، تولید گاز از این لایه‌ها به طور اقتصادی امکان پذیر گردیده‌است. (Holditch, 2001)

بر اساس مطالعات (Hayden and Pursell, 2005) از آنجاییکه ماتریکس سنگ از ذرات دانه ریز تشکیل شده است، تراوایی مخزن (ظرفیت جریان) معمولاً پایین است و تولید اقتصادی گاز از شیل‌های گازی اغلب نیاز به وجود شکستگی‌های طبیعی و یا بهبود چاه با شکست هیدرولیکی بزرگ دارد. براساس تراوایی پایین ماتریکس، ضریب بازیافت از شیل‌های آلی بسیار کم است. (گاهی کمتر از ۱۰٪ از گاز درجای کل)

یک شیل زمانی دارای حجم اقتصادی گاز است که ظرفیت یک سنگ منشا خوب را داشته باشد. پتانسیل سازند شیلی جهت بر خورداری از حجم قابل قبول گاز، با بررسی ویژگی‌هایی همچون کربن آلی کل (TOC) بلوغ حرارتی، و آنالیز کروژن مشخص می‌شود. ترکیب گاز بیش از ۹۰٪ متان، به همراه مقدار کمی هیدروکربن مایع، دی‌اکسید کربن و یا نیتروژن است. گاز طبیعی (متان) از مواد ارگانیکی که به همراه ذرات شیل ته‌نشین شده‌اند توسط پروسه‌های باکتریایی (گازهای بیوژنیک) و ژئوشیمیایی (گازهای حرارتی) تولید می‌گردد. (Consulting, 2009)

۴-۲- زغال سنگ

زغال سنگ، سنگ رسوبی حاوی بیش از ۵۰ درصد وزنی مواد آلی است در حالی که شیل‌ها کمتر از ۵۰ درصد وزنی، مواد آلی دارند. (شکل ۲-۲)

¹¹ - Horizontal Drilling

¹² - Hydraulic Fracturing

متان از تبدیل مواد آلی توسط پروسه های باکتریایی (گاز های بیوژنیک) و ژئوشیمیایی (گازهای حرارتی) در طی دفن تولید می گردد. (Jenkins et al., 2008)



شکل ۲-۲- زغال سنگ

جنکینز و همکاران (۲۰۰۸) عنوان کردند، مخازن گازی coalbed دارای دسته شکستگی های عمودی است که به آنها cleat (درزه عمودی) گفته می شود و بر لایه بندی عمود است و راهی را برای جریان سیال فراهم می کند. گاز از ماتریکس به داخل درزه عمودی نفوذ می کند و به دهانه چاه جریان می یابد. در مخازن شیل گازی، گاز گاهی اوقات از طریق ماسه ها و میان لایه های سیلتی تراوا، از طریق شکستگی های طبیعی و یا از خود ماتریکس شیل تولید می شود.

گاز تولیدی از مخازن coalbed در درجه اول توسط تراوایی و میزان اشباع گاز کنترل می شود. تراوایی در مناطق تولیدکننده، عمدتاً در محدوده‌ی چند میلی داری تا چند ده میلی داری قرار دارد، همچنین تراوایی بیش از ۱ داری نیز گزارش شده است.

مخازن شیل های گازی معمولاً ضخیم تر از Coalbed ها هستند (۳۰ تا ۳۰۰ فوت)، و میزان گاز جذب سطحی کمتری دارند ($<10 \text{ m}^3/\text{tone}$) و حجم آنها شامل گاز آزاد بیشتری در منافذ است. همچنین مخازن گاز شیلی معمولاً دارای تراوایی بسیار کمتری نسبت به مخازن Coalbed هستند. (در محدوده-ی نانو-میکرو داری)

زغال سنگ به عنوان منشا و مخزن متان عمل می کند. متان توسط روندهای میکروبی (زیستی) یا حرارتی (گرمایی) به فاصله کوتاهی پس از دفن و در طی چرخه دیاژنزی از تدفین بیشتر حاصل می

شود. بخش عمده‌ی این گاز به صورت فیزیکی در سطوح زغال سنگ در مناطق دارای ریز تخلخل می‌چسبد. یک گرم از زغال سنگ می‌تواند به اندازه‌ی چندین توپ فوتبال ظرفیت ذخیره گاز داشته باشد، بنابراین قادر است مقدار زیادی متان را جذب نماید. یک تن زغال می‌تواند حدود 1300 m³ متان تولید نماید. (Jenkins et al., 2008)

۲-۵- شیل نفتی

رسوبات شیل نفتی در بسیاری از نقاط جهان وجود دارند. آنها در بازه سنی از کامبرین تا ترشیری قرار دارند و در شکل‌های مختلف محیط‌های رسوبی دریایی، قاره‌ای، و دریاچه‌ای وجود دارند. کل منابع رسوبی شیل نفتی در ۳۳ کشور در حدود ۴۰۹ میلیارد تن نفت شیلی درجا می‌باشد. شیل نفتی معمولاً به عنوان سنگ رسوبی ریز دانه‌ای تعریف می‌شود و حاوی مواد آلی است که مقدار قابل توجه نفت و گاز قابل تحریق را پس از تقطیر مخرب ایجاد می‌کند. بخش عمده‌ی مواد آلی در حلال‌های آلی نامحلول اند، بنابراین می‌بایست به کمک حرارت تجزیه شود. (Dyini, 2005)

رسوبات شیل نفتی در بخش‌های زیادی از کره زمین نهشته شده است. شیل‌های نفتی در محیط‌های رسوبی متنوعی همچون آب شیرین تا دریاچه‌های بسیار شور، حوضه‌های دریایی نزدیک خشکی نهشته می‌شود، و در مرداب‌های ساحلی، معمولاً با تجمع رسوبات زغال سنگی همراه است. از منظر کانی‌ها و عناصر تشکیل‌دهنده، شیل نفتی با زغال سنگ تفاوت‌های مشخصی دارند. شیل نفتی عمدتاً شامل مقدار زیادتری مواد معدنی خنثی (۶۰ تا ۹۰٪) نسبت به زغال سنگ، که با مواد معدنی کمتر از ۴۰٪ تعریف می‌شود، می‌باشد.

مواد آلی شیل نفتی که منشا هیدروکربن‌های مایع و گاز است، عمدتاً دارای هیدروژن بیشتر و اکسیژن کمتر نسبت به لیگنایت و زغال بیتومنی می‌باشند. (Dyini, 2005)

۲-۶- مخازن گازی متراکم

تولید از مخازن کربناته و ماسه سنگی صورت می گیرد. گاز طبیعی از خارج مخزن شکل (منشأ) می گیرد و در طی زمان به داخل مخزن مهاجرت می کند. بسیاری از چاه ها در این نوع مخازن به صورت افقی حفر می شود و نیاز به شکست هیدرولیکی جهت بهبود تولید دارند. (Consulting, 2009)

۲-۷- گاز طبیعی و اهمیت آن

گاز طبیعی از این رو که سوخت پاک است و بهره ی اقتصادی دارد، در حال تبدیل شدن به سوخت رایج جهت تولید برق می باشد. گاز طبیعی همچنین سوخت انتخابی برای دامنه وسیعی از صنایع می باشد. منشأ عظیم سوخت برای تولید کاغذ، فلزات، مواد شیمیایی، پالایشگاه های نفت و صنایع غذایی نیز گاز طبیعی ست. (Consulting, 2009)

فاکتور دیگری که گاز طبیعی را به منشأ مورد توجه انرژی تبدیل می کند قابلیت اطمینان و اعتماد آن است. زیرا که غالب نیاز کشور از منابع داخلی فراهم می گردد. بنابراین تامین گاز طبیعی وابسته به شرایط ناپایدار کشورهای خارجی نیست و سیستم تحویل کمترین قطعی را دارد.

مزیت مهم گاز طبیعی کارآمدی و تمیز سوز بودن آن است. در حقیقت، از میان همه ی سوخت های فسیلی، گاز طبیعی به جرأت، پاکیزه ترین سوخت فسیلی است. (Lewis et al. 2004)

طبق بررسی های جدید آمریکا، کمبود حدود 9 tcf گاز بین عرضه و تقاضا در سال ۲۰۲۵، توسط مخازن گاز طبیعی نامتعارف همچون گاز شیلی می تواند جبران گردد.

گاز شیلی، گاز طبیعی است که از سازندهای شیلی تولید می شود. این سازندها هم منشأ و هم مخزن گاز طبیعی هستند. براساس ترکیب شیمیایی، گاز شیلی عمدتاً گاز خشک است که ترکیب اصلی آن متان می باشد (۹۰٪ یا بیشتر)، اما برخی سازندها گاز تر نیز تولید می کنند. (Jenkins et al. 2008)

۲-۸- ذخایر نامتعارف در دنیا

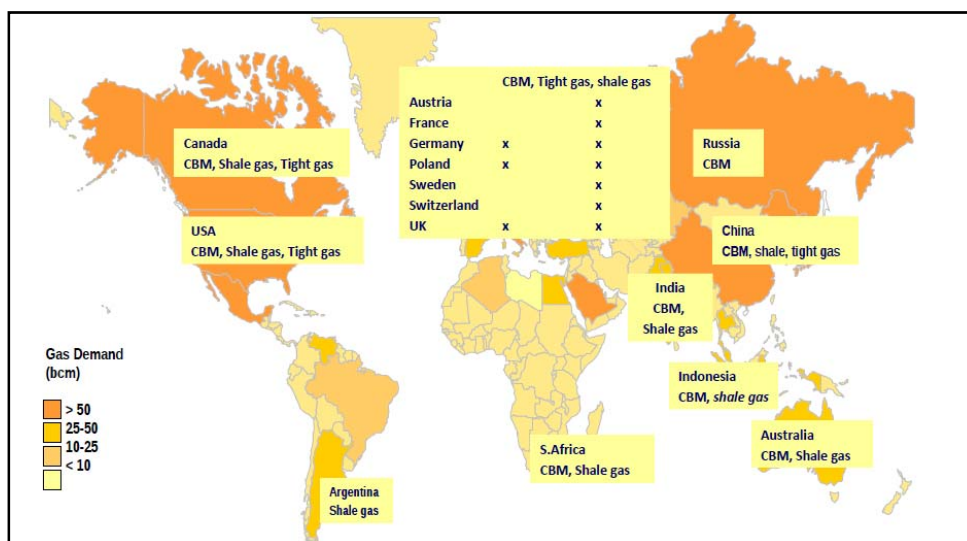
۲-۸-۱- تاریخچه

ابتدا در سال ۱۸۲۱ در ایالات متحده آمریکا، گاز از مخازن شیلی دارای شکستگی تولید شد. سپس تولید گاز شیلی در حوضه ی آپالاچین، از کنتاکی تا ایالت نیویورک گسترش یافت و در اواخر قرن نوزدهم، گاز شیلی توسط حفاری تصادفی پیدا شد. (Stevens, 2010)

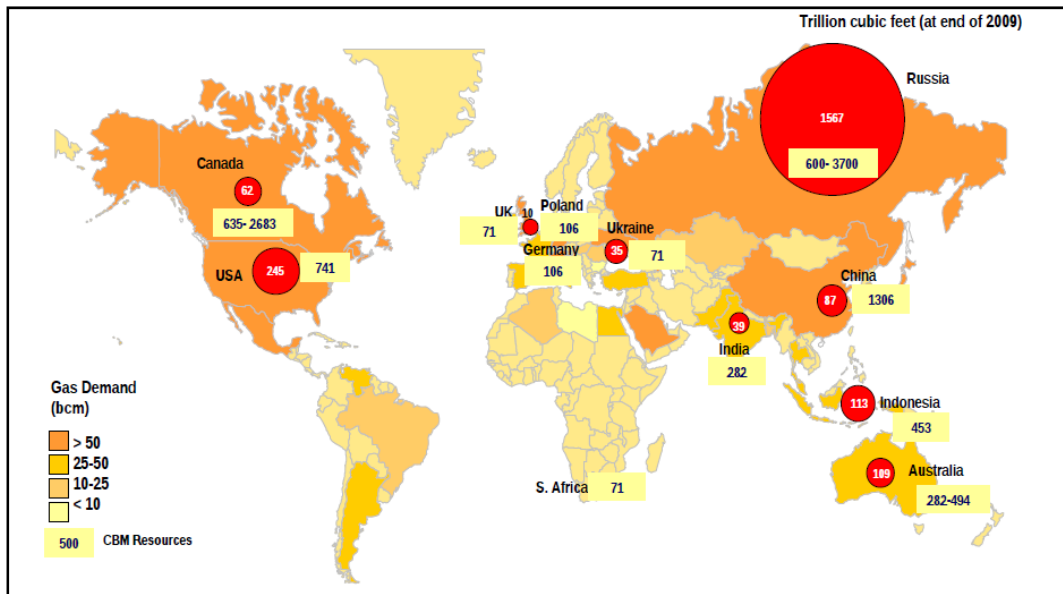
تولید گاز شیلی در محدوده حوضه آپالاچین گسترش یافت و در درجه دوم اهمیت قرار گرفت. تولید گاز شیلی، اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۸۰ دستخوش یک رنسانس در طی بحران انرژی شد و تولید از 195 Bcf در سال ۱۹۹۲ به 300 Bcf در سال ۱۹۹۵ رسید. (Kargbo et al., 2010)

در سال ۲۰۰۸، سازندهای شیلی بیش از ۵۶۰۰ میلیون فوت مکعب گاز طبیعی در روز (MMcf/d) تولید می کردند، که بیش از ۸ برابر سال ۱۹۹۸ با حجم متوسط 656 MMcf/d بوده است. تخمین منابع قابل استحصال سازندهای شیلی، حجم گاز طبیعی را در حدود ۲۶۷ تا ۸۴۲ تریلیون فوت مکعب (Tcf) نشان می دهد. اما رشد و پیشرفت کم در زمینه شیل ها، درجه بالایی از عدم قطعیت را در تخمین ایجاد می کند. (Brathwaite, 2009)

شکل ۲-۲ و ۳-۲ آماری از منابع نامتعارف دنیا را نشان می دهد.



شکل ۲-۳- فراوانی و توزیع ذخایر نامتعارف در کشورهای دنیا (BP Statistical Review of World Energy 2010)



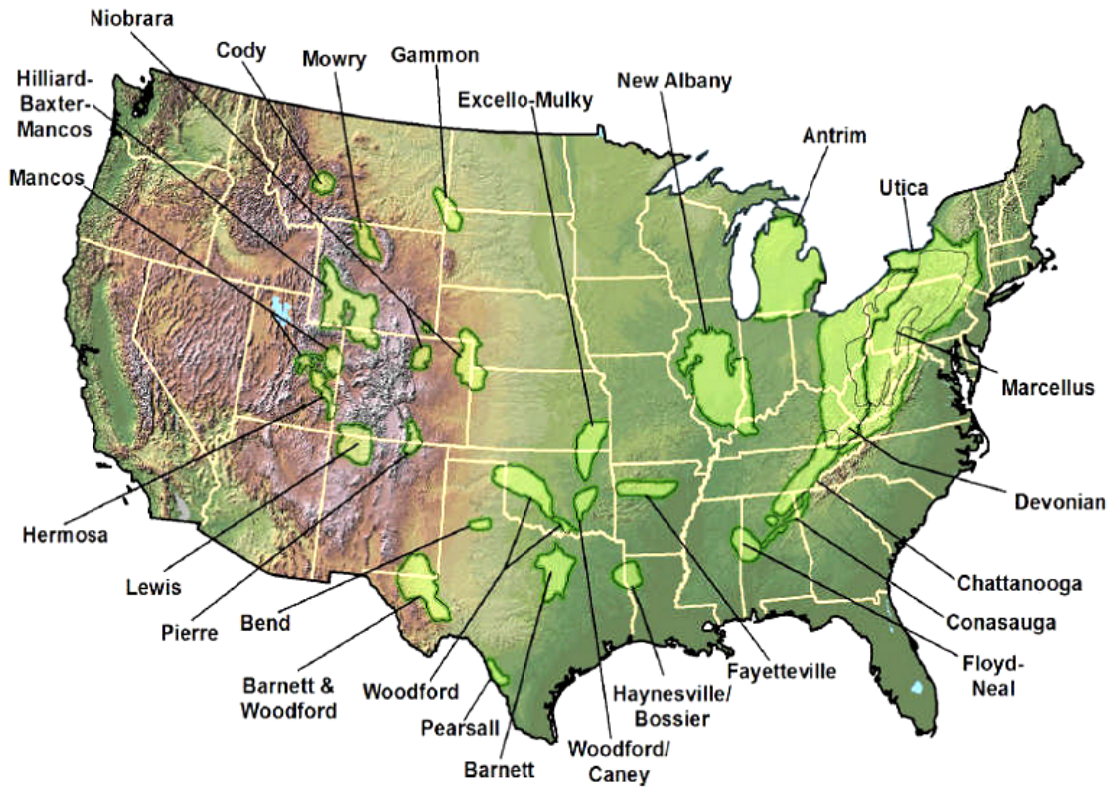
شکل ۲-۴- ذخایر ثبت شده دنیا (BP Statistical Review of World Energy 2010)

در جدول ۱-۲ اطلاعات مربوط به ذخایر نامتعارف زغال سنگ و میزان ذخیره گازی آن در دنیا نشان داده شده است. کشورهای روسیه، چین، آمریکا و کانادا بیشترین ذخیره گاز متان را دارا هستند.

جدول ۱-۲- منابع عظیم زغال سنگ و متان در دنیا (Potter 2005, E&P)

کشور	منابع گاز متان (برحسب تریلیون فوت مکعب)	منابع زغال سنگ (بر حسب میلیارد تن)
روسیه	600 - 4,000	6,500
چین	1,060 - 1,240	4,000
ایالات متحده آمریکا	400	3,970
کانادا	200 - 2,700	7,000
استرالیا	300 - 500	1,700
آلمان	100	320
انگلستان	60	190
قزاقستان	40	170
لهستان	100	160
هند	30	160
آفریقای جنوبی	30	150
اوکراین	60	140
کل	2,980 - 9,260	24,460

۲-۸-۲- نمونه های آمریکا



شکل ۲-۵- لایه های شیلی مهم و پتانسیل دار شیل گازی آمریکا (Clarke et al. 2010)

سازندهای شیلی مهم آمریکا:

۱- **Barnett Shale**: براساس میزان بالای کربن عالی کل (TOC) راسب در آن، جزو مخازن

تولیدی است که در طی زمان گاز آن به مخازن و سازند های اطراف نشت کرده است. TOC سازند بارنت بطور میانگین ۴/۵٪ است. (رخنمون های نابالغ آن تا میزان بالای ۱۱-۱۳٪ را نشان می دهند.) این میزان بسیار مهم است چون رابطه مستقیمی بین TOC و حجم گاز وجود دارد. همچنین TOC بالا پتانسیل بالای تولید هیدروکربن را نشان می دهد.

شیل بارنت مخزن thermogenic است. در مخزن thermogenic هیدروکربن در اثر ترکیبی از زمان، دما و فشار ایجاد می شود. بلوغ حرارتی مخزن می تواند به تعیین اینکه آیا مخزن حاوی نفت، گاز، یا بدون هیدروکربن است کمک کند. بلوغ حرارتی در آزمایشگاه و با استفاده از نمونه مغزه بوسیله میزان انعکاس و پترینایت (Ro) آن مشخص می شود، که اعداد بالاتر احتمال بیشتر گاز را نشان می دهد. مشاهده اعداد بیشتر از ۱/۰ معمولاً پنجره ی گازی را نشان می دهد، زمانی که بیشتر از ۱/۴ باشد گاز خشک، و کمتر از ۰/۶ مخزن نابالغ برای تولید هیدروکربن را نشان می دهد. (Hayden and Pursell, 2005)

با بیش از ۱۰۰۰۰ چاه حفر شده تا امروز، بارنت برجسته ترین لایه شیل گازی در ایالات متحده است. این لایه مساحتی در حدود ۵۰۰۰ مایل مربع را در برمی گیرد. ضخامت آن بین ۱۰۰ تا ۶۰۰ فوت است. میزان گاز در جای تخمینی آن ۳۲۷ tcf است.

۲- **Antrim**: این سازند بسیار کم عمق ۶۰۰ تا ۲۰۰۰ فوت (۱۸۰ تا ۶۰۰ متر) زیر سطح زمین می باشد. ۷۰ تا ۱۶۰ فوت (۲۰ تا ۵۰ متر) ضخامت دارد و TOC آن ۱ - ۲۰٪ مشاهده شده است. شیل غنی از سیلیکا (۲۰ - ۴۱٪) با کربناته زیاد است. (Clarke and Fordyce 2010)

۳- **Utica**: نتایج اولیه نشان می دهد که درکل دارای TOC در حدود ۰/۳ تا ۵ درصد است (بطور متوسط ۱/۲٪)، که ۲۵٪ از آن TOC بالای ۱/۵٪ دارد. کانیهای سازنده آن عمدتاً از

ایلیت، کلسیت و کوارتز است که پتانسیل شکنندگی^{۱۳} خوب آن را نشان می دهد. (Therriault, 2008)

۴- **Lahat**: کربن عالی کل (TOC) در بردارنده این سازند بین ۱/۷ تا ۸/۵ درصد وزن سنگ متغیر است و بطور محلی به ۱۶ درصد نیز می رسد. مقدار اندیس هیدروکربن (HI) بین ۱۳۰ تا ۲۹۰ میلی گرم هیدروکربن بر گرم کربن آلی کل^{۱۴} است. بلوغ حرارتی سازند Lahat با توجه به مقادیر انعکاس ویتترینایت بین ۰/۶۴ - ۱/۴ Ro% متغیر است. (Bishop 2001)

¹³ - fracturability

¹⁴ - mg HC/g TOC

فصل سوم:

حوضه هیدروکربنی لرستان

فصل سوم: حوضه هیدروکربنی لرستان

۳-۱- مقدمه

لایه های متعدد شیلی در حوضه های رسوبی ایران از دیرباز شناسایی شده اند. در این تحقیق سعی گردیده با توجه به حوضه رسوبی پر اهمیت کشور (لرستان) کلیه سازندهایی شیلی که توان بالقوه از لحاظ دارا بودن ماده آلی، میزان پختگی و حفظ هیدروکربور تولید شده به دلیل پائین بودن تراوایی و سایر شرایط را لازم داشته اند شناسایی و براساس اطلاعات موجود برای مطالعات اولویت بندی گردند. از دیدگاه ژئوشیمی لایه هایی را می توان به عنوان شیل گازی در نظر داشت که دارای مشخصات زیر باشند: (کاوسی و همکاران، ۱۳۹۰)

۱- دارای TOC بزرگتر از ۲ درصد وزنی را به عنوان شیل گازی در نظر می گیرند.

۲- از نظر پختگی و بلوغ حرارتی وارد پنجره گاززایی شده باشند و انعکاس ویتیریناتی بزرگتر از

۱/۳٪ را تجربه کرده باشند. این مقدار انعکاس ویتیرینایت معادل Tmax بزرگتر از ۴۷۵

درجه سانتیگراد می باشد.

۳- مقدار پارامتر TR (Transformation ratio) در این لایه ها بین ۸۰ تا ۸۵ درصد باشد.

موارد دیگری هم وجود دارند مثل جنس کانی ها، شکنندگی سنگ، تخلخل و تراوایی که در اینجا کمتر به آنها پرداخته می شود.

با توجه به معیارهای فوق به بررسی لایه ها یا سازنده های محتمل از دیدگاه شیل های گازی در حوضه های رسوبی مختلف ایران پرداخته شده است. نکته ای که می بایست در مورد نمونه های آنالیز شده بویژه نمونه های خرده حفاری بدان توجه داشت این است که چاه های مطالعه شده غالباً در کرسنت تاقدیس ها حفاری شده اند و از آنجائیکه مبحث شیل های گازی در ناودیس ها بیشتر مورد توجه بوده باید میزان بلوغ حرارتی نمونه های آنالیز شده را بیشتر از میزان تعیین شده در نظر گرفت.

۳-۲- زمین شناسی

ناحیه لرستان قسمتی از کمربند چین خورده زاگرس است که از شرق و شمال شرقی به زون گسل- های تراستی زاگرس، از شمال و شمال غربی به فروافتادگی کرکوک و از جنوب تا جنوب شرقی به خمش بالارود و فروافتادگی دزفول محدود می‌گردد. ناحیه لرستان بخشی از حوضه رسوبی عظیم زاگرس می‌باشد که با طول بیش از ۱۴۰۰ کیلومتر از تنگه هرمز تا منتهی الیه کردستان و مرز عراق به طرف ترکیه و عراق گسترش دارد و عظیم‌ترین منابع و ذخایر هیدروکربوری ایران و خاورمیانه را در بر دارد. (مطیعی ۱۳۸۲)

در این مطالعه چاههایی از میداین بخش های دزفول شمالی نیز مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه به بررسی سازندهای مهم شیلی منطقه پرداخته می‌شود:

۳-۲-۱- سازند پابده

نام این سازند از تنگ پابده در کوه گورپی اقتباس شده است. برش نمونه سازند شیلی پابده در تنگ کوه گورپی واقع در شمال میدان لالی برداشت شده است. سازند پابده در کمربند چین خورده-رانده (Fold-thrust belt Zagros) بخشی از یک سکانس چینه ای بزرگ است که در برگیرنده توالی زمان پالئوسن تا الیگوسن است. دینامیسم حوضه و تغییرات نسبی سطح آب دریا در طی کرتاسه - ترشیری سبب ایجاد چرخه های متعدد پیشروی - پسروی گردیده است. سازنده پابده بطور عمده از سنگ آهک، شیل / مارن، سنگ آهک های رسی همراه با گرهک های فراوان چرت تشکیل شده است

۱- بخش پایینی سازند پابده (۱۴۰ متر) از شیل و مارن آبی و ارغوانی تشکیل شده است که به طور رسمی به آن «شیل ارغوانی» گفته می‌شود. بقیه توالی از شیل های خاکستری و لایه های آهک رسی و گاهی چرت دار است. درصد شیل و آهک رسی یکنواخت نیست، گاهی شیل، و گاه آهک فزونی دارد.

۲- پابده بالایی با ستبرای ۲۰۰ متر بطور عمده از شیل های قرمز، قهوه ای، ارغوانی و سبز خاکستری، مارن های خاکستری تشکیل شده است. لایه بندی گرهکی، لایه بندی نازک تا متوسط لایه دارای گرهکی های چرت با آشفستگی زیستی^۱ همراه با میان لایه های مارنی شیلی و گل سنگ کربناته سیاه رنگ در این واحد از سازنده پابده دیده می شود.

۳- بخش میانی: با ۳۰۰ متر ستبرا بطور عمده از آهک های رسی ریز دانه متورق و فسیل دار تشکیل شده که در قسمت میانی حاوی آهک بسیار ریز دانه متبلور و قهوه ای تیره و زرد رنگ و متراکم است. قسمت بالایی از آهک های نخودی رنگ و خاکستری و لیمونیتی است.

۴- پابده بالایی: از شیل و مارن و آهک نازک لایه به رنگ خاکستری تشکیل شده است. به جز لرستان، مرز پایینی سازند پابده ناپیوسته است. در لرستان مرز پایینی سازند پابده با شیل و مارن های سازند گورپی در قاعده بخش شیل ارغوانی است. در فارس و خوزستان، سن سازند پابده از پالئوسن تا الیگوسن است. در لرستان سن این سازند از پالئوسن پسین تا الیگوسن است. سازند پابده بسیار غنی از مواد آلی است ولی در بسیاری نقاط به بلوغ لازم برای تولید هیدروکربن نرسیده است در نقاطی که به بلوغ رسیده باشد می تواند سنگ منشا پر توان باشد (مطیعی، ۱۳۸۲)

۳-۲-۲- کژدمی

نام این سازند از قلعه کژدمی در ناحیه فرو افتادگی دزفول انتخاب شده است. برش نمونه سازند کژدمی در تنگ گرگدا در یال جنوب باختری کوه میش در ۷ کیلومتری شمال خاوری گچساران قرار دارد. ضخامت این سازند نزدیک به ۲۱۰ متر است. این سازند از شیل های خاکستری تیره و سیاه رنگ بیتومن دار تشکیل شده است. مرز زیرین سازند کژدمی با سازند داریان با وجود زون های قرمز رنگ دارای اکسیدهای آهن مشخص می شود. مرز بالایی این سازند با آهک های گروه بنگستان به

^۱ - Bioturbation

صورت تدریجی و گاهی ناگهان و هم شیب است. سن سازند شیلی کژدمی آپسین - آلبین است (Scheroder et al., 2010).

این سازند در شمال خاوری لرستان به تدریج به کربنات تبدیل می شود و در نواحی مرکزی و جنوب غربی لرستان این سازند با سازند گرو جانشین می شود. این سازند در بخش خاوری خلیج فارس و فارس ساحلی به آهک های اربیتولین دار تبدیل می شود که خاصیت سنگ منشایی خودش را از دست می دهد. بطور متوسط بخش زیرین و میانی سازند کژدمی دارای ویژگی های سنگ منشاء بوده که این مورد در همه نواحی صدق نمی کند. (مطیعی، ۱۳۸۲)

۳-۲-۳- گرو

برش الگوی سازند گرو در یال جنوب باختری تاقدیس کبیر کوه قرار گرفته و ۸۹۰ متر ضخامت (با احتساب ۸۰ متر حفاری شده در چاه کبیر کوه ۱) دارد. سازند گرو به سن بربازین آغازین - آپسین بر روی سازند تبخیری گوتنیا به سن ژوراسیک بالایی قرار می گیرد و در بالا توسط سازند سروک پوشیده می شود. سازند گرو (کرتاسه زیرین) حاوی مواد آلی فراوان بوده و بصورت کربنات های میکریتی نازک لایه و شیلی است که سنگ منشاء هیدروکربور است. (جمالیان و همکاران، ۱۳۹۰)

گسترش سازند گرو در ایران چندان زیاد نیست، و فقط در چند نقطه قابل مشاهده است. در مقطع نمونه سازند گرو در زیر سازند سروک قرار دارد و در برخی نقاط در کنار آن واقع بوده و با آن حالت بین انگشتی دارد. به نوشته اشتولین (۱۹۷۲) وجود ماسه های گلوکونیتی در حد سازند گرو با سروک، نشانه ای از دگرشیمی فرسایشی و در نتیجه انفصال در رسوبگذاری است. ضخامت سازند گرو ۹۰۰ متر و از نظر لیتولوژی به ۵ بخش تقسیم شده است:

۱- بخش تحتانی با ضخامت ۳۳۰ متر از شیل های آهکی و آهک های تیره و رسی پیریت دار ساخته شده است.

۲- به ضخامت ۱۶۰ متر، آهک ریز دانه خاکستری تیره با تناوب شیل

۳- به ضخامت ۱۳۵ متر، شیل خاکستری تا قهوه ای که دارای لایه های نازک آهکی است.

۴- به ضخامت ۶۰ متر از رسوبات آهک دانه ریز که در آن قلوه های چرتی سیاه رنگ دیده می شود.

۵- به ضخامت ۲۰۰ متر و شامل تناوبی از شیل و آهک های شیلی است و همانطور که در بالا ذکر شد در قسمت فوقانی آن لایه هایی از ماسه های گلوکونیتی دیده می شود. (درویش زاده، ۱۳۷۵)

قاعده سازند گرو مشخص نیست، ولی در شمال شهر ایلام، در منطقه امام حسن و نفت شهر دو سازند گرو و سروک هم سن می شوند و حفاری های نفتی در منطقه امام حسن نشان می دهد که سازند گرو مستقیماً در زیر رخساره ی عمیق سازند ایلام قرار می گیرد. (درویش زاده، ۱۳۷۵)

در چاه های لرستان مرز بالایی با سازند سروک تدریجی است ولی در بخش مرکزی و باختری لرستان امکان جدایش سازند گرو از سروک وجود ندارد و سنگ شناسی سازند گرو را نشان می دهد. این سازند در ناحیه لرستان دارای بیشترین گسترش بوده و در دزفول، ایذه و دشت آبادان با سازندهای فهلیان و داریان جایگزین می شود. به عبارت دیگر این سازند چند زمانه است بطوری که در دشت آبادان با سازند فهلیان جایگزین شده و در بعضی جاها بسته به موقعیت جغرافیای دیرینه با سازند داریان جانشین می شود. (کاوسی و همکاران، ۱۳۹۰)

۳-۲-۴- سرگلو

سازند سرگلو معرف ردیف های ژوراسیک میانی لرستان است که بیشتر از نوع شیل خاکستری تیره و سنگ آهکی های رسی نازک لایه و بودار، متعلق به حوضه های رسوبی با ژرفای متوسط است. بالاترین لایه های سازند سرگلو، دارای دو کفه ای های نازک پوسته فراوان از نوع Posidonia با اندکی سنگواره رادیولاریا است که نشانگر محیطه های رسوبی ژرف است. در زاگرس مرتفع مرز زیرین با سازند سورمه و مرز بالایی نیز با سازند سورمه ناپیوسته است. مرز بالایی به یک دگرشیبی ختم می شود. در ناحیه لرستان مرز بالایی سازند نجمه با یک ناهمسازی فرسایشی است. (کاوسی و همکاران، ۱۳۹۰)

این سازند در چاه های خلیج فارس و دزفول با بخش موند هم سن است. در فارس ساحلی و دزفول جنوبی، سازند سرگلو به سازند سورمه تبدیل می شود. بخش بالایی آن سازند با نبود رسوبی و ناپیوستگی مشخص می شود. (کاوسی و همکاران، ۱۳۹۰)

توالی های ژوراسیک در برخی نواحی (در ناحیه لرستان و فرو افتادگی دزفول) به تنهایی به عنوان یک سیستم هیدروکربوری مجزا عمل نموده اند. تغییرات جانبی و عمودی سازند سرگلو با تغییرات جانبی به سازند سورمه یا معادل آن سازند در بخش عربی تبدیل می کند که خود این سازند با تبخیری های سازند گوتنیا پوشیده می شود. مرز جدایش سرگلو با سازندهای زیرین به علت همگنی و غیر هم زمانی مشکل است. اگر سیستم هیدروکربوری پالئوزوئیک به عنوان بزرگترین سیستم هیدروکربوری تشکیل دهنده گازی دنیا شناخته می شود سیستم ژوراسیک نیز بزرگترین سیستم هیدروکربوری نفتی دنیا می باشد. بزرگترین مخزن نفتی دنیا در عربستان (الغوار) محصول این سیستم هیدروکربوری است. (کاوسی و همکاران، ۱۳۹۰)

Jurassic Deposits

Age	Kurdistan		Subsurface Northeast Iraq	Southwest Iran Lurestan	Lithology
Berriasian			Sarmord Formation	Garau Formation	
Tithonian (Middle-Upper)		Chia Gara Fm.	Karimia Mudstone		Non-deposition
			Chia Gara Formation		
Kimmeridgian (Middle-Upper)		Barsarin Fm.	Gotnia Anhydrite	Gotnia Formation	
? Lower Kimmeridgian Upper Oxfordian ? Lower Oxfordian		Naokelekan Fm.	Najmeh Formation	Najmeh Formation	
Bathonian Bajocian		Sargelu Fm.	Sargelu Formation	Sargelu Formation	
Toarcian		Sehkanian Fm.	Alan Anhydrite Mus Limestone Adayeh Anhydrite	Alan Formation Mus Formation Adayeh Formation	
Lower Liassic		Sarki Fm.	Butmah Formation	Neyriz Formation	
Rhaetic		Baluti shale	Baluti shale		Non-deposition

شکل ۳-۱- وضعیت چینه‌شناسی سازندهای سرگلو و گرو در ناحیه لرستان و تغییرات جانبی آنها در عراق. (کاوسی و همکاران،

۱۳۹۰)

۳-۳- پارامترهای ژئوشیمیایی

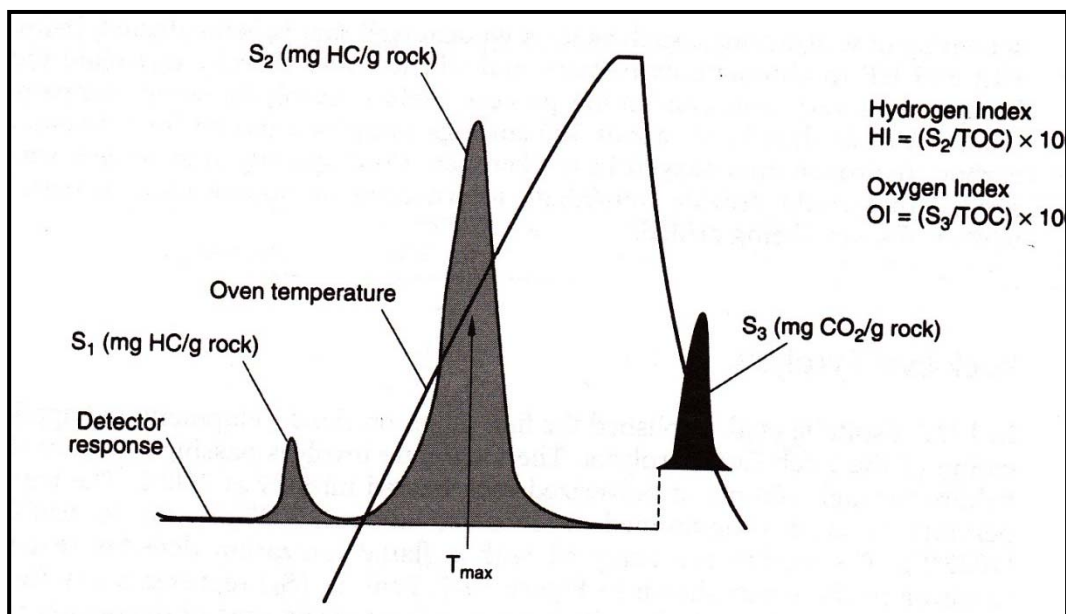
۳-۳-۱- پیرولیز نمونه ها توسط دستگاه ارزیاب سنگ مادر

در این روش ابتدا نمونه پودر شده سنگ با دمای اولیه ۳۰۰ درجه سانتیگراد حرارت داده و سپس گاز هلیوم را به عنوان گاز حامل از آن عبور می‌دهند. سپس بر اساس یک برنامه حرارتی (با نرخ ۲۵ درجه سانتیگراد در دقیقه) دما از ۳۰۰ درجه به ۶۰۰ درجه افزایش می‌یابد. بخار هیدروکربور حاصل توسط آشکارسازی به نام FID^۲ آنالیز می‌شود. مساحت زیر منحنی S1 نشانگر هیدروکربور آزاد در نمونه بر حسب میلی‌گرم هیدروکربور است که این مقدار هیدروکربور نشان‌دهنده مقدار هیدروکربور های آزاد در نمونه می‌باشد. حرارت دادن نمونه در دمای اولیه ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد موجب تبخیر هیدروکربورهای آزاد می‌گردد. گروه‌های کربوکسیلی موجود در کروژن سنگ در دماهای اولیه ۳۰۰ الی ۳۹۰ درجه سانتیگراد شکسته شده و CO₂ حاصله پس از به تله افتادن، توسط آشکارساز دیگری به نام TCD^۳ آنالیز و منحنی S3 به دست می‌آید. ارزش بدست آمده بر مقدار کربن آلی تقسیم شده و تحت عنوان اندیس اکسیژن^۴ ثبت می‌گردد. در دماهای بین ۳۰۰ الی ۶۰۰ درجه مولکول کروژن موجود در سنگ شکسته شده و هیدروکربور تولید می‌شود. این هیدروکربور توسط آشکارساز FID آنالیز شده و منحنی S2 به دست می‌آید. بنابراین، این مولکول ها در زمان آنالیز S2 شکسته شده و به مقدار آن اضافه می‌کنند. (گزارش شرکت ملی نفت، ۸۵)

² - Flame Ionization Detector

³ - Thermal Conductivity Detector

⁴ - OI: Oxygen Index (mg CO₂/gr Rock)



شکل ۳-۲- منحنی های S1, S2, S3, HI, OI و Tmax آنالیز سنگ مادر (Tissot and Welte, 1984)

پس از این مرحله آنچه که از کروژن باقی می ماند کربن پسمانده یا Residual خوانده می شود. مقدار کربن پسمانده (S4) توسط سیستم اکسیداسیون دستگاه و یا با استفاده از آشکارساز TCD دیگر محاسبه می گردد.

نسبت مقدار S2 به TOC را اندیس هیدروژن^۵ می نامند. در شکل ۳-۲ این پارامترها نشان داده شده است. (Tissot and Welte, 1984)

۳-۲-۳- پارامتر S1

این پارامتر نشان دهنده مقدار هیدروکربور آزاد موجود در نمونه است و بر حسب میلی گرم هیدروکربور بر هر گرم سنگ محاسبه می شود. هیدروکربور آزاد ممکن است در اثر بلوغ کروژن موجود در ماده آلی در سنگ تشکیل شده یا از لایه های دیگر به سنگ مادر مهاجرت کرده و در نمونه های خرد حفراری ممکن است که مقادیر به دست آمده از آنالیز هیدروکربور تحت تأثیر آلودگی گل روغنی حفاری باشد. اگر نمونه به بلوغ رسیده باشد، مقادیر S1 ممکن است به هیدروکربوری که به وجود آمده ارتباط داشته و یا اینکه نفت مهاجرتی باشد. برای بررسی این که کدام حالت در مورد نمونه های مورد مطالعه

⁵ - HI: Hydrogen Index (mg HC/gr Rock)

صدق می‌کند می‌توان از چندین روش استفاده نمود. برای این کار می‌توان از ضریب MI که نسبت S1/TOC است و اندیس مهاجرت نامیده می‌شود استفاده نمود. برای آغاز خروج هیدروکربورهای تولید شده از سنگ مادر اندیس مهاجرت بایستی بین ۰/۱ تا ۰/۲ باشد. (Tissot and Welte, 1984)

۳-۳-۳- پارامتر S2 (توان هیدروکربورزایی)

این پارامتر نشان دهنده توان موجود در سنگ مادر است. تقسیم بندی رسوبات تولید کننده هیدروکربور بر اساس مقادیر S2 در جدول نشان داده شده است.

جدول ۳-۱- تقسیم بندی سنگ بر اساس توان تولید با توجه به پارامتر S2 (McCarthy et al., 2011)

ضعیف	قابل قبول	خوب	خیلی خوب	عالی
کمتر از ۲/۵	۲/۵ تا ۵	۵ تا ۱۰	۱۰ - ۲۰	بیشتر از ۲۰

برای بررسی توان هیدروکربورزایی باقیمانده در سنگ از اندیسی به نام اندیس پتانسیل تولید^۶ استفاده می‌شود که از حاصل جمع پارامترهای S1 و S2 به دست می‌آید.

۳-۳-۴- کربن آلی کل (TOC)

این پارامتر نشان دهنده میزان غنی بودن سنگ‌های مورد مطالعه از نظر مواد آلی است. همچنین مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که حداقل مقدار کربن آلی لازم برای تشکیل نفت در یک سنگ مادر ۰/۱٪ و برای تشکیل گاز ۰/۵٪ می‌باشد. (Peters and Cassa, 1994)

جدول ۳-۲- توصیف پارامترهای ژئوشیمیایی پتانسیل هیدروکربورزایی (Peters and Cassa, 1994)

ماده آلی		پتانسیل هیدروکربور
پیرولیز راک-پول	TOC (درصد وزنی)	
S2	S1	ضعیف
۰ - ۲/۵	۰ - ۰/۵	متوسط
۲/۵ - ۵	۰/۵ - ۱	خوب
۵ - ۱۰	۱ - ۲	خیلی خوب
۱۰ - ۲۰	۲ - ۴	عالی
بیشتر از ۲۰	بیشتر از ۴	

^۶ - PP: Production Potential

۳-۳-۵- اندیس هیدروژن

توان هیدروکربورزایی کروژن نوع I، II، III به ترتیب ذکر شده کاهش می‌یابد. کروژن نوع I و II دارای توان تولید نفت و گاز هستند. بنابراین برای تعیین نوع هیدروکربور مورد انتظار از یک سنگ مادر دانستن نوع کروژن اهمیت دارد. برای تعیین نوع کروژن از نمودار اندیس هیدروژن در مقابل Tmax استفاده می‌شود. (Peters and Cassa, 1994)

$$HI=(S2/TOC) \quad (1)$$

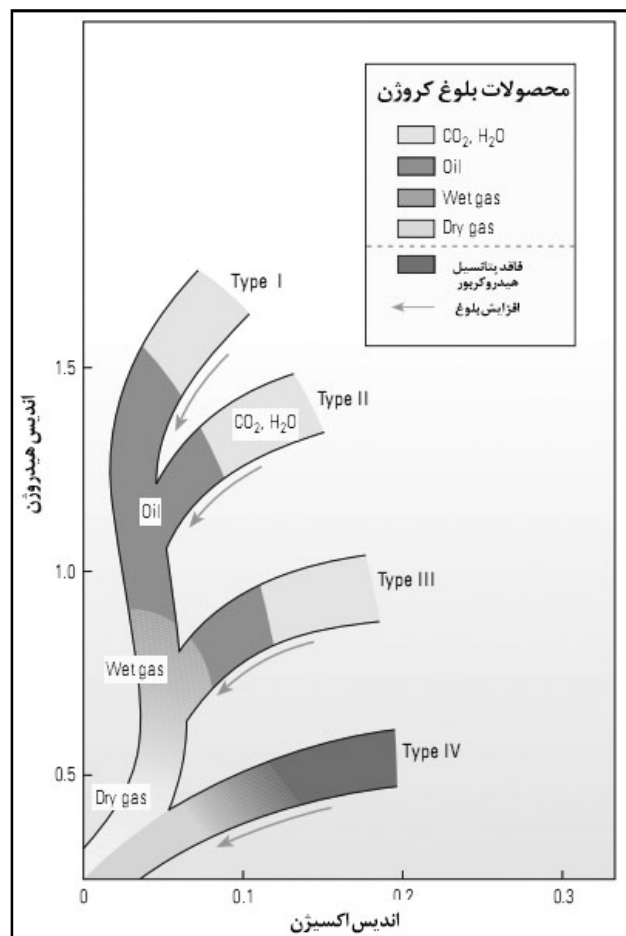
جدول ۳-۳- نوع کروژن براساس پارامترهای ژئوشیمیایی (Peters and Cassa, 1994)

پارامتر	نوع کروژن	I	II	II/III	III	IV
اندیس هیدروژن (mg HC/g TOC)	بزرگتر از ۶۰۰	۳۰۰ - ۶۰۰	۲۰۰ - ۳۰۰	۵۰ - ۲۰۰	کمتر از ۵۰	
S2/S3(HI/OI)	بزرگتر از ۱۵	۱۰ - ۱۵	۵ - ۱۰	۱ - ۵	کمتر از ۱	

۳-۳-۶- اندیس اکسیژن

برای نشان دادن نوع کروژن می‌توان از نمودار اندیس هیدروژن در مقابل اندیس اکسیژن نیز استفاده نمود. به دلیل اینکه عوامل متعددی ممکن است اندیس اکسیژن اندازه گیری شده را تحت تأثیر قرار دهند، بایستی آنها را با دقت به کار برد.

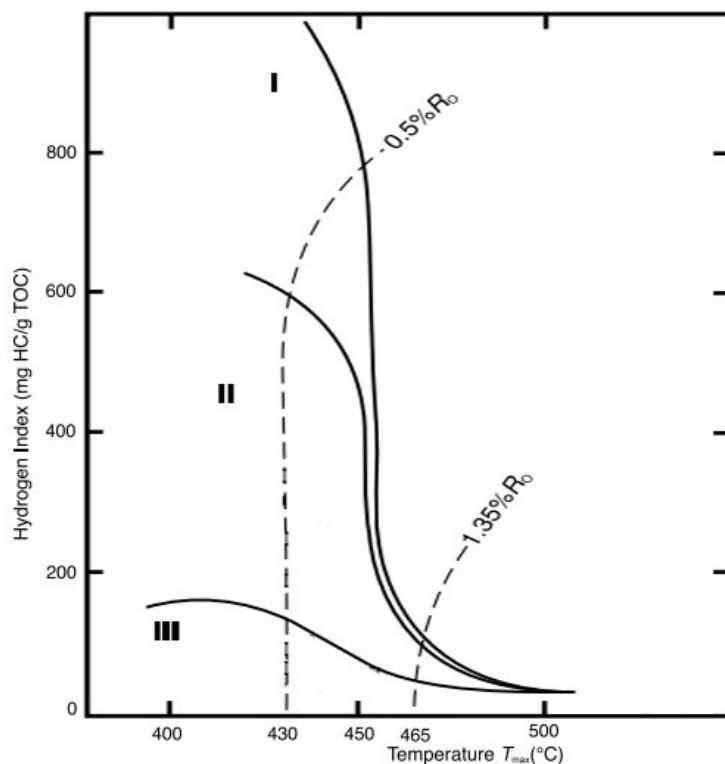
$$OI=(S3/TOC) \quad (2)$$



شکل ۳-۳- نسبت اندیس هیدروژن به اندیس اکسیژن (McCarthy et al., 2011)

۳-۳-۷- پارامتر Tmax

درجه حرارتی است که در آن حداکثر هیدروکربور در زمان عملیات پیرولیز (رأس منحنی پارامتر S2) تولید می شود. به موازات افزایش میزان بلوغ مقادیر Tmax نیز افزایش می یابد. مواد آلی با هیدروژن فراوان، دارای مقادیر Tmax پایین بوده و مواد باقی مانده کمی دارند، اما مواد آلی دارای هیدروژن کم، مقادیر Tmax بالاتری را از خود نشان می دهند.



شکل ۳-۴- نمودار نسبت اندیس هیدروژن به T_{max} (SKRET U., FABIANSKA M.J., 2009)

۳-۳-۸- اندیس تولید

شاخص تولید^۷ به نسبت هیدروکربور موجود در سنگ (S1) به کل هیدروکربور اندازه گیری شده در مرحله پیرولیز (S1+S2) اطلاق می شود. (رحمانی و همکاران، ۲۰۰۹)

$$PI = S1/(S1 + S2) \quad (1)$$

همچنین ضریب توان تولید هیدروکربور^۸ (ژنتیکی) به صورت زیر تعریف می شود:

$$PP = (S1+S2) \quad (2)$$

اندیس تولید در آغاز مرحله نفت زایی از ۰/۱ (در اعماق کم) به ۰/۴ در پایان مرحله نفت زایی (در اعماق بیشتر) می رسد. بنابراین از اندیس تولید می توان به عنوان یک پارامتر بلوغ استفاده کرد. اگر S2 بسیار کم باشد، PI به طور غیر طبیعی بسیار بالا خواهد بود.

جدول ۳-۴- پارامترهای ژئوشیمیایی که میزان بلوغ را نشان می دهد (Peters and Cassa, 1994)

پارامترهای بلوغ

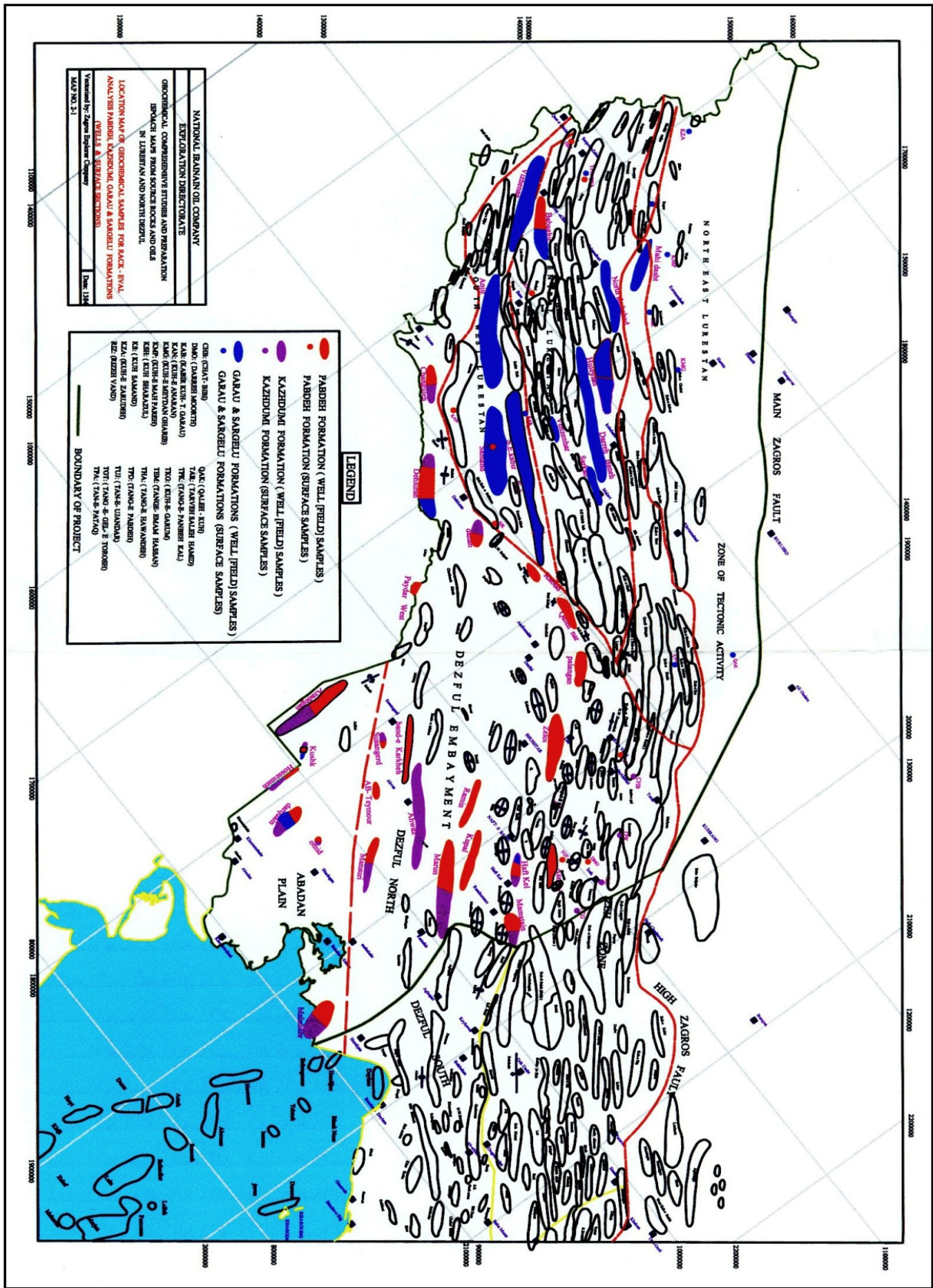
⁷ - PI: Production Index

⁸ - PP: Production Potential

Tmax (° C)	% Ro	سطح بلوغ حرارتی
کمتر از ۴۳۵	۰/۲ - ۰/۶	نابالغ
		بالغ
۴۳۵ - ۴۴۵	۰/۶ - ۰/۶۵	اوایل بلوغ
۴۴۵ - ۴۵۰	۰/۶۵ - ۰/۹	اوج بلوغ
۴۵۰ - ۴۷۰	۱/۳۵ - ۰/۹	اواخر بلوغ
بزرگتر از ۴۷۰	بزرگتر از ۱/۳۵	فوق بلوغ

۳-۴ - پارامترهای ژئوشیمیایی سازندهای منطقه

جهت انجام آنالیز راک اول (RE) مجموعاً تعداد ۶۱۳ نمونه شامل ۲۸۰ نمونه از سازند پابده، ۱۱۴ نمونه از سازند کژدمی و ۲۱۹ نمونه از سازندهای گرو و سرگلو مربوط به چاه های نواحی دزفول شمالی و لرستان انتخاب گردید. در شکل ۳-۵ موقیت میداین مورد مطالعه و سازند های مورد نظر نشان داده شده است. در ناحیه ارستان عمدتاً سازندهای گرو و سرگلو گسترش دارند. مقادیر پارامترهای ژئوشیمیایی چاه های مورد مطالعه در ضمیمه آورده شده است.



شکل ۳-۵- موقعیت میادین مورد بررسی در این مطالعه (گزارش شرکت نفت)

۳-۴-۱- پابده

بر اساس گزارش شرکت نفت، از نظر ژئوشیمیایی سازند پابده را می توان از پایین به بالا به واحد / زون C,B,A تقسیم بندی کرد. زون A از شیل آهکی، زون B از شیل قهوه ای و زون C از شیل و آهک های تشکیل شده است.

الف: مقدار کل کربن آلی (TOC/%)

میزان TOC نمونه های سازند پابده مربوط به چاه های مورد مطالعه مقادیر متفاوتی (۰/۱۱ تا بیش از ۶ درصد) را نشان می دهند. حداکثر مقدار کل کربن آلی (TOC) در نمونه های آنالیز شده متعلق به نمونه های چاه مارون است که معادل ۲۰/۳۶ تا ۶/۵۹ درصد می باشد و حداقل مقدار کل کربن آلی (TOC) مربوط به نمونه های چاه های باباقیر و آسماری است که از ۰/۱۱ تا ۱/۱۶ درصد را نشان می دهد. به طور کل مقدار کل کربن آلی (TOC) نمونه های سازند پابده در اکثر چاه ها نسبتاً خوب می باشد.

ب: مقدار ضریب هیدروژن (HI)

این مقدار، بستگی به درجه پختگی نمونه ها دارد. زیرا پخته شدن نمونه ها در اثر حرارت منجر به تولید هیدروکربور گردیده و در نتیجه مقدار HI نمونه ها کاهش می یابد. به همین دلیل جهت تفسیر HI نمونه ها بایستی مقدار T_{max} نمونه ها را نیز در نظر گرفت.

مقدار HI نمونه ها سازند پابده در چاه ها بسیار متفاوت است که حداکثر مقدار آن در نمونه های چاه آب تیمور معادل ۴۰۰ تا ۸۲۲ (mg HC/ g TOC) و حداقل مقدار آن مربوط به نمونه های چاه آسماری و تعدادی از نمونه های چاه باباقیر است که کمتر از ۱۰۰ (mg HC/ g TOC) می باشند.

بطور کلی سازند پابده در چاه ها به علت داشتن فاسیس های متفاوت دارای مقادیر HI متفاوت بوده و ضمناً از نظر توان کیفی تولید هیدروکربور خوب می باشد. بطور کلی می توان گفت که سازند پابده از نظر توان تولید می تواند سنگ منشاء خوبی باشد.

ج: میزان بلوغ (پختگی) مواد آلی (T_{max})

پارامتر T_{max} را می توان درجه حرارتی در نظر گرفت که در آن تمام مواد آلی (کروژن) موجود در نمونه سنگ منشاء تبدیل به هیدروکربور می گردد.

نتایج حاصل از راک اول نمونه های سازند پابده نشان می دهد که درجه پختگی مواد آلی موجود در نمونه های سازند پابده در چاه ها اکثراً در مرحله غیر پخته قرار دارد، به عبارت دیگر T_{max} کمتر از ۴۳۵ دارا می باشند. حداکثر درجه پختگی نمونه های سازند پابده در چاه آسماری است که معادل $450 > T_{max}$ می باشد. با این وجود سازند پابده در چاه های بابا قیر و پلنگان و کبود در مرحله تولید هیدروکربور (Oil zone) بوده و در چاه های زیلوئی، قلعه نار، هفتکل و کوپال در مرحله شروع دریچه نفت زایی است. نکته قابل توجه اینکه مقدار بسیار کم HI و TOC در نمونه های سازند پابده در چاه آسماری باعث شده که نتایج مقدار T_{max} حقیقی را نشان ندهد.

بطور کلی سازند پابده به استثناء چاه هائی که در بالا اشاره گردید در اکثر چاه ها غیر پخته بوده و یا در شروع دریچه نفت زائی می باشند.

د: تعیین نوع کروژن

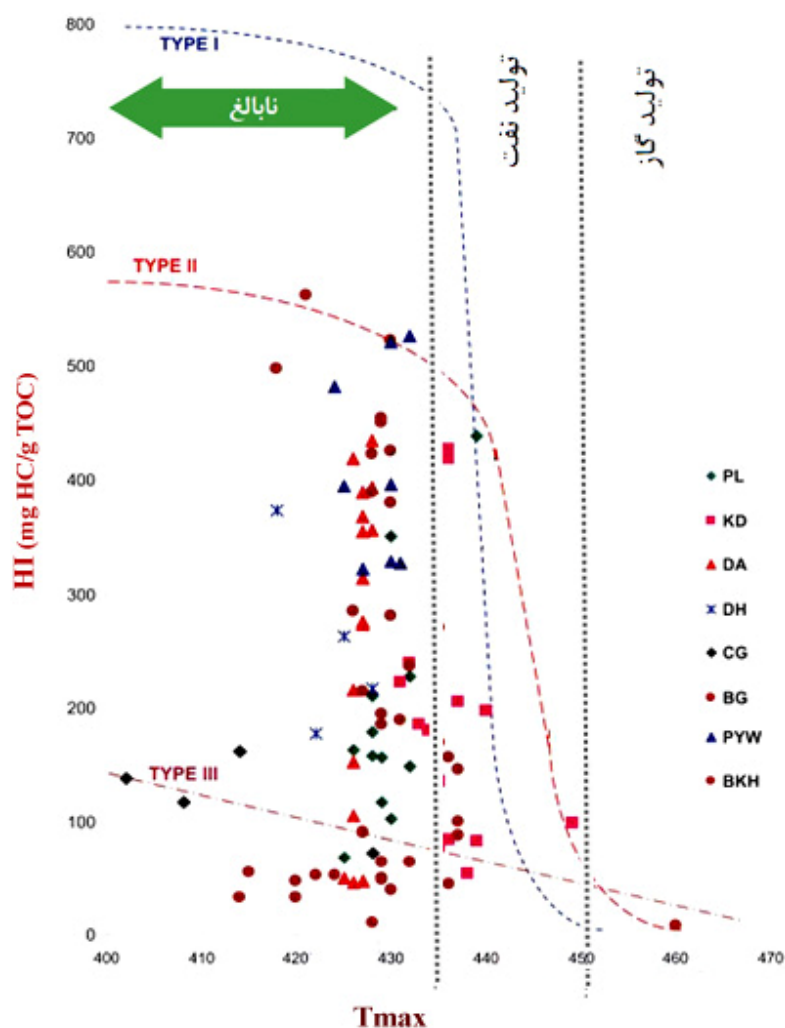
برای مشخص شدن نوع کروژن مواد آلی موجود در نمونه های آنالیز شده سازند پابده از منحنی استاندارد Van-Krevelen و پارامترهای میزان پختگی (T_{max}) و ضریب هیدروژن (HI) حاصل از راک اول استفاده شده است.

تمام نمونه های سازند پابده مربوط به چاه های مختلف بر روی دیاگرام استاندارد نسبت T_{max} به HI رسم گردیده اند که در شکل ۳-۲ نشان داده شده اند. این اشکال بیان می نمایند: اولاً کروژن مواد آلی موجود در نمونه های پابده از کروژن نوع دریایی (Type II) همراه با مواد آلی خشکی (Type III) بوده است.

ثانیاً توان هیدروکربوری نمونه های پابده خیلی متفاوت بوده بطوریکه مقدار HI آن از ۵۰ تا ۶۰۰ در نوسان است. این موارد بیانگر تغییرات شدید رخساره یا سنگ شناسی در سازند پابده بوده و نشانگر پتانسل متفاوت نمونه ها می باشد.

مقادیر Tmax به نمایش درآمده در این دیاگرام نشان می دهد که اکثریت نمونه ها در مرحله غیر پخته هستند. با این وجود بعضی از نمونه ها در چاه هائی مانند قلعه ناز، زیلویی، کبود در مرحله شروع تولید هیدروکربور با نفت زائی می باشند.

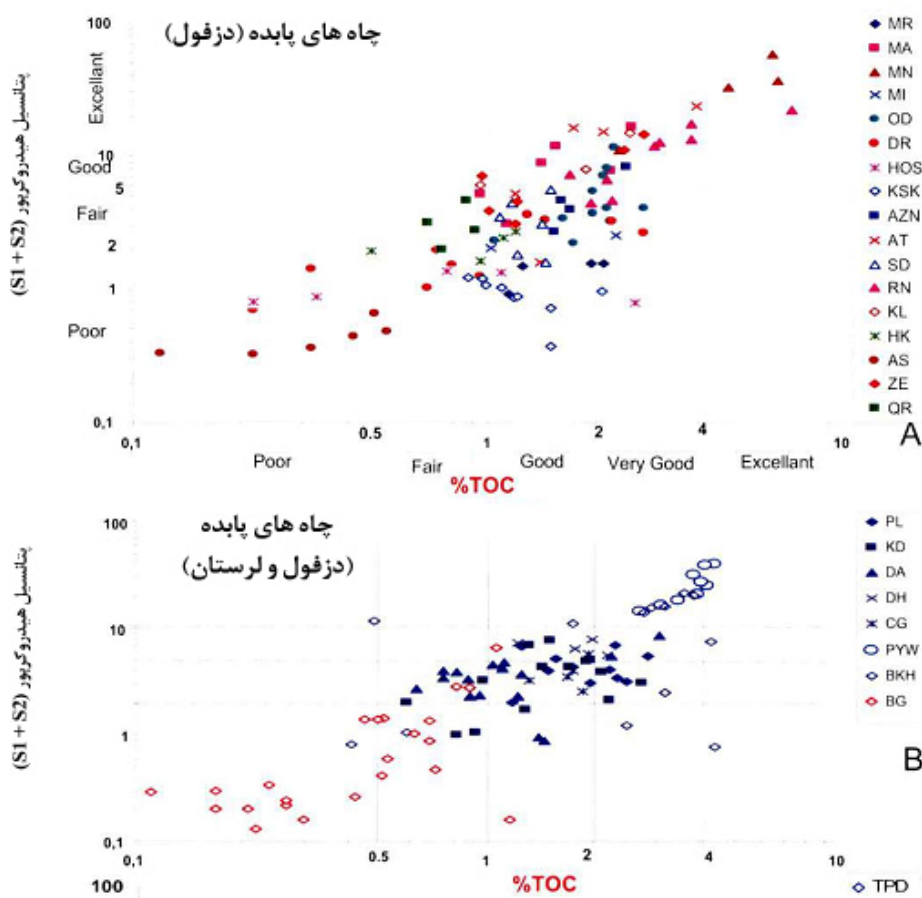
کمترین درجه پختگی سازند پابده در چاه ها مربوط به نمونه های چاه جنگلوه است که مقدار Tmax آن بین ۴۰۰ تا ۴۱۰ محاسبه شده است.



شکل ۳-۶- نمودار نسبت HI به Tmax نمونه های پابده (کاوسی و همکاران، ۱۳۹۰)

و: تعیین توان هیدروکربوری سازند پابده

جهت تعیین توان هیدروکربور زائی سنگ های منشاء از نموداری استفاده می شود که پارامتر $PP=(S1+S2)$ در برابر TOC قرار دارد. بر این اساس هر چه مقدار TOC و PP سنگ های منشاء بیشتر باشد توان هیدروکربورزائی این سنگ ها زیادتر خواهد بود. از این دیاگرام ژئوشیمیائی جهت شناخت توان هیدروکربوری سازند پابده در چاه های نواحی لرستان و دزفول استفاده شده است. قابل توجه آنکه پارامترهای ژئوشیمیائی مورد استفاده در این دیاگرام براساس جداول ضمیمه قابل تفسیر می باشند. نسبت TOC و PP تمام نمونه های سازند پابده متعلق به چاه های ناحیه دزفول و همچنین چاه باباقیر متعلق به ناحیه لرستان بر روی دیاگرام استاندارد اشاره شده ترسیم گردیده که در شکل ۳-۷ نشان داده شده اند.



شکل ۳-۷- دیاگرام نسبت های TOC و PP نمونه های سازند پابده (کاوسی و همکاران، ۱۳۹۰)

براساس نتایج بدست آمده می توان چنین تفسیر نمود که نمونه های سازند پابده در چاه های ناحیه دزفول شمالی از توان هیدروکربورزائی خیلی بالائی برخوردار هستند. در حالیکه این سازند در ناحیه لرستان (چاه باباقیر) خیلی ضعیف می باشد.

۳-۴-۲- کژدمی

از نتایج آنالیز راک اول تعداد ۹۳ نمونه از سازند کژدمی مربوط به ۱۵ چاه بهره گرفته شده و تحلیل شده است. (کاوسی و همکاران، ۱۳۹۰)

الف) مقدار کل کربن آلی (TOC%)

کربن آلی کل نمونه های سازند کژدمی متعلق به چاه های مورد مطالعه با هم متفاوت بوده و بطور میانگین مقادیری از ۱ تا ۵ درصد را نشان می دهد. حداکثر مقدار کل کربن آلی (TOC) در نمونه های مورد آنالیز مربوط به نمونه های چاه های سوسنگرد، مارون اهواز و منصوری است که معادل ۴ تا ۸ درصد می باشد و حداقل این مقدار مربوط به بعضی از نمونه ها در چاه های امید، آزادگان و دهلران بوده که مقادیر ۰/۵ تا ۱/۵ درصد را نشان می دهند.

بطور کلی مقدار کل کربن آلی (TOC) نمونه های سازند کژدمی در اکثر چاه ها بسیار خوب می باشند و تغییرات شدیدی در میزان مواد آلی نمونه ها دیده نمی شود که نشان دهنده هموژن بودن فاسیس و محیط رسوبی در این سازند در چاه ها می باشد.

ب: مقدار ضریب هیدروژن (HI)

مقدار HI نمونه های سازند کژدمی در چاه ها بسیار متفاوت بوده که حداکثر مقدار آن مربوط به نمونه چاه های حسینیه و سوسنگرد است که معادل ۴۰۰ تا ۶۰۰ (mg HC/ g TOC) می باشد و کمترین مقدار HI نیز مربوط به نمونه های سازند کژدمی در چاه دانان، و بعضی از نمونه های چاه کوشک است که معادل ۱۰۰ mg HC/ g TOC می باشند.

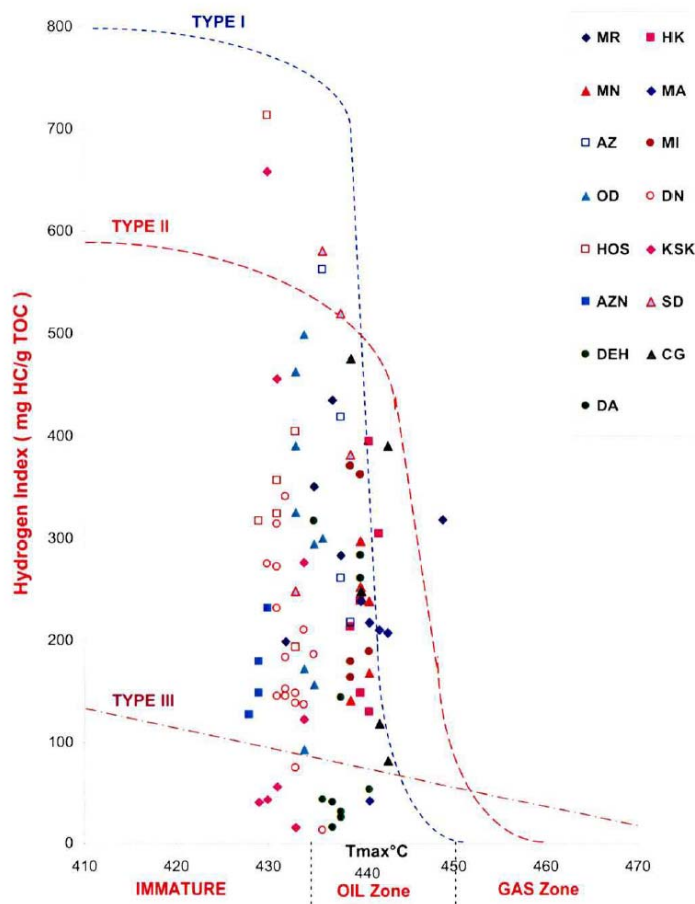
علت تغییرات شدید مقدار HI در نمونه های این سازند می تواند در اثر پختگی نمونه ها در نتیجه کاهش این مقدار و یا عدم وجود مواد آلی در فاسیس سازند کژدمی می باشد. در حالت اول جهت کنترل مقدار HI باید آن را با مقادیر T_{max} نمونه ها مقایسه کرد.

ج: میزان بلوغ (پختگی) مواد آلی (T_{max})

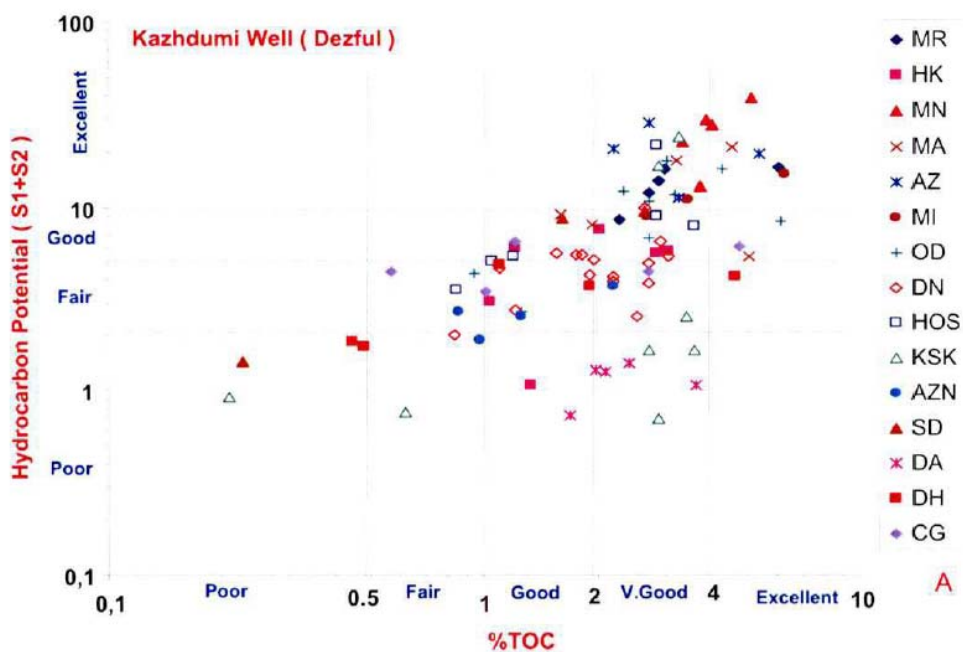
براساس آنالیز راک اول اکثر نمونه های آنالیز شده سازند کژدمی در چاه های مختلف در مرحله تولید هیدروکربور بوده یعنی مقدار T_{max} آنها از ۴۳۵ درجه بیشتر می باشند. حداکثر میزان پختگی نمونه های سازند کژدمی مربوط به چاه های هفتگل، مازون، ماماتین، منصوری و چنگلوله بوده که T_{max} حدود ۴۴۰ را دارا می باشند. کمترین درجه پختگی نمونه های سازند کژدمی نیز مربوط به چاه های حسینی، کوشک و آزادگان است که مقدار کمتر از ۴۳۵ را نشان می دهند.

د: تعیین نوع کروژن

برای مشخص نمودن نوع کروژن تشکیل دهنده مواد آلی در نمونه های آنالیز شده سازند کژدمی از منحنی استاندارد Van-Krevelen استفاده گردیده است. پارامترهای میزان پختگی (T_{max}) و ضریب هیدروژن (HI) بدست آمده از آنالیز راک اول در محورهای نمودار دیده می شود. (شکل ۳-۸) تمام نمونه های سازند کژدمی مربوط به چاه های مختلف بر روی دیاگرام استاندارد نسبت T_{max} به HI رسم گردیده اند. همانطوریکه شکل ۳-۲-۲ نشان می دهد کروژن مواد آلی موجود در سازند کژدمی مربوط به محیط دربائی یا کروژن نوع II (Type II) همراه با مواد آلی خشکی یا کروژن (Type III) است. همچنین مقدار HI که توان کیفی تولید هیدروکربوری سازند کژدمی را مشخص می نماید دارای مقدار بسیار متفاوت است. ضمناً براساس مقدار T_{max} با درجه پختگی نمونه ها، اکثریت نمونه ها در مرحله ای بوده که توانسته اند هیدروکربور تولید نمایند و یا در مرحله شروع تولید نفت زائی باشند.



شکل ۳-۸- دیاگرام نسبت ضریب های HI به Tmax نمونه های سازند کژدمی (کاوسی و همکاران، ۱۳۹۰)



شکل ۳-۹- نمودار توان هیدروکربوری کژدمی (کاوسی و همکاران، ۱۳۹۰)

و: تعیین توان هیدروکربوری سازند کژدمی

نمونه های سازند کژدمی در چاه های منطقه دزفول شمالی توان هیدروکربوری خوب تا عالی را به نمایش می گذارند.

در این مطالعات همچنین نمونه های سازند کژدمی متعلق به چاه های مازون، اهواز، ماهشهر، منصوری، امید و حسینیّه توان هیدروکربوری عالی را نشان می دهند در صورتیکه نمونه های این سازند در چاه های کوشک، دهلران، دانان دارای کمترین توان هستند.

بطور کلی توان هیدروکربوری سازند کژدمی در ناحیه دزفول شمالی براساس مقادیر TOC و PP خیلی خوب تا عالی ارزیابی می گردد. (شکل ۳-۹)

۳-۴-۳- گرو

آنالیز راک اول ۱۲۲ نمونه از سازند گرو مربوط به ۱۵ چاه مورد بررسی قرار گرفت. (کاوسی و همکاران، ۱۳۹۰)

الف - مقدار کل کربن آلی (%TOC)

مقدار TOC برای نمونه های سازند گرو مربوط به چاه های مورد مطالعه در نواحی لرستان خیلی متفاوت بوده و از ضعیف (کمتر از ۰/۵) تا عالی (۵٪ درصد) را تغییر می نماید. کمترین مقدار %TOC مربوط به بعضی از نمونه های چاه های انجیر، باباقیر و ماهیدشت است. نکته قابل توجه اینکه مقدار درصد TOC در نمونه های یک چاه (در عمق های متفاوت یک چاه) بسیار متغیر بوده که خود نشان دهنده این است که سازند گرو فاسیس هموژن و یکسانی از نظر محیط رسوبی نداشته و دارای تغییرات فاسیس و سنگ شناسی می باشد.

نمونه های سازند گرو در ناحیه دزفول شمالی که شامل چاه های دارخوین، کوشک، هفتکل و دهلران می باشند دارای متوسط درصد TOC بیشتری نسبت به نمونه های گرو در ناحیه لرستان می باشند.

تغییرات درصد TOC سازند گرو در چاه های ناحیه دزفول شمالی از ۱ تا ۶/۴ درصد متغیر می باشد که در این میان تنها نمونه های گرو در چاه دهلران کمتر از ۱ درصد هستند.

ب- مقدار ضریب هیدروژن (HI)

جهت ارزیابی مقدار ضریب هیدروژن نمونه های سنگ منشا باید به مقدار T_{max} آنها نیز توجه نموده نتایج حاصل از نمونه های سازند گرو در چاه های دزفول شمالی نشان می دهند که این سازند در این ناحیه دارای مقدار HI نسبتاً خوب بوده که با تغییرات شدید در نمونه ها (معادل ۴۵ mgHC/grock تا ۴۴۵) همراه می باشد.

مقدار HI در نمونه های سازند گرو در چاه های ناحیه لرستان بطور متوسط خیلی کمتر از نمونه های چاه های دزفول شمالی بوده و مقدار محاسبه شده آنها معادل ۱۰ تا ۲۰۰ mgHC/grock می باشد و تنها چند نمونه سازند گرو در چاه های ویزنهار و باباقیر ضریب هیدروژن بیشتری دارند.

ج- میزان بلوغ (پختگی) مواد آلی (T_{max})

نتایج حاصل از T_{max} نمونه های آنالیز شده سازند گرو در چاه های ناحیه دزفولی شمالی نشان می دهند که اکثریت نمونه های چاه های دارخوین، کوشک، هفتکل و دهلران پختگی بالایی دارند که مقدار T_{max} آنها در محدوده نفت زائی (Oil zone) یا معادل ۴۳۵ تا ۴۴۵ درجه سانتیگراد می باشد. نتایج حاصل از T_{max} نمونه های سازند گرو در چاه های لرستان عمدتاً پختگی بسیار بالایی را نشان می دهند که مقدار T_{max} آنها بیشتر از 440°C (440°C تا 460°C) می باشد.

اکثریت نمونه ها سازند گرو در چاه های ناحیه لرستان در مرحله نهائی نفت زائی و یا در مرحله شروع گاز زائی قرار گرفته اند. بنابراین نکته ای که باید به این توجه کرد این است که مقدار HI اکثریت نمونه ها بسیار ضعیف تا ضعیف (صفر تا ۱۰۰) بوده که می توان چنین تفسیر نمود که در اثر پختگی بالا مقداری از هیدروژن موجود در نمونه ها تبدیل به هیدروکربور شده و باعث کاهش محسوس HI شده است و یا در اینکه در محیط رسوبی اولیه شرایط و نگهداری مواد آلی طوری بوده که مقدار HI آن از اول کم بوده و در نتیجه T_{max} بالایی را نشان می دهد.

د- تعیین نوع کروژن

برای مشخص نمودن نوع کروژن مواد آلی تشکیل دهنده سازند گرو از منحنی استاندارد ژئوشیمیایی استفاده می شود که براساس پارامترهای T_{max} و ضریب هیدروژن (HI) حاصل از راک اول بدست آمده است.

تمام نمونه های سازند گرو مربوط به چاه های مختلف (نواحی لرستان) بر روی دیاگرام Van-Krevelen رسم گردیده که در شکل ۳-۱۱ نشان داده شده اند.

همانطوری که در شکل ۳-۱۱ دیده می شود اکثریت نمونه ها در محدوده T_{max} معادل $435^{\circ}C$ تا $450^{\circ}C$ و همچنین مقدار ضریب هیدروژن بسیار متغیر بین صفر تا ۶۰۰ قرا دارند. این مسئله مشخص کننده این است که نمونه ها در محدوده پایانی زون نفت زائی (Oil-zone) بوده و توان تولید هیدروکربور بسیار متفاوت دارند. براساس نمودار شکل ۳-۱۱ نوع کروژن سازند گرو از نوع مواد آلی دریائی (Type II_) همراه با کمی مواد آلی خشکی است.

و- تعیین توان هیدروکربوری

جهت مشخص نمودن توان اولیه هیدروکربوری سنگ های منشأ از دیاگرام ژئوشیمیایی استفاده می شود که براساس ضریب های ژئوشیمیایی $PP=(S1+S2)$ و TOC ترسیم شده است.

اکثریت نمونه های سازند گرو در چاه های لرستان دارای توان هیدروکربوری ضعیفی ($PP < 2$) دارند ولی دارای مقدار TOC ضعیف تا خیلی خوب می باشند تعدادی از نمونه ها مربوط به چاه های دره بانه، ویزنهار و شاه آباد شمالی نیز دارای توان هیدروکربوری متوسطی هستند. نتایج حاصل از نمونه های گرو در چاه های دزفولی شمالی، همانطوری که در شکل ۵-۳-۲ قسمت B دیده می شود دارای توان هیدروکربوری متوسط تا خوب (۲ تا ۱۰ PP) همراه با درصد TOC متوسط تا عالی هستند.

۳-۴-۴- سرگلو

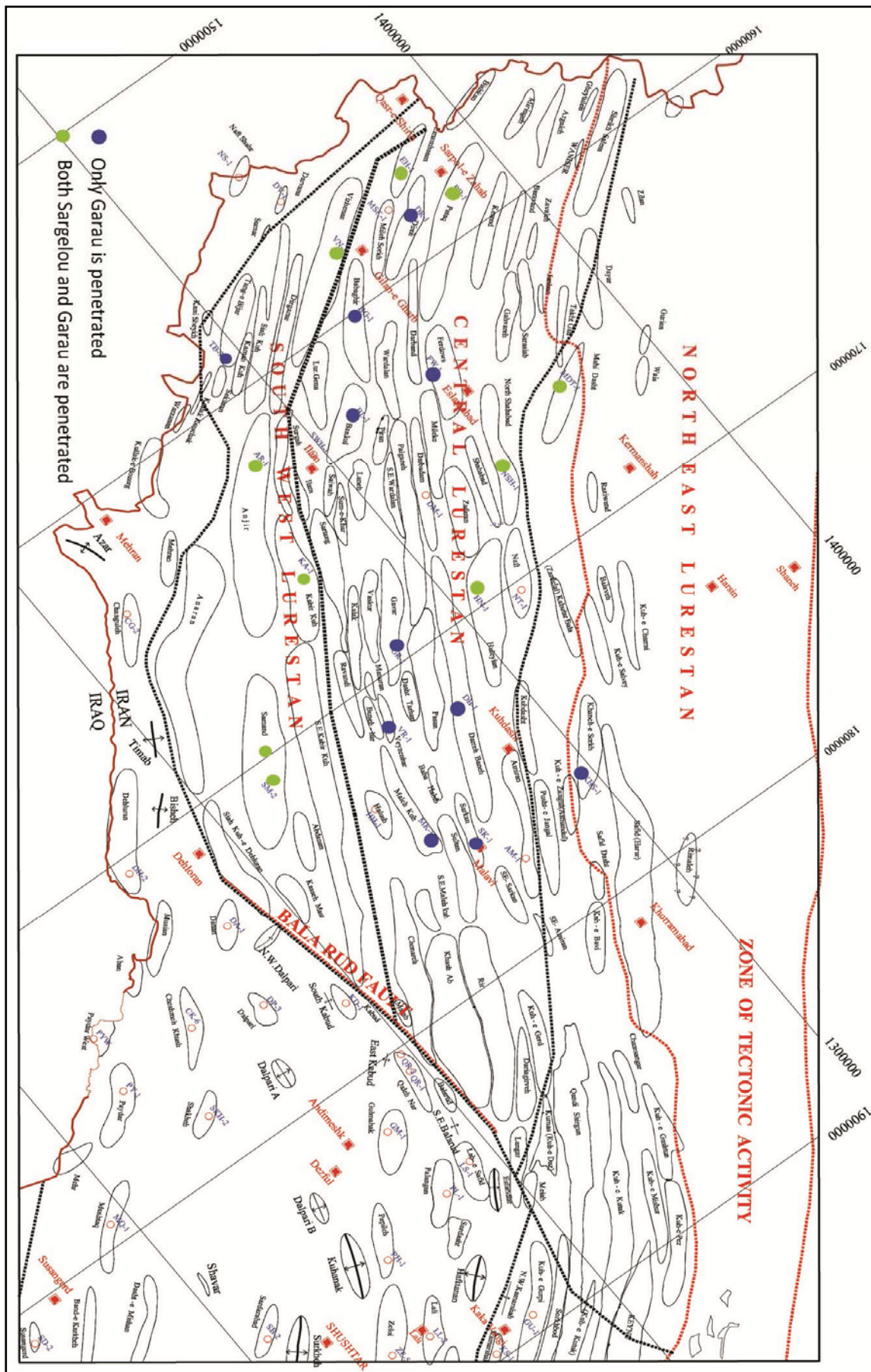
جمعاً تعداد ۲۴ نمونه از سازند سرگلو مربوط به ۵ چاه مورد آنالیز راک اول قرار گرفته است. (گزارش شرکت نفت)

الف- مقدار کل کربن آلی (TOC %)

مقدار درصد TOC برای نمونه های سازند سرگلو مربوط به چاه های ناحیه لرستان شامل سمند، انجیر، شاه آباد، ماهیدشت و هولیلان که اکثریت نمونه ها را شامل می شوند خیلی متفاوت بوده که از ضعیف (کمتر از ۰/۵٪) تا عالی (بیش از ۵ درصد) را نشان می دهند.

نکته قابل توجه به اینکه تغییرات مقدار درصد TOC در نمونه های سرگلو در یک چاه بسیار متغیر بوده که خود نشان دهنده این است که سازند سرگلو دارای فاسیس و لیتولوژی یکسانی نیست. این مقدار تنها در دو نمونه سرگلو در چاه دارخوین تقریباً یکسان و معادل ۱/۵۸ تا ۱/۹۴ می باشد.

در ادامه شکل ۳-۶ موقیت چاه های ناحیه لرستان که گرو و سرگلو را در خود دارند نشان داده است.



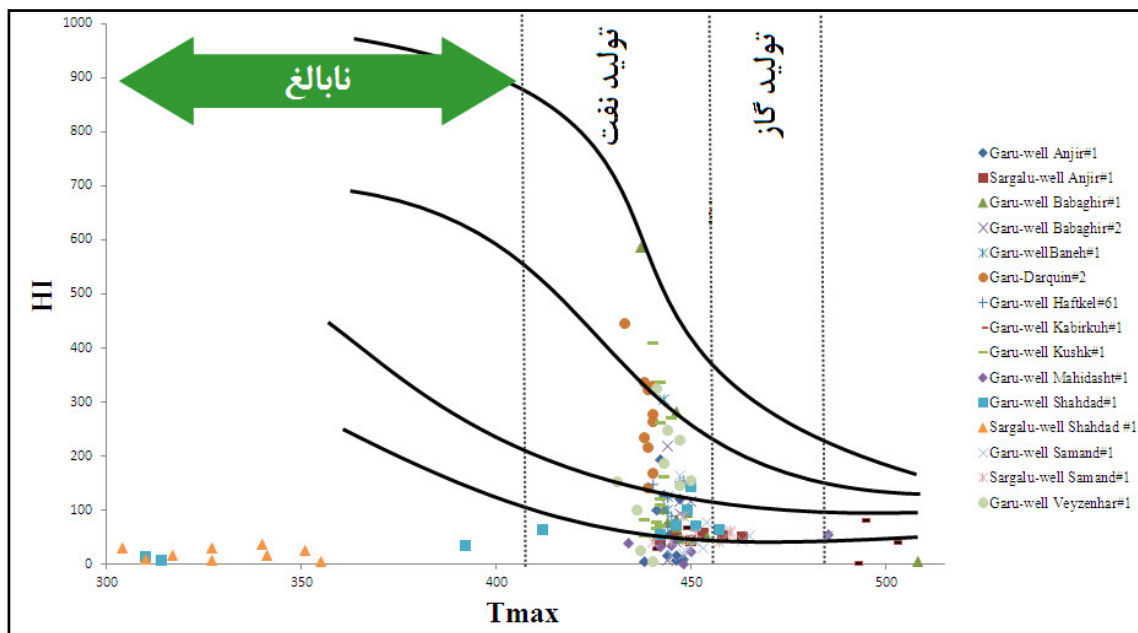
شکل ۳-۱۰- موقعیت چاه هایی از منطقه که شامل سازندهای گرو و سرگلو می باشند. (کاوسی و همکاران، ۱۳۹۰)

ب- مقدار ضریب هیدروژن (HI)

جهت ارزیابی مقدار ضریب هیدروژن نمونه های سنگ منشأ باید به T_{max} آنها نیز توجه نمود. مقدار ضریب هیدروژن نمونه های سرگلو در چاه های ناحیه لرستان نسبتاً ضعیف است که معادل $(mgHC/grock)$ ۰-۶۰ است.

ج- میزان بلوغ (پختگی) مواد آلی (T_{max})

نتایج حاصل از مقادیر T_{max} نمونه ها آنالیز شده سازند سرگلو در تمام چاه های ناحیه لرستان نشان دهنده پختگی (بلوغ) بالا بوده و مقدار آن در محدوده حد پایانی نفت زائی و حتی در محدوده ابتدائی گاز زائی است که مقدار آن بین $440^{\circ}C$ تا $460^{\circ}C$ است. نمونه های سرگلو در چاه شاه آباد شمالی مقدار T_{max} در حد غیرپخته و معادل $300^{\circ}C$ تا $350^{\circ}C$ دارند. که با توجه به عمق نمونه ها یک حالت غیر طبیعی را نشان می دهد. دو نمونه سازند سرگلو در چاه دارخوین-۲ در محدوده زون نفت زائی (Oil zone) واقع شده و T_{max} معادل $439^{\circ}C$ تا $440^{\circ}C$ دارند.



شکل ۳-۱۱- نمودار نسبت اندیس هیدروژن به T_{max} برای نمونه های سازند گرو در ناحیه لرستان

۳-۵- اندازه گیری انعکاس ویتترینایت در نمونه های سنگ

برای اندازه گیری انعکاس ویتترینایت در نمونه های سنگ منشاء باید ابتدا نمونه آماده گردیده تا بتوان توسط میکروسکوپ انعکاس لایتتر مجهز به نرم افزار MPV-GEOR استفاده شده و ضمناً برای هر سازند، دستگاه با استفاده از استاندارد مربوطه کالیبره می گردد.

انعکاس ویتترینایت اندازه گیری شده در نمونه های سنگ بصورت میانگین انعکاس VR¹ (Ro%) عددی و نمودار میله ای مشخص می گردد. (Tissot and Walte, 1984)

نتایج حاصل از Ro% برای نمونه های مورد مطالعه بطور جداگانه و بشرح زیر می باشد:

۳-۵-۱- سازند پابده

نتایج آنالیز نمونه ها نشان می دهند که فراوانی ذرات ویتترینایت در نمونه های سازند پابده بسیار متغیر بوده که از فراوانی بسیار غنی (very strong) تا ضعیف (weak) مشاهده می گردد مقدار Ro بدست آمده از نمونه های سازند پابده در چاه های مختلف متفاوت بوده که می توان نتایج حاصل را در ناحیه دزفول شمالی به سه محدوده تقسیم نمود.

۱- محدوده شمالی ناحیه دزفول شمالی که مقدار Ro بدست آمده بین ۰/۵ تا ۰/۶ بوده که نشان دهنده شروع مرحله پختگی و نفت زائی^۲ می باشد.

۲- محدوده جنوبی ناحیه دزفول شمالی. دشت آبادان تا جنوب و غرب لرستان، مقادیر Ro بدست آمده متفاوت بوده و مقدار آن کمتر از ۰/۴ می باشد که نشان دهنده غیر پخته بودن^۳ سازند پابده در این محدوده می باشد.

۳- سومین محدوده شامل منطقه ای است حد واسط دو محدوده فوق که مقدار Ro آن بین ۰/۴-۰/۵ می باشد.

¹ - Mean Random Vitrinite Reflectance = VR, Ro%

² - Oil Zone

³ - Immature

جدول ۳-۵- نتایج حاصل از انعکاس ویتربینایت نمونه های سازند پابده (گزارش شرکت نفت)

نام چاه	نوع نمونه ها	نام سازند	عمق (متر)	Ro% میانگین
آب تیمور-۱	خرده حفاری	پابده	۲۶۵۵	۰/۳۰۸
آسماری-۱	خرده حفاری	پابده	۳۹۰	۰/۵۷
آزادگان-۴	خرده حفاری	پابده	۱۹۷۶	۰/۳۹۵
باباقیر-۱و۲	خرده حفاری	پابده	۷۲۲	۰/۳۶۵
بندکرخه-۱	خرده حفاری	پابده	۳۸۲۰	۰/۴۲
چنگوله-۱و۲	خرده حفاری	پابده	۲۸۹۸	۰/۴۴۲
دنان-۱	خرده حفاری	پابده	۳۰۳۵	۰/۵۳۵
دارخوین-۳و۲	خرده حفاری	پابده	۲۲۷۵	۰/۳۸۸
دهلران-۲۲	خرده حفاری	پابده	۳۰۹۰	۰/۴۵۶
هفتکل-۶۱	خرده حفاری	پابده	۱۲۶۰	۰/۵۸۴
حسینیه-۱	خرده حفاری	پابده	۲۱۲۴	۰/۳۹۲
کبود-۱	خرده حفاری	پابده	۲۱۸۹	۰/۷۰۲
کوپال-۲۰	خرده حفاری	پابده	۳۹۰۶	۰/۴۹۵
کوشک-۱	خرده حفاری	پابده	۲۰۱۰	۰/۳۰۹
ماهشهر-۱	خرده حفاری	پابده	۲۸۶۲	۰/۳۵۲
ماموتین-۱۰	خرده حفاری	پابده	۱۰۳۰	۰/۴۲۸
منصوری-۶	خرده حفاری	پابده	۲۸۸۰	۰/۳۲۹
مارون-۲۲۲	خرده حفاری	پابده	۲۸۸۶	۰/۴۵۳
امید-۱	خرده حفاری	پابده	۲۳۱۰	۰/۳۱۱
پلنگان-۱	خرده حفاری	پابده	۲۶۴۴	۰/۵۴۲
پیدار غربی-۱	خرده حفاری	پابده	۳۴۶۰	۰/۳۴۸
قلعه نار-۳	خرده حفاری	پابده	۳۶۰۸	۰/۵۸۹
رامین-۴	خرده حفاری	پابده	۴۲۸۰	۰/۳۳۴
سوسنگرد-۲	خرده حفاری	پابده	۲۹۲۳	۰/۳۱۱
زیلویی-۱	خرده حفاری	پابده	۳۹۲۵	۰/۴۸۶

۳-۵-۲- سازند کژدمی

نتایج آنالیز نمونه ها نشان می دهند که فراوانی ذرات ویتربینایت در نمونه های خرده سنگ سازند

کژدمی متفاوت بوده و از بسیار غنی تا ضعیف گسترش دارد.

براساس نتایج بدست آمده از اندازه گیری های انجام شده جهت نمونه های سازند کژدمی در چاه های

ناحیه دزفول شمالی این ناحیه به سه محدوده به شرح ذیل متمایز می شود.

۱- محدوده شمالی ناحیه دزفول شمالی که مقدار Ro حاصل از نمونه های سازند کژدمی در چاه ها بین $0/74$ تا $0/9$ بوده که نشان دهنده مرحله پختگی یا مرحله نفت زایی نمونه ها می باشد. این محدوده شامل میادین مامتین و هفتکل می شود.

۲- محدوده جنوب ناحیه دزفول شمالی که مقدار Ro محاسبه شده معادل $0/5$ تا $0/65$ بوده که بیانگر شروع مرحله پختگی (Mature) سازند کژدمی بوده و می تواند هیدروکربور سنگین تولید کرده باشد ولی میزان پختگی یا بلوغ سازند کژدمی در این ناحیه کمتر از محدوده شمالی ناحیه دزفول می باشد این محدوده شامل میادین حسینیه، ماهشهر، دانان، دهلران می باشد.

۳- محدوده شامل منطقه بین محدوده های شمالی و جنوبی ناحیه دزفول شمالی بوده که مقدار Ro نمونه های سازند کژدمی در چاه های مختلف این قسمت بین $0/7$ تا $0/72$ می باشد که نشانگر درجه پختگی نسبتاً بالا بوده و توانسته هیدروکربور تولید نماید این محدوده شامل میادین اهواز، مارون، منصور می باشد.

جدول ۳-۶- نتایج حاصل از انعکاس ویترونیات نمونه های سازند کژدمی (گزارش شرکت نفت)

نام چاه	نوع نمونه ها	نام سازند	عمق (متر)	Ro میانگین
اهواز-۱۰۱	خرده حفاری	کژدمی	۴۳۶۰	$0/723$
آزادگان-۴	خرده حفاری	کژدمی	۳۳۵۲	$0/532$
چنگوله-۲	خرده حفاری	کژدمی	۴۴۷۰	$0/678$
دانان-۱	خرده حفاری	کژدمی	۴۱۹۰	$0/592$
دارخوین-۳و۲	خرده حفاری	کژدمی	۳۴۹۵	$0/554$
دهلران-۲۲	خرده حفاری	کژدمی	۴۴۹۶	$0/622$
هفتکل-۶۱	خرده حفاری	کژدمی	۲۵۶۰	$0/744$
حسینیه-۱	خرده حفاری	کژدمی	۳۳۸۴	$0/588$
کوشک-۱و۲	خرده حفاری	کژدمی	۳۵۵۰	$0/518$
ماهشهر-۱	خرده حفاری	کژدمی	۱۴۰۱	$0/666$
ماموتین-۱۰	خرده حفاری	کژدمی	۲۵۲۰	$0/882$
منصوری-۶	خرده حفاری	کژدمی	۴۲۵۰	$0/718$
مارون-۱۲۳	خرده حفاری	کژدمی	۴۴۵۰	$0/721$
امید-۱	خرده حفاری	کژدمی	۳۹۶۰	$0/598$
سوسنگرد-۲	خرده حفاری	کژدمی	۴۱۸۴	$0/712$

بطور خلاصه می توان چنین تفسیر و نتیجه گیری نمود که سازند کژدمی در تمام میادین منطقه دزفول شمالی به مرحله پختگی رسیده که توانسته هیدروکربور تولید نماید ولی درجه و مرحله پختگی آنها با هم دیگر متفاوت است. بطوریکه مقدار RO بطرف ارتفاعات شمالی ناحیه دزفول شمالی افزایش یافته و حداکثر پختگی را نشان می دهد و کمترین مرحله پختگی که برابر با شروع تولید هیدروکربور است مربوط به محدوده جنوب ناحیه دزفول شمالی می باشد.

۳-۵-۳- سازند گرو و سرگلو

اکثر نمونه های انتخاب شده مربوط به سازند گرو بوده ولی چند نمونه هم از سازند سرگلو جهت آنالیز RO ٪ انتخاب شده است.

جدول ۳-۷- نتایج حاصل از انعکاس ویتربینایت نمونه های سازندهای گرو و سرگلو (گزارش شرکت نفت)

نام چاه	نوع نمونه ها	نام سازند	عمق (متر)	RO ٪ میانگین
انجیر-۱	خرده حفاری	گرو	۱۱۴۹	۰/۸۹۵
انجیر-۱	خرده حفاری	سرگلو	۱۷۹۲	۰/۹۷۵
باباقیر-۱ و ۲	خرده حفاری	گرو	۱۸۶۹	۰/۷۸۷
دره-بانہ-۱	خرده حفاری	گرو	۱۹۳۶	۰/۹۸۵
دارخوین-۲	خرده حفاری	گرو	۴۷۰۰	۱/۰۱۱
دهلران-۲۲	خرده حفاری	گرو	۵۱۶۵	۰/۸۷۲
هفتکل-۶۱	خرده حفاری	گرو	۳۶۰۰	۱/۱۵۶
هلیلان-۱	خرده حفاری	سرگلو	۱۱۴۷	۱/۹۸۲
کبیرکوه-۱	خرده حفاری	گرو	۱۸۷	۰/۹۸۵
کوه-گورپی-۱	خرده حفاری	گرو	۱۲۱۸	۰/۵۲۲
کوشک-۱	خرده حفاری	گرو	۴۸۵۰	۱/۰۱۳
ماهیدشت-۱	خرده حفاری	گرو	۱۹۳۸	۱/۲۱۲
ماهیدشت-۱	خرده حفاری	سرگلو	۲۶۶۴	۲/۱۲۳
سمند(گرو)-۱	خرده حفاری	گرو	۱۸۰۰	۰/۹۷۸
سمند(سرگلو)-۱	خرده حفاری	سرگلو	۲۲۴۰	۱/۰۲۱
سرکان-۱	خرده حفاری	گرو	۱۹۳۴	۱/۰۱۲
شاهاباد-۱	خرده حفاری	گرو	۳۰۸۴	۰/۹۶۷
شاهاباد-۱	خرده حفاری	سرگلو	۳۷۱۸	۱/۰۲۵
ویزنهار-۱	خرده حفاری	گرو	۲۱۰۰	۰/۷۸۲
ویژنان-۱	خرده حفاری	گرو	۳۳۹۰	۰/۸۸۶

سازندهای گرو و سرگلو در محدوده جنوب ناحیه دزفول شمالی (مانند میادین دارخوین، ماهشهر، آزادگان و دهلران) دارای پختگی بسیار خوبی بوده و دارای Ro معادل $0/8$ تا 1 می باشد.

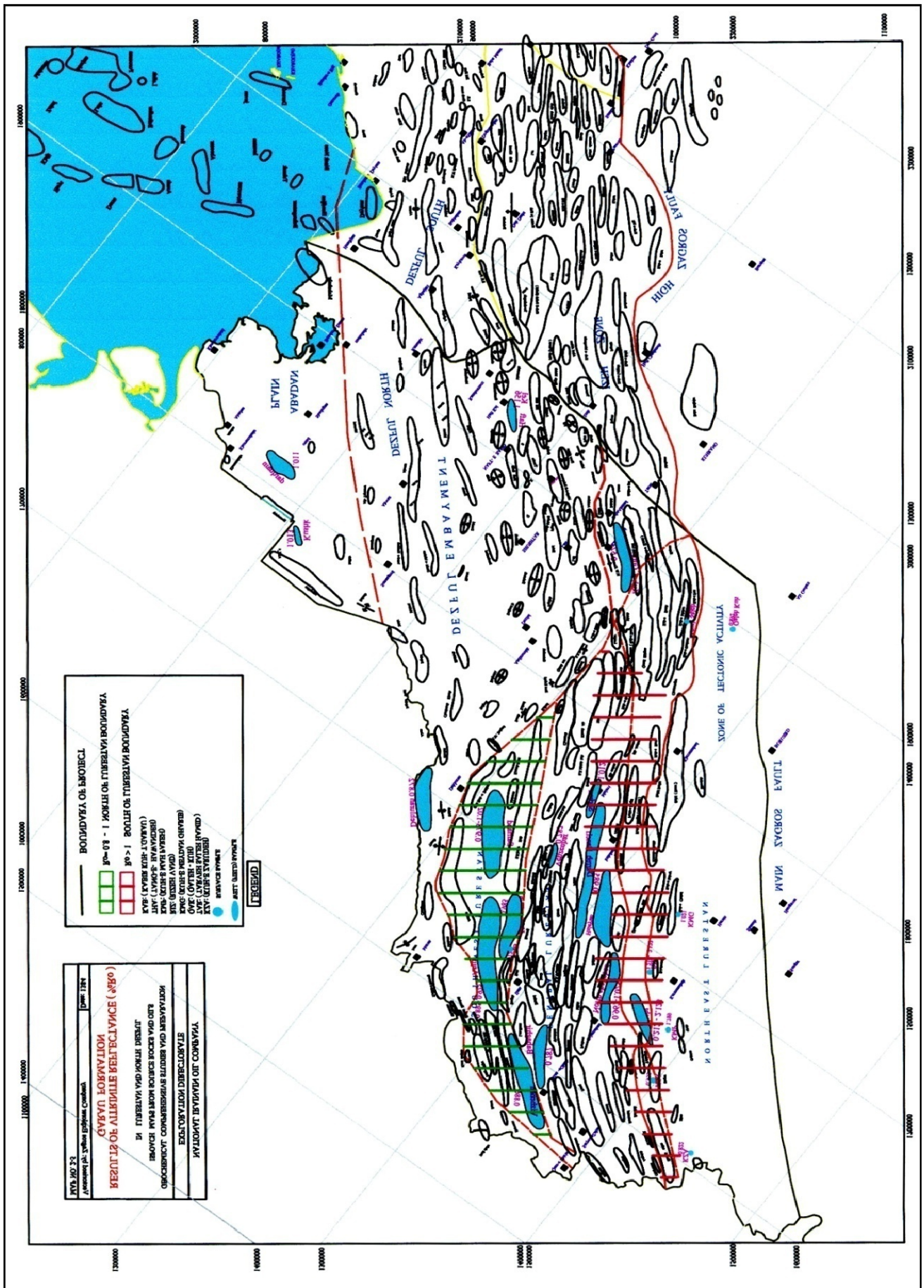
نتایج بدست آمده از آنالیز Ro نمونه های خرده سنگ چاه ها خیلی متفاوت بوده که براساس آن می توان ناحیه لرستان را به دو بخش تقسیم نمود: (شکل ۳-۱۰)

بخش شمالی ناحیه لرستان: شامل میادینی مانند ماهیدشت، شاه آباد شمالی و هلیلان مراحل پختگی بسیار زیاد یا فوق پخته^۴ را نشان می دهند و مقدار Ro محاسبه شده از 1 تا $2/2$ متغیر می باشند. که با نمونه های سطحی در محدوده شمالی ناحیه لرستان همخوانی خوبی از خود نشان می دهند.

بخش جنوبی ناحیه لرستان مانند میادین انجیر، سمند، ویزنان که دارای درجه پختگی کمتری نسبت به بخش شمالی می باشند مقادیر اندازه گیری شده از Ro در این بخش کمتر از یک (معادل $0/88$ تا $0/99$) بوده است.

بطور خلاصه می توان چنین تفسیر و نتیجه گیری نمود که سازندهای گرو و سرگلو در ناحیه دزفول شمالی کاملاً به مرحله پختگی و تولید هیدروکربور سبک رسیده و حتی در نواحی شمالی ناحیه دزفول می تواند گاز تولید نموده باشند. نمونه های سازند گرو و سرگلو در ناحیه لرستان دارای پختگی بسیار زیاد بوده (بخصوص در بخش شمالی) ولی در بخش جنوبی می توان انتظار تولید نفت از سازندهای گرو و سرگلو را داشت.

⁴ - Over Mature



شکل ۳-۱۲- نقشه Ro سازند گرو- قرمز: $Ro > 1$ و سبز $0.8 - Ro$ (گزارش شرکت نفت)

فصل چهارم:

روش‌های تفکیک تشکیلات هدف

فصل چهارم: روش‌های تفکیک تشکیلات هدف

۴-۱- مقدمه

یکی از ویژگیهای هر پروژه اکتشافی مرحله ای بودن آن هست. هدف از مرحله ای کردن عملیات اکتشافی، محدود کردن هر چه بیشتر نواحی تحت پوشش و انتخاب مناطق پتانسیل دار به منظور کاهش هزینه های اکتشافی و کاهش ریسک سرمایه‌گذاری است. بدلیل محدودیت بودجه اکتشافی، تمامی نقاط پتانسیل دار ارائه شده در هر طرح نمی‌تواند تحت پوشش عملیات حفاری قرار گیرند. لذا نحوه انتخاب بهینه با پتانسیل‌ترین زون‌ها و مناسب‌ترین سازندها و تشکیلات حاوی شیل گازی برای حفاری بشدت احساس می‌شود.

ذخایر هیدروکربن‌دار نوع غیر متعارف (شیل گازی و زغال سنگ و ...) از نظر منشاء سن ژنتیک بوده (بر خلاف نوع متعارف نفت و گازدار)، لذا روشی متفاوت برای اکتشاف و تعیین محل نقاط بهینه حفاری نسبت به منابع هیدروکربور متعارف را می‌طلبند. بنابراین با توجه به پیچیده بودن فرآیند اکتشاف تشکیلات حاوی منابع هیدروکربور غیر متعارف از جمله شیل‌های گازی، مهندسی اکتشاف به مدل‌های جامع و روش‌های کاربردی‌تر نیاز دارند. از قبیل روش‌های آماری چند متغیره، فرمول بی‌زین، توابع تفکیک، تابع فوریه (فیلتر کابور)، روش فرکتال، ماشین برداری پشتیبان (SVM)^۱ و سایر روش‌های دیگر از جمله هوش مصنوعی را می‌توان نام برد. روش‌های توابع تفکیک^۲ واقع‌گرایانه‌ترین رهنمودها را در انتخاب نقاط مناسب بدست می‌دهد.

بطور کلی دو روش کیفی و کمی در تعیین تابع تفکیک برای انتخاب بهینه زون‌های پتانسیل‌دار از غیر پتانسیل‌دار و بالاخره تعیین نقاط مناسب حفاری وجود دارد.

۱- بر اساس استفاده از نقاط کنترلی شناخته شده (استاندارد) است. این نقاط شامل نقاطی می

شود که قبلاً مورد بررسی قرار گرفته و الگوی اکتشافی آنها موجود هست.

^۱ - Support Vector Machin

^۲ - Discriminant analysis

۲- روش دوم در مواردی به کار می رود که اکتشاف سازندهای حاوی شیل گازی در نواحی ناشناخته صورت می گیرد و نقاط شناخته شده و استاندارد در دسترس نیست. در هر کدام از این دو روش رده بندی زونهای پتانسیل دار و بالاخره تعیین نقاط حفاری از یک طرف با توجه به پارامترهای زمین شناسی محیط و از طرف دیگر با توجه به محدودیت های اقتصادی انتخاب می شوند.

۲-۴- الگوها

تهیه نقشه پتانسیل مطلوب شیل های گازی ابتدا بر اساس روشهای تلفیق برای لایه های زمین شناسی، ژئوشیمیائی، ژئوفیزیکی و غیره تهیه شده که معمولا با جداسازی مناطق پتانسیل دار در مقیاس ناحیه ای اکتشافات مقدماتی فراهم می گردد. سپس با برنامه ریزی عملیات بمنظور کسب داده های خام (تولید بانک اطلاعات) و تجزیه و تحلیل آنها (ارائه الگو) ادامه می یابد. در انتها انتخاب روش بهینه جهت تفکیک سازند پتانسیل دار در مقیاس محلی و تعیین نقاط حفاری از مهمترین بخش طراحی پروژه های اکتشافی هست. بر حسب نوع روش اکتشافی انتخاب شده تعدادی زیادی نقاط حفاری معرفی می شوند که معمولا بدلیل محدودیت مالی و زمانی فقط تعداد معدودی از این نقاط می توانند برای انجام عملیات حفاری انتخاب شوند. لذا انتخاب یک روش کاربردی برای تفکیک سازندهای پتانسیل دار و انتخاب نقاط بهینه حفاری در آنها لازم و ضروری هست. بنابراین ارائه الگو نیازمند دو مرحله اساسی می باشد:

اول تولید بانک اطلاعات، بر حسب داده هائی که جمع آوری شده و دوم، مورد تجزیه و تحلیل قرار دادن آنها (Mithilesh Kumar et al. 2010).

جهت نیل به این هدف می توان به بانک اطلاعات را به پنج گروه مجزا تقسیم نمود. این پنج گروه به لحاظ ساختار و ماهیت با یکدیگر متفاوتند.

- اولین گروه داده های زمین شناسی است که اغلب کیفی می باشند.

- گروه دوم، داده های ژئوفیزیکی و پتروفیزیکی هستند که عمدتاً کمی و قطعیت پذیر (Deterministic) تلقی می شوند.
- گروه سوم، داده های ژئوشیمیائی است که اساساً کمی و احتمال پذیر (stochastic) هستند.
- گروه چهارم داده های مهندسی مخازن (reservoir engineering)، و formation (evaluation)
- گروه پنجم سیستم شکستگیها و درزه ها (fracture modelling and diagnostics) می باشد.

۴-۳- روش های آماری چند متغیره

فرآیندهای زمین شناسی و ژئوشیمیائی بدلیل پیچیدگی تا حدودی ناشناخته بوده و با توجه به قابلیت های آزمایشگاهی فعلی شبیه سازی نمی شوند. از این رو بین الگوهای توزیع مشاهده شده و فرآیندهای ایجاد کننده آنها همواره حلقه های مفقود مشاهده می شود که ممکن است مانع ارائه یک مدل کمی مناسب گردد. بر خلاف داده های ژئوشیمیائی که اساساً عددی هستند، داده های زمین شناسی عموماً توصیفی بوده و بایستی از حالت کیفی به کمی درآیند. این تبدیل با مشکلات زیادی مانند فقدان مشاهدات، ریسک خطا و از دست دادن اطلاعات همراه است. لذا از بین کاربرد برخی تکنیکهای آماری چند متغیره مانند آنالیز فاکتوری^۳، آنالیز خوشه ای^۴ و آنالیز تفریقی^۵ می تواند مفید باشد.

داده های ژئوفیزیکی نسبت به دو نوع داده قبلی (زمین شناسی و ژئوشیمیائی) دارای ساختار بارزتری بوده و مدل های ریاضی اغلب پدیده های ژئوفیزیکی شناخته شده اند و در آزمایشگاه ها به طور عملی و در کامپیوتر به طور نظری، شبیه سازی می شوند. داده های ژئوفیزیکی عموماً ماهیت عددی داشته و به دو دسته اصلی تقسیم می شوند. آنهایی که با اندازه گیریهای ناپیوسته در نقاط تقاطع شبکه بر

³ - factor analysis

⁴ - cluster analysis

⁵ - discriminant analysis

روی زمین برداشت می شوند و یا آنهایی که اندازه گیریهای پیوسته در مسیر پیمایش از طریق برداشتهای هوایی صورت می گیرد. (Kannatey-Asibu and Emel, 1987)

استفاده از روش چند متغیره یکی از روشهای معمول و معتبر در انتخاب مناسب ترین نقاط برای حفاری است. در این روش بجای بررسی جداگانه مقدار هر متغیر در هر یک از نقاط اندازه گیری، تمام متغیرهای اندازه گیری شده در ارتباط با یکدیگر مورد بررسی و ارزیابی قرار می گیرند. بدین ترتیب خصوصیات فضائی متغیرهای مختلف در یک چهارچوب وابسته به یکدیگر تجزیه و تحلیل می گردند و نقاط مناسب با یک روش عینی تر تعیین می شوند.

در هر طرح اکتشافی تشخیص سازندهای اقتصادی بر اساس نتایج حاصل از حفاری آزمایشی یا با موفقیت همراه است (جامعه اول) و یا منجر به شکست آن می گردد (جامعه دوم). تعیین هر یک از دو مورد فوق نیاز به مدلسازی آماری دارند. متغیرهای مستقل می توانند محیط تشکیلات منابع هیدروکربوردار (غیر متعارف) شناخته شده و مورد انتظار را به طور کمی معرفی نمایند. معمولاً پردازش داده ها با تعداد زیادی از متغیرهای زمین شناسی آغاز می گردد. این متغیرها باید با منابع هیدروکربوری مورد انتظار در محیط های زمین شناسی محصور در ناحیه مورد اکتشاف در ارتباط زایشی باشد. سپس روشهای آماری چند متغیره برای تمیز انواع با اهمیت از نوع بی اهمیت، بکار گرفته می شود. بخش اول از طریق متراکم کردن داده ها⁶ یا پردازش داده ها و بخش دوم از طریق انتخاب یک الگوی مناسب⁷ انجام می پذیرد. متراکم کردن یا پردازش داده ها روشی است که برای کاهش تعداد متغیرهای زمین شناسی مستقل (انتخاب شده) به کار می رود. روش آنالیز مولفه اصلی (PCA)⁸ یک روش آماری شناخته شده است که برای داده های ژئوفیزیکی، ژئوشیمیائی و داده های کمی زمین شناسی بکار می رود. این روش هنگامی بخوبی قابل استفاده هست که داده ها دارای همبستگی یا ساختار مناسبی باشند. مولفه اصلی چیزی بیش از بردارهای ویژه یک ماتریس

⁶ - data compression

⁷ - pattern recognition

⁸ - Principal Component Analysis

همبستگی یا ماتریس واریانس-کوواریانس نمی باشند. در بسیاری از روشهای تحلیل فاکتوری، مولفه اصلی را بعنوان نقطه شروع تجزیه و تحلیل بکار می برند. هنگامی که داده ها از خود ساختار ضعیفی نشان می دهند (مانند اغلب اندازه گیریهای زمین شناسی و ژئوشیمیائی) توصیه می گردد که از آنالیز فاکتوری استفاده شود. آنالیز فاکتوری تا حدودی با آنالیز مولفه اصلی تفاوت دارد. هدف از آنالیز فاکتوری، آشکارسازی ساختار بنیادینی است که فرض می شود درون یک مجموعه از مشاهدات چند متغیره وجود دارد. پردازش یا متراکم کردن داده های توصیفی و غیر عددی مربوط به داده های زمین شناسی، مشکل تر است. زیرا یک مرحله کمی سازی (قبل از آنالیز فاکتوری) بایستی روی آنها انجام شود. این مشکل از طریق استخراج مشخصه ها قابل حل هست.

بنابراین در روش اول (انتخاب سازندهای بهینه بر اساس الگوی منابع شناخته شده و استاندارد)، استفاده از روش رگرسیون مرحله ای و بر اساس یک تابع رگرسیون چند جمله ای خطی صورت می گیرد. هدف از این آنالیز، کمی کردن ارتباط پیچیده بین متغیرهای زمین محیطی (متغیر مستقل) و متغیرهای معرف ارزش اقتصادی (متغیر وابسته) است.

۴-۴- رده بندی جامعه داده ها

مدل رده بندی بر اساس متغیرهای مستقل بنا می گردد و سپس بر حسب دو جامعه از نقاط کنترلی (شناخته شده) کالیبره می شود. یک جامعه شامل تمامی نقاط کنترلی است که در آنها ذخایر هیدروکربوردار شناخته شده و معلوم وجود دارد و از این پس تحت عنوان جامعه اول نامبرده می شود. جامعه دوم شامل تمامی نقاط کنترلی است که در آنها ذخایر اقتصادی وجود ندارد که در اینجا تحت عنوان جامعه دوم نامیده می شود. (Kannatey-Asibu and Emel, 1987)

هر روش رده بندی، باید به نحوی باشد که اولاً احتمال خطای رده بندی را به حداقل برساند و ثانیاً مورد حد واسط و بلا تکلیف ایجاد نکند. خطای رده بندی از دو جهت قابل بررسی است. یک حالت هنگامی رخ می دهد که موردی واقعاً جزو جامعه اول می باشد ولی اشتباهاً در جامعه دوم رده بندی

شده است و برعکس، ممکن است موردی اشتباهاً در جامعه اول قرار گیرد در حالیکه به جامعه دوم تعلق دارد.

۴-۴-۱- آنالیز تفریقی (تمایز)

یکی از روشهای رده بندی روش مبتنی بر آنالیز تفریقی^۹ است که قبلاً از آن زیاد استفاده می شد. این آنالیز یک تکنیک چند متغیره آماری است که توابع لازم جهت رده بندی داده ها و تقسیم آنها به جوامع مختلف را بر اساس مقدار متغیرهای اندازه گیری شده، بدست می دهد. این جوامع بر اساس مقدار کلیه متغیرها، تعریف می گردد. در تابع تفریق، پراش هر متغیر مورد توجه قرار می گیرد. در این روش تابعی مانند f_1 برای معرفی جامعه اول (g_1)، بر اساس متغیرهای اندازه گیری شده (x_i) تعریف می گردد:

$$f_1 = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + C_1 \quad (1-4)$$

در این رابطه a_1 ضریب متغیر i ام و C_1 مقدار ثابت تابع است. تابع مشابهی مانند f_2 برای معرفی جامعه (g_2) بصورت زیر تعریف می گردد:

$$f_2 = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + C_2 \quad (2-4)$$

اگر این توابع طوری تعیین شده باشند که بتوانند دو جامعه اول و دوم را به درستی رده بندی کنند، در این صورت یک نمونه منفرد غیر مشخص می تواند با جانشین شدن مقادیر اندازه گیری شده هر نمونه x_i در توابع f_1, f_2 در یکی از دو جامعه g_1 و g_2 قرار گیرد. مقدار تابع برای هر نمونه، امتیاز تفریق آن نامیده می شود و از طریق قراردادن مقادیر اندازه گیری شده مربوط به هر نمونه در تابع تفریق محاسبه می گردد. سپس بر اساس اختلاف میان مقادیر محاسبه شده برای هر نمونه، احتمال تعلق هر نمونه به یکی از دو جامعه g_1 و g_2 بدست می آید. این تکنیک می تواند برای هر تعداد از جوامع و هر تعداد متغیر به کار رود.

⁹ - discriminant analysis

این روش تجزیه و تحلیل آماری وسیله ایست برای سنجش میزان بستگی و ارتباط یک نمونه با یکی از دو جامعه مشخص و معلوم. در این روش لازم است دو جامعه مورد نظر از قبل معلوم باشند و یا حداقل تعریف شده باشند. (حسنی پاک، ۱۳۸۰)

فرض کنید دو جامعه u و v در اختیار داشته باشیم. نمونه جدیدی برداشت می کنیم و می دانیم که این نمونه متعلق به یکی از دو جامعه مورد نظر است ولی نمی دانیم متعلق به کدام یک از آنهاست. بنابراین مقدار k خاصیت از نمونه مورد نظر را اندازه گیری می کنیم و براساس این خصوصیات، در مورد تعلق آن به یکی از دو جامعه مورد نظر تصمیم گیری می کنیم. برای انجام این کار نیاز به تابعی به نام تابع تفریق^{۱۰} یا تمایز می باشد. این تابع در واقع برداری است که در جهت جداسازی بهینه دو جامعه امتداد می یابد و اگر داده های مربوط به دو جامعه را در امتداد تابع تفریق رسم کنیم در حد ممکن از یکدیگر جدا می شوند و موقعیت نمونه های مجهول که تعلق آنها به یکی از دو جامعه نامعلوم است در همین امتداد مشخص خواهد شد. (حسنی پاک، ۱۳۸۰)

تابع تفریق $D(x_1, \dots, x_k)$ که در آن x_1 همان k خاصیت (متغیر) اندازه گیری شده برای نمونه مجهول است و همچنین مقدار D_0 را طوری می توان تعریف کرد که اگر مقدار تابع تمایز به ازای مقادیر خاص x_1 تا x_k موجود در نمونه مورد نظر $D(x_1, \dots, x_k)$ بزرگتر از D_0 باشد آن نمونه متعلق به جامعه u و در حالت برعکس، نمونه متعلق به جامعه v طبقه بندی می شود.

به عنوان مثال فرض کنید در حفر یک گمانه در عمق ۱۲۰ متری سطح بالایی یک ماسه سنگ پرتخلخل قطع می شود. می خواهیم با استفاده از تجزیه و تحلیل تفریقی تصمیم بگیریم که آیا این ماسه سنگ پرتخلخل می تواند متعلق به جامعه ماسه سنگ های تشکیل دهنده سنگ درونگیر کانسار تیپ سرب باشد و روی ماسه سنگی باشد یا خیر؟

در صورت مثبت بودن جواب، حفاری ادامه می یابد و در خیر این صورت متوقف می شود. برای این منظور مغزه ای از ماسه سنگ مورد نظر تهیه می شود و خصوصیات (x_1, x_2, \dots, x_5) آن اندازه گیری

¹⁰ Discriminant Function

می‌شود. این خصوصیات باید طوری انتخاب شود که بتوان براساس آن شباهت و یا اختلاف‌های معنی-دار آن را با ماسه سنگ‌های تشکیل دهنده سنگ درونگیر این تیپ ذخیره برآورد کرد. فرض کنید تابع تمایز را در این مورد به صورت زیر تعریف کنیم: (حسنی پاک، ۱۳۸۰)

$$D(x_1, x_2, \dots, x_5) = 2x_1 - x_2 + 3x_3 - 2x_4 - 0.5x_5 \quad (3-4)$$

و مقدار بحرانی D که همان D_0 است و تمایز براساس آن انجام می‌پذیرد برابر ۲۶ در نظر بگیریم اگر $D \geq D_0$ باشد حفاری باید متوقف شود و در غیر این صورت حفاری ادامه می‌یابد. فرض کنید مقدار هریک از خصوصیات اندازه‌گیری شده در مغز مورد نظر به ترتیب ۳۰، ۱۲۰، ۱۰، ۱۶ و ۲۰۰ باشد. در این صورت داریم:

$$D(30, 120, 10, 16, 200) = 38 \quad (4-4)$$

بنابراین چون $D > D_0$ است، لذا حفاری باید متوقف شود.

سوالی که در اینجا مطرح است این است که چگونه تابع D و مقدار D_0 را می‌توان تعیین کرد. در مثال فوق لازم است ابتدا یک جامعه نمونه با تعداد نمونه $n_1 > k$ از ماسه سنگ‌های تشکیل دهنده سنگ درونگیر این تیپ ذخیره که قبلاً شناخته شده‌اند (جامعه استاندارد) و یک جامعه نمونه با تعداد نمونه $n_2 > k$ از ماسه سنگ‌های نامناسب برداشت گردد. سپس پارامترهای معینی که می‌توانند عامل تفریق و تمایز این دو جامعه از یکدیگر باشند پیش‌بینی شده و مورد اندازه‌گیری قرار گیرند. پس از کسب داده‌ها می‌توان با به کار گیری روش تحلیل تفریقی به تابع تمایز دست یافت.

نکته‌ای که در تجزیه و تحلیل تفریقی (تمایز) لازم است به آن توجه شود این است که بر اساس مطالعات حسنی پاک، (۱۳۸۰) جوامع معلوم (استاندارد) باید توسط کارشناس قبلاً انتخاب شوند. این جوامع باید طوری انتخاب شوند که فاقد حالت‌های حدواسط باشند. در این صورت می‌توان به تابع تفریقی مناسبی دست یافت، و جداسازی را به نحو مطلوب انجام داد. به علاوه متغیرهایی که براساس آنها می‌توان دو جامعه را از یکدیگر جدا کرد از اول مشخص نیستند لذا ابتدا بنا به پیش‌بینی، تعداد

زیادی متغیر مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرند و سپس از طریق تحلیل آماری چندمتغیره متغیرهای مؤثر در تابع تفریق انتخاب شده و در آن وارد می‌شوند.

۴-۴-۲- بحث تئوری

فرض کنید می‌دانیم نمونه‌ای متعلق به یکی از دو جامعه شناخته شده با بردار میانگین $[\mu_1]$ و $[\mu_2]$ و ماتریس کوواریانس $[\Sigma]$ است. به منظور تعریف یک تابع تمایز، از ترکیب خطی متغیرها برای ایجاد متغیری با توزیع نرمال تک متغیره استفاده می‌کنیم. (حسنی پاک، ۱۳۸۰)

در اینجا لازم است که این تابع در امتداد بیشترین تمایز بین مقادیر دو جامعه محاسبه شود. لازم به یادآوری است که برداری که میانگین متغیرهای موجود در هر یک از دو جامعه را به هم وصل می‌کند، ضرورتاً بر جهت تابع تفریق منطبق نمی‌باشد.

در اینجا چند سؤال پیش می‌آید که عبارتند از:

۱- آیا میانگین دو جامعه معلوم اختلاف معنی‌داری دارند یا خیر؟ بدیهی است که اگر این اختلاف معنی‌دار باشد.

۲- آیا می‌توان بعضی از متغیرها را حذف کرد ولی باز هم قادر به تمایز دو جامعه بود؟ پاسخ به این سوال ارزش اقتصادی دارد زیرا می‌توان با کاهش تعداد متغیرهای لازم برای تمایز به کاهش تعداد اندازه‌گیری‌ها در حد کافی دست یافت و از این رهگذر هزینه را بهینه کرد.

۳- چگونه می‌توان کارایی توابع تمایز ممکن برای هر مورد را ارزیابی و قوی‌ترین آن را انتخاب نمود. (حسنی پاک، ۱۳۸۰)

۴-۴-۳- محاسبه ساده تابع تفکیک (تمایز)

با توجه به اینکه ذخایر هیدروکربن دار نوع غیر متعارف (شیل گازی و ...) از نظر منشاء سن ژنتیک بوده (بر خلاف نوع متعارف نفت و گازدار)، لذا روش طیف ژئوشیمیایی عناصر (Beus and Grigorian, 1977) برای تعیین و محاسبه تابع تفریق یا تابع تمایز جهت تفکیک میادین متفاوت از

لحاظ ژئوشیمی یا سازندهای مشابه نوع پتانسیل دار از نوع غیر پتانسیل دار پیشنهاد می گردد. اولین بار سولووف و گارنن (۱۹۶۸) روش طیف ژئوشیمیایی برای مقایسه دو میدان ژئوشیمیایی مشابه با ماهیت متفاوت اقتصادی توسط نمودارهای ساده گرافیکی ارائه کردند. نتایج بررسی این دو محقق روسی نشان می دهد که محاسبه تابع تفریق به کمک روشهای ریاضی معمولاً در ارائه مدلهای زمین شناسی فراگیر نبوده لذا معتقدند که تابع تفریق معمولاً باید ساده باشد. بنابر این اگر دو میدان یا سازند همگن یا مشابه (I, II) داشته باشیم که توسط یکی از ساده ترین توابع تفریق با دو متغیر C_1, C_2 ، تابع خطی زیر می باشد.

$$v = \frac{(C_1)_I}{(C_1)_{II}} \quad (5-4)$$

این تابع خطی در میدانهای ژئوشیمیایی، شاخص تفکیک نامیده می شود که بصورت نمودار دوبعدی بین دو متغیر مذکور می تواند برای هر نمونه مجهول با شرایط زیر تعلق به جامعه II را نشان میدهد

$$v = \frac{(C_1)_I}{(C_1)_{II}} p \quad (6-4)$$

و در صورت

$$v = \frac{(C_1)_I}{(C_1)_{II}} f \quad (7-4)$$

تعلق نمونه را به جامعه I را مشخص می کند. بنابر این تفکیک دو جامعه I و II با تابع تفریق خطی در نمودار دوبعدی به سادگی امکان پذیر هست در حالیکه در نمودار یک بعد تفکیک دو جامعه فوق با دو الی چند متغیر امکان پذیر نیست. توسعه این روش گرافیکی در دو جامعه مشابه و هر کدام با چند متغیر بنام روش طیف ژئوشیمیایی معروف شده است. شاخص تفکیک v پارامتریست که برای هر جامعه بطور مجزا محاسبه شده و اگر نسبت $v_I / v_{II} f 1.0$ باشد مشخص کننده اختلاف در ترکیب شیمیایی بین این دو جامعه مشابه خواهد بود. (بئوس و گریگوریان ۱۳۷۵)

۴-۵- روش گرافیکی محاسبه تابع تفکیک

به هدف مقایسه دو جامعه مشابه و جهت استخراج تابع تفکیک بین دو جامعه نمونه برداری شده استاندارد (معلوم) و جامعه نمونه برداری شده هدف (مجهول) از روش گرافیکی سالووف و گارنیر استفاده می کنیم. نمودار طیف ژئوشیمیائی جامعه استاندارد با چندین متغیر (در محور طولی) را ابتدا از مقادیر صعودی به نزولی رسم می کنیم و سپس نمودار طیف ژئوشیمیائی متغیر های جامعه مشابه را نسبت به منحنی استاندارد ترسیم می کنیم. اگر نمودارها بطور کامل منطبق شوند، در آنصورت این دو جامعه از نظر ترکیب شیمیائی یکسان یا پتانسیل مشابه هستند، حتی اگر مقادیر مطلق هر یک از متغیرها تفاوتی قابل توجه را نشان دهند. بطور کلی تفاوت میان دو جامعه را به سه گروه تقسیم می کنیم. گروه اول (۱) متغیرهای شاخص که در منحنی هدف، از استاندارد بیشتر هستند. در برهم نهی نمودارها، نمودارهای متغیرهای این گروه در بالای نمودار استاندارد قرار خواهد گرفت. (۲) گروه دوم شامل متغیرهای خنثی هست که نمودارشان بر نمودار استاندارد منطبق است. (۳) گروه سوم متغیرهای را در بر می گیرد که مقدار آنها در منحنی هدف نسبت به مقدارشان در منحنی استاندارد، کمتر است. منحنی تغییرات این متغیرها به زیر نمودار استاندارد تغییر مکان می یابند. هر کدام از این گروهها ممکن است یک اندیس ضربی (M_1, M_2, M_3) که مشخص کننده نوع طیف ژئوشیمیائی معینی است، توصیف شود. شاخص تفکیک معمولاً از نسبت بین متغیر های ضربی M_1 گروه اول بر متغیرهای ضربی گروه سوم M_3 حاصل می شوند. از گروه دوم کمتر استفاده می شود. متغیرهای این شاخص در صورت و مخرج از بین دو جامعه به تعداد مساوی انتخاب می شوند. مقدار این شاخص بین دو جامعه هدف و استاندارد معمولاً بیشترین اختلاف را دارد. بعنوان نمونه در دو میدان ژئوشیمیائی ذخایر پلی متال بین دو معدن متفاوت شاخص تفکیک ذیل حاصل شده است :

$$v = \frac{BAsCdAgBi}{Pb.Pb.PbZnZn} \quad (۴-۸)$$

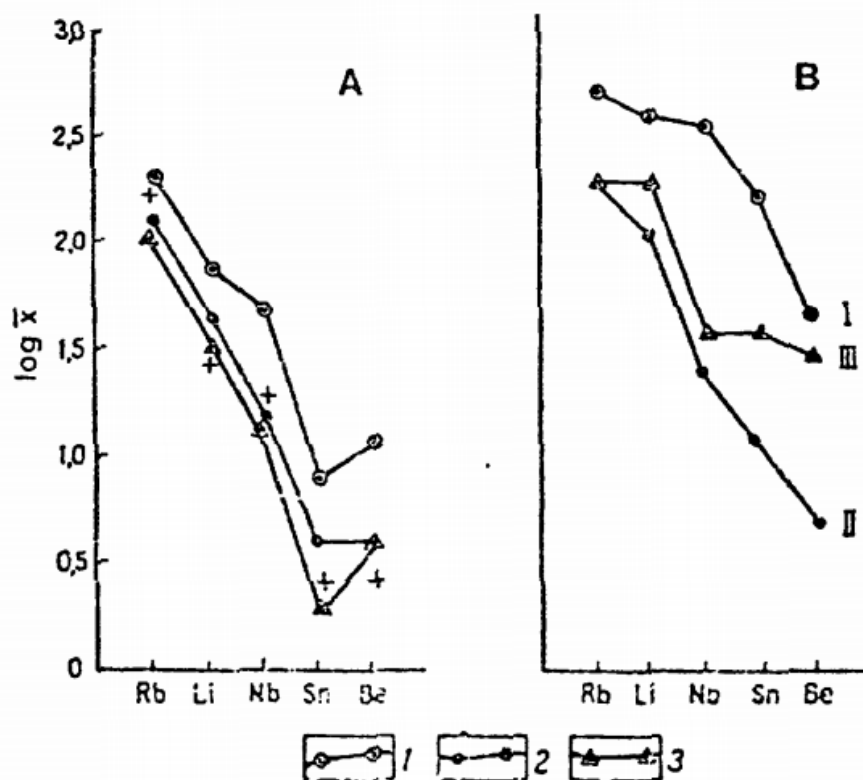
مقدار شاخص در یکی $\nu = 1.7 \times 10^{-9}$ و در دیگری $\nu = 1.7 \times 10^{-14}$ محاسبه شده است. که اختلافی معادل ۲۶۰۰۰ برابر را نشان می‌دهند.

۴-۵-۱- مثالی از روش گرافیکی محاسبه تابع تفکیک

سولووف و گارائین (۱۹۶۸) پیشنهاد کردند که نسبت حاصلضرب های گروه هایی از عناصر با پویایی متفاوت در توده ها، با یکدیگر مقایسه شود. به منظور شناسایی این گروه ها، لگاریتم مقدار عناصر شاخص در ناهنجاری هایی که به عنوان استاندارد در نظر گرفته می شود، در یک دیاگرام با فاصله های مساوی رسم می گردد.

نمودارهای طیف ژئوشیمیایی (نشان داده شده در شکل ۴-۱) ناهنجاری های مقایسه شده، به روشی یکسان، با استفاده از همان ترتیبی که عناصر شاخص در طیف ژئوشیمیایی ناهنجاری استاندارد (معلوم) دارند، رسم شده اند. نمودار استاندارد بر روی نمودار مورد نظر قرار می گیرد (منحنی هدف^{۱۱}) و نقاط نشاندهنده ی اولین عنصر شاخص سری استاندارد، برهم نهاده می شوند. اگر نمودارها به طور کامل منطبق شوند، در آن صورت ناهنجاری های مقایسه شده، ممکن است از دیدگاه ژئوشیمیایی یکسان به حساب آیند، حتی اگر مقادیر مطلق عیار عناصر شاخص تفاوت های شایان توجهی را نشان دهد، اگر تفاوت های ژئوشیمیایی میان ناهنجاری های مقایسه شده آشکار شود در آن صورت عناصر شاخص به سه گروه تقسیم می شوند. گروه اول (c) آن عناصر شاخصی را در بر می گیرد که تمرکزشان در ناهنجاری منظور (هدف)، از استاندارد بیشتر است. در بر نهادن نمودارها، نمودارهای عناصر این گروه در بالای نمودار استاندارد قرار خواهد گرفت. گروه دوم (n) شامل عناصر «خنثی» است که نمودارشان بر نمودار استاندارد منطبق است. گروه سوم (d) عناصری را در بر می گیرد که مقدارشان در ناهنجاری هدف نسبت به مقدارشان در ناهنجاری استاندارد، کمتر است. منحنی تغییرات این عناصر به زیر نمودار استاندارد تغییر مکان می یابد. (بئوس و گریگوریان ۱۳۷۵)

¹¹ Target Curve



شکل ۱-۴- نمودارهای طیف های ژئوشیمیایی مشخص کننده توزیع عناصر شاخص در کانسارهای فلزات کمیاب با ترکیبات کانسنگی همانند (برپایه مثالهایی از آنسوی بایکال شرقی) A-زمینه ژئوشیمیایی، B-هاله های پراکندگی در خاک، ۱ تا ۳ خاکها (۱-نواحی سرد باتلاقی جنگلی کوهستانی، ۲-جلگه جنگلی، ۳-جلگه)، I و II آپلوگرانیت های فلزآب کمیاب III پگماتیت های فلزات کمیاب. (بئوس و گریگوریان ۱۳۷۵)

هرکدام از این گروه‌ها ممکن است بوسیله یک اندیس ضربی (Md, Mn, Mc) که مشخص کننده نوع طیف ژئوشیمیایی معینی است، توصیف شود. اندیس ضربی (چندبارگی)، حاصلضرب لگاریتم مقدار میانگین عناصر این گروه و یا ضریب تمرکزشان نسبت به زمینه ژئوشیمیایی است. اندیس ژئوشیمیایی، Cm ، معیار بهتری است و عبارتست از خارج قسمت اندیس ضربی Mc گروه اول عناصر شاخص، بر اندیس Md ، که مشخص کننده ی عناصری است که در ناهنجاری هدف، به مقدار کم موجودند.

به منظور نرمالیزه کردن اندیس ژئوشیمیایی Cm، بایستی تعداد عناصر گروه اول و سوم با بالا بردن یکی از اعضای کوچکترین گروه به درجه مربوطه، یا با وارد کردن عناصر خنثی گروه دوم به داخل آن، به تساوی رسانده شوند.

طیف ژئوشیمیایی جمعیت زمینه، ممکن است به عنوان استاندارد نیز بکار رود و امکان دارد همه‌ی ناهنجاری‌هایی که در ناحیه کشف شده است با توجه به زمینه ژئوشیمیایی، طبقه بندی شوند.

در مورد هاله های پراکندگی دومین در نهشته های فلزات کمیاب در آنسوی بایکال شرقی، از ضریب Cm استفاده شده است (شکل ۴-۱). این اندیس نسبت عناصر شاخص پویا (به صورت محلول) (Li و Rb) به عناصر شاخص غیرپویا (Nb، Sn و Be) را که اکثر آنها به طور مکانیکی در هاله انباشته می-شوند، بیان می کند. شکل ۴-۱، منحنی هایی را نشان می دهد که طیف های ژئوشیمیایی عناصر شاخص در کانسارهای فلزات کمیاب در آنسوی بایکال شرقی را مشخص می کنند.

سولووف و گارائین (۱۹۶۸) مثالی از یک ضریب ژئوشیمیایی (همانند Cm) ارائه داده اند که برای تعیین تفاوت های میان هاله های دومین همانند، در کانسارهای چندفلزی در ترانسیلی آلاتو^{۱۲}، به کار رفته است:

$$V = \frac{As.Ag.Bi.Cd.B}{Zn.Pb^4} \quad (۹-۴)$$

برای طبقه بندی بهتر هاله های پراکندگی اگزوزنیک همانند، این نویسندگان پیشنهاد استفاده از یک تابع متمایز کننده ی خطی را نمودند. این تابع این امکان را فراهم می نماید که همه ویژگی های آماری (برآورد مقادیر میانگین پراکندگی ها، و پراش در مقادیر عنصر شاخص) بطور همزمان، به حساب آورده شوند. تابع خطی متمایز کننده، به کمک کامپیوتر محاسبه می شود. از این رو، استفاده از آن تنها در مواقعی توصیه می شود که این موضوعات با روش های ساده تر قابل تمیز نباشد. (بئوس و گریگوریان ۱۳۷۵)

¹² Transili Alatou

انتخاب بهینه تشکیلات پتانسیل دار بر اساس الگوی آنالیز تمایز

فصل پنجم: انتخاب بهینه تشکیلات پتانسیل دار بر اساس الگوی آنالیز تمایز

۵-۱- مقدمه

چنانچه در فصل قبل بیان شد، روش به کار رفته بر روی داده ها، آنالیز تمایز است. این روش بر پایه‌ی فرمول های ریاضی استوار است و از پیچیدگی خاصی برخوردار می باشد. از این رو یافتن راهی که حصول نتیجه را آسان تر بگرداند، نیاز به پیچیدگی های روش قبل را نیز نداشته باشد، باعث شد تا از روش ساده شده و بسیار کارآمد محاسبه گرافیکی تابع تفکیک استفاده شود. پایه و اساس این روش توسط سولووف و گارانین در سال ۱۹۶۸ معرفی شده است.

از طرفی از دیدگاه ژئوشیمی لایه هایی را می توان به عنوان شیل گازی در نظر داشت که دارای مشخصات زیر باشند:

- ۱- دارای TOC بزرگتر از ۲ درصد وزنی را به عنوان شیل گازی در نظر می گیرند.
 - ۲- از نظر پختگی و بلوغ حرارتی وارد پنجره گاززایی شده باشند و انعکاس ویتتریناتی بزرگتر از ۱/۳٪ را تجربه کرده باشند. این مقدار انعکاس ویتترینایت معادل Tmax بزرگتر از ۴۷۵ درجه سانتیگراد می باشد.
 - ۳- مقدار پارامتر TR^1 در این لایه ها بین ۸۰ تا ۸۵ درصد باشد.
- با توجه به معیارهای فوق به بررسی لایه ها و سازنده های محتمل از دیدگاه شیل های گازی در حوضه‌ی رسوبی لرستان پرداخته شده است.
- لازم به ذکر است، فقط این موارد نیستند که تأثیر گذارند. پارامترهایی مانند نوع و مقدار کانی های رسی (بهترین کانی رسی که در شیل های گاز می تواند وجود داشته باشد مونت مورینیت است) مقدار رطوبت سنگ و مقدار گاز جذب شده در ماده آلی و کانی های رسی نیز اهمیت دارد.

¹ - Transformation Ratio

۵-۲- انتخاب سازندهای شاخص قوی و ضعیف

چنانچه در توضیح روش آنالیز تمایز ذکر گردید، در این روش می بایست از بهترین جامعه و ضعیف ترین جامعه‌ی داده جهت بدست آوردن پارامتر تفکیک (تمایز) استفاده نمود. با توجه به بررسی های صورت گرفته، بیان شد که میزان کربن آلی کل از اهمیت ویژه ای در شیل های گازی برخوردار است. لذا نمونه های با درصد TOC پایین، پارامتر اصلی را در این نوع مخازن دارا نیستند. همچنین میزان بلوغ مواد آلی نیز بسیار مهم است که توسط دو پارامتر Tmax و Ro تعیین می گردد. لذا در ادامه جهت یافتن جامعه بد و خوب، این پارامترها در سازندهای شیلی منطقه مورد بررسی قرار گرفت.

۵-۲-۱- پابده

در این سازند تعداد ۲۵ چاه در منطقه حفر شده است و ۱۹۵ نمونه برداشت شده و توسط دستگاه راک-ایول مورد آنالیز قرار گرفته است. از این تعداد، ۶۰ نمونه (۳۰/۷۷ درصد نمونه‌ها) دارای TOC بالای ۲٪ بوده اند که میانگین آنها ۳/۰۹٪ است. همچنین مقدار متوسط کربن آلی کل در تمام نمونه‌ها ۱/۶۸٪ است. (شکل ۵-۱)

از این ۱۹۵ نمونه، ۲۳ نمونه براساس میزان Tmax در اوایل بلوغ و ۸ نمونه بلوغ بالاتراز این دارند. این تعداد ۱۵/۹ درصد از کل نمونه هاست (شکل ۵-۵). از این ۲۵ چاه، میانگین انعکاس ویترونیات هرچاه در دسترس است که از این ۲۵ نمونه، تنها یک چاه مقدار بالای ۰/۵٪ را دارد و مقدار میانگین Ro در کل ۰/۴۳٪ است. (شکل ۵-۹)

همچنین براساس مقادیر HI، کروژن غالب در این سازند، از نوع III و بعد از آن II و تلفیق این دو است که نشان دهنده پتانسیل گاززایی این سازند می باشد. (شکل ۵-۱۳)

۵-۲-۲- کژدمی

سازند کژدمی در ۱۵ چاه در منطقه لرستان و دزفول شمالی حفاری شده است و مجموع ۹۳ نمونه از این سازند برداشته شده است. مقدار TOC میانگین این سازند ۲/۶۵٪ است که ۵۸ نمونه آن مقدار بالای ۲٪ است (شکل ۲-۵). مقدار Tmax متوسط سازند کژدمی ۴۳۵/۹۸ درجه سانتیگراد می باشد و از این ۹۳ نمونه، ۵۳ نمونه‌ی آن بالای ۴۳۵ هستند که میانگین آنها نیز ۴۳۹/۱۷ درجه سانتیگراد می باشد. این میزان نشان دهنده میزان بلوغ ضعیف این سازند است. (شکل ۵-۶)

در این ۱۵ چاه، میانگین انعکاس ویتروینایت سازند کژدمی ۰/۶۵٪ است و نمونه ها بین ۰/۵۱۸٪ تا ۰/۸۸۲٪ هستند (شکل ۵-۱۰). با توجه به مقادیر اندیس هیدروژن، ۸۷ درصد نمونه‌های این سازند در بازه ۵۰ تا ۶۰۰ میلی گرم ماده آلی به گرم TOC وجود دارند (شکل ۵-۱۴).

۵-۲-۳- گرو

تعداد ۱۵ چاه از چاه‌های منطقه مورد مطالعه، سازند گرو را حفاری کرده‌اند و اطلاعات آنها در دسترس وجود دارد. در این ۱۵ چاه ۱۲۲ نمونه گرفته شده است و مورد آنالیز راک ایول قرار گرفته اند.

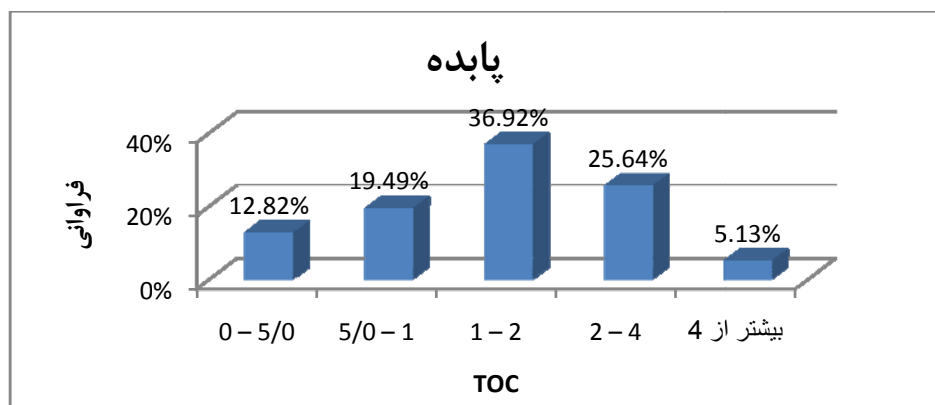
مقادیر کربن آلی کل این ۱۲۲ نمونه، بین ۰/۱۷٪ تا ۱۰/۸٪ وجود دارند و مقدار میانگین آن ۱/۷۸٪ است. از ۱۲۲ نمونه، تعداد ۳۳ نمونه مقدار بالای ۲٪ را دارا هستند که مقدار متوسط آنها ۳/۸۸٪ می باشد. (شکل ۵-۳)

سازند گرو همچنین از لحاظ بلوغ در سطح بالایی قرار دارد. نشان دهنده این حرف این است که ۱۱۴ نمونه یعنی ۹۳ درصد از نمونه ها مقدار Tmax بالای ۴۳۵ درجه سانتیگراد با میانگین ۴۴۷/۴۴°C را دارند (شکل ۵-۷). همچنین ۱۵ نمونه انعکاس ویتروینایت میانگین چاه های منطقه در دسترس است که ۵ نمونه از آنها مقدار بالای ۱/۰٪ دارند و متوسط کل آنها ۰/۹۴٪ است. (شکل ۵-۱۱)

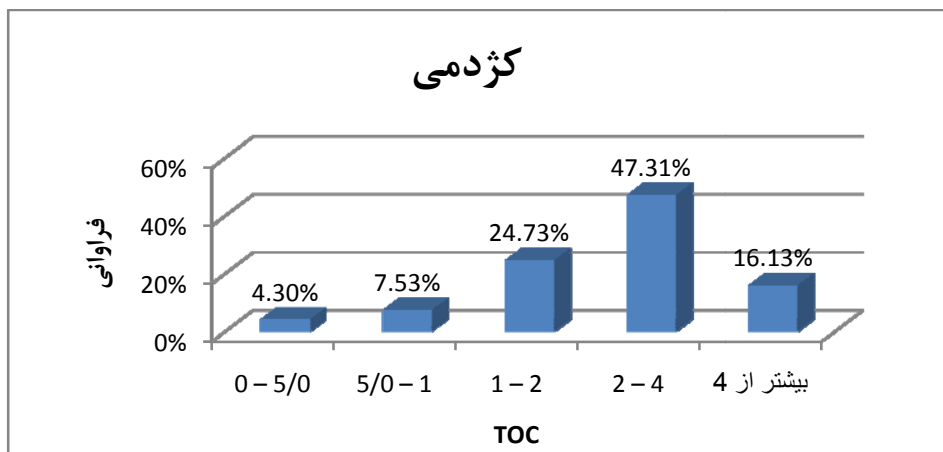
با توجه به مقادیر اندیس هیدروژن سازند گرو، تصور بر این است که کروژن غالب آن از نوع III و IV است چون نزدیک ۸۲ درصد نمونه ها HI کمتر از ۲۰۰ میلی گرم ماده آلی به گرم TOC را دارا هستند. اما در اینجا باید به یک نکته توجه کرد که با توجه به TOC بالا و همچنین بلوغ حرارتی بالا، کاهش HI به دلیل تولید هیدروکربور بوده است. چون در پروسه تولید هیدروکربور هیدروژن کاهش می یابد. (شکل ۵-۱۵)

۵-۲-۴- سرگلو

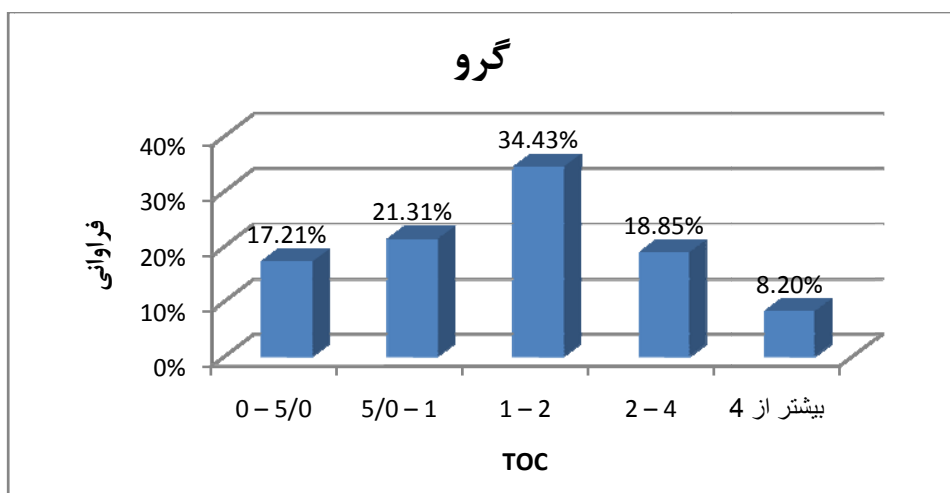
از این سازند در این مطالعه نمونه زیادی در دسترس نیست. سازند سرگلو در ۵ چاه منطقه حفاری شده و ۲۴ نمونه از آن برداشت شده است و بعد از آنالیز راک-یول نتایج زیر حاصل شده است. میانگین TOC نمونه ها ۱/۳۵٪ است و ۷ نمونه از کل نمونه ها کربن آلی کل بالای ۲٪ با میانگین ۲/۴۹ را دارد (شکل ۴-۵). میانگین Tmax آنها ۴۱۱/۸۷ درجه سانتیگراد اندازه گیری شده که از این بین، ۱۶ نمونه از دمای بالای ۴۳۵ درجه با میانگین ۴۵۱ درجه سانتیگراد برخوردار هستند. بلوغ این سازند نسبتاً بالا اندازه گیری شده است. از سوی دیگر از ۵ چاه مورد بررسی انعکاس ویتروینایت گرفته شد که میانگین آن ۱/۴۲٪ بوده است (شکل ۵-۸ و ۵-۱۲). از نظر مقادیر اندیس هیدروژن این سازند تا حدودی شبیه سازند گرو می باشد، یعنی مقادیر اندازه گیری شده غالباً زیر ۲۰۰ هستند. (شکل ۵-۱۶) در زیر نمودار این پارامترها آورده شده است.



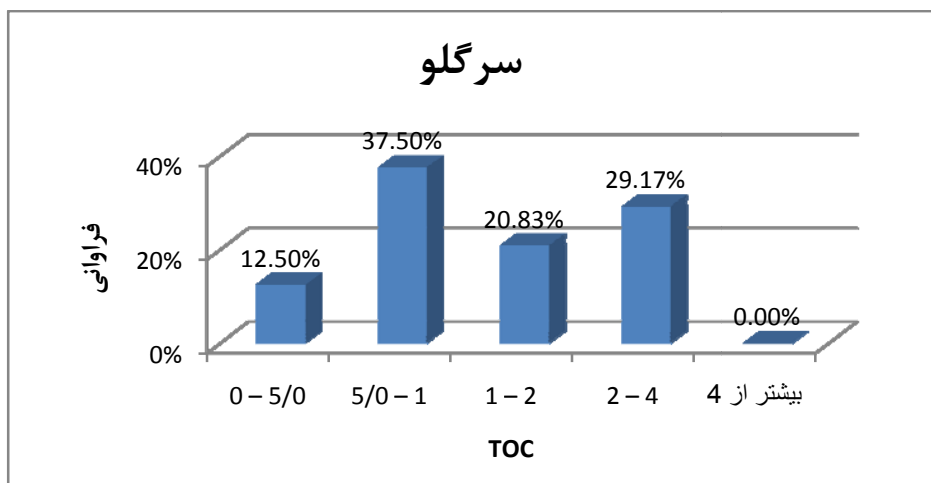
شکل ۵-۱- فراوانی مقدار TOC سازند پابده



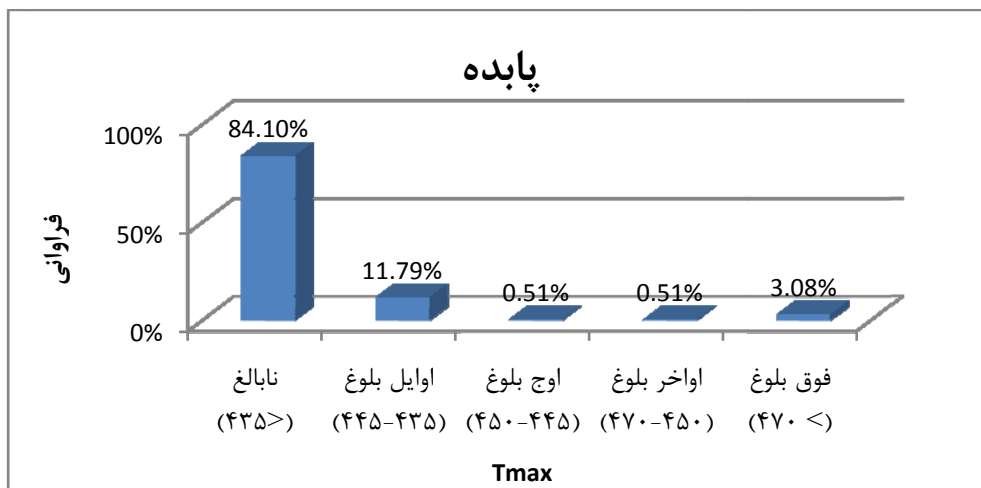
شکل ۲-۵- فراوانی مقدار TOC سازند کژدمی



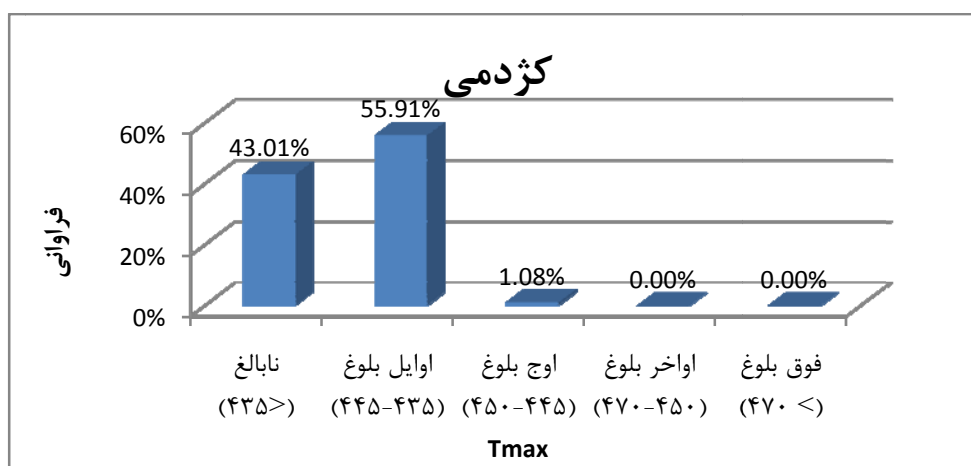
شکل ۳-۵- فراوانی مقدار TOC سازند گرو



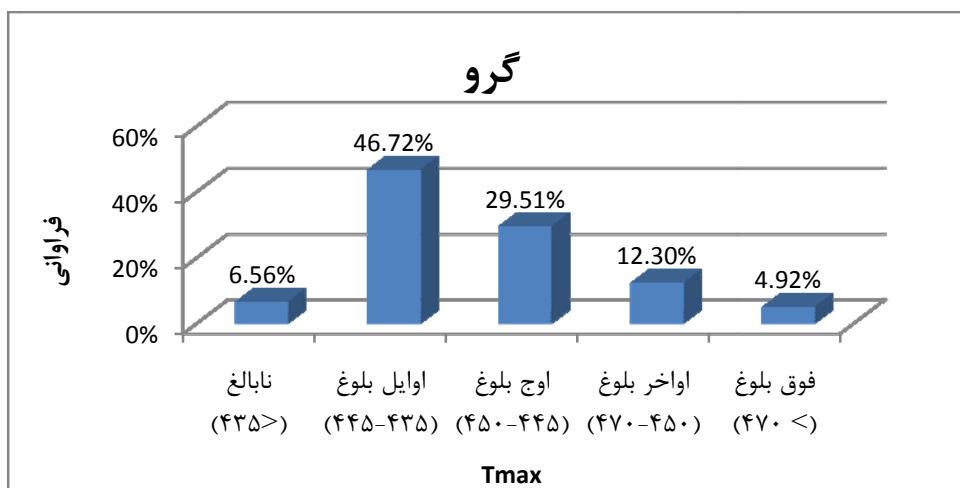
شکل ۴-۵- فراوانی مقدار TOC سازند سرگلو



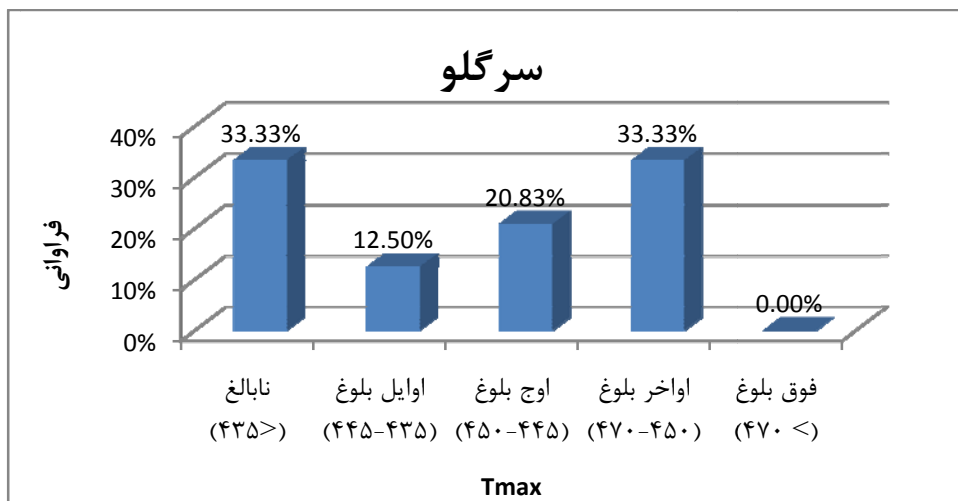
شکل ۵-۵- فراوانی نمونه‌های سازند پابده بر اساس میزان بلوغ



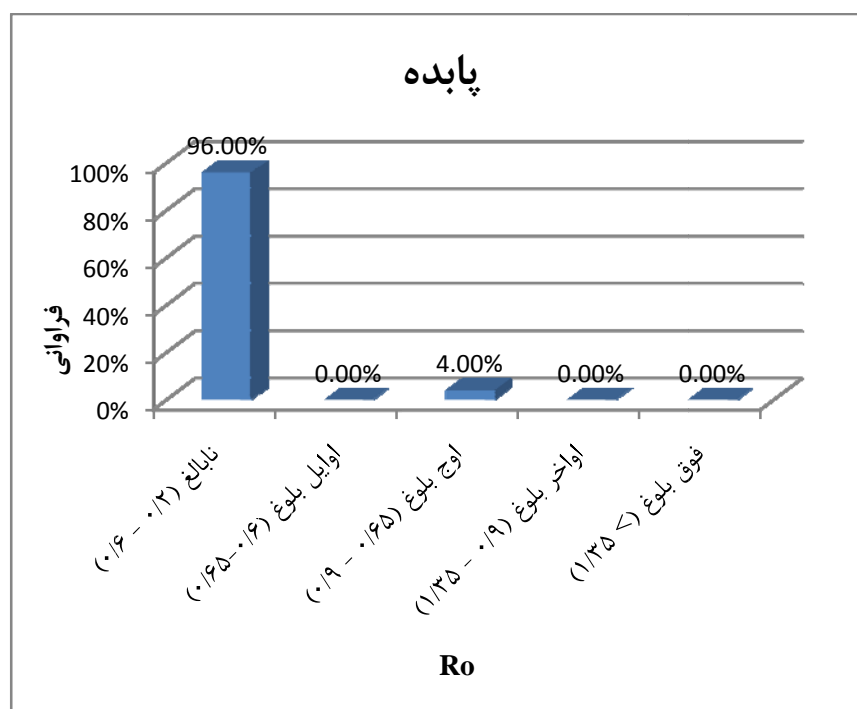
شکل ۶-۵- فراوانی نمونه‌های سازند کژدمی بر اساس میزان بلوغ



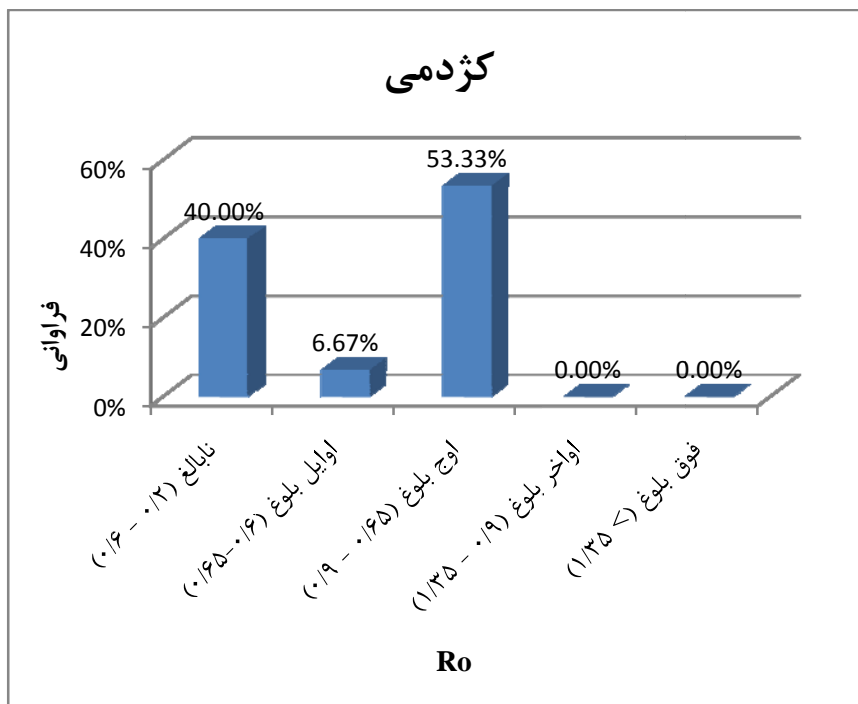
شکل ۷-۵- فراوانی نمونه‌های سازند گرو بر اساس میزان بلوغ



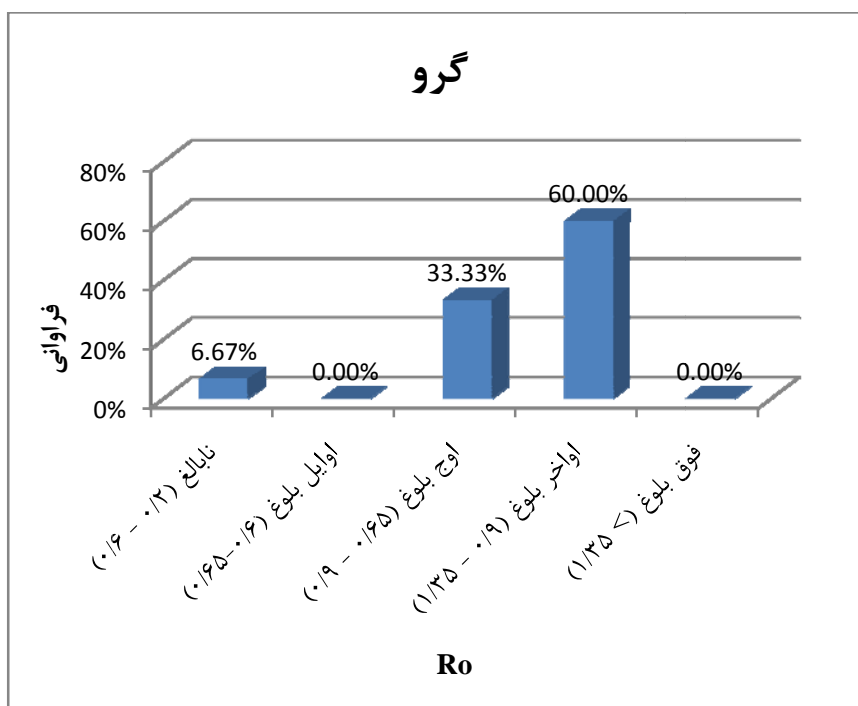
شکل ۵-۸- فراوانی نمونه‌های سازند سرگلو بر اساس میزان بلوغ



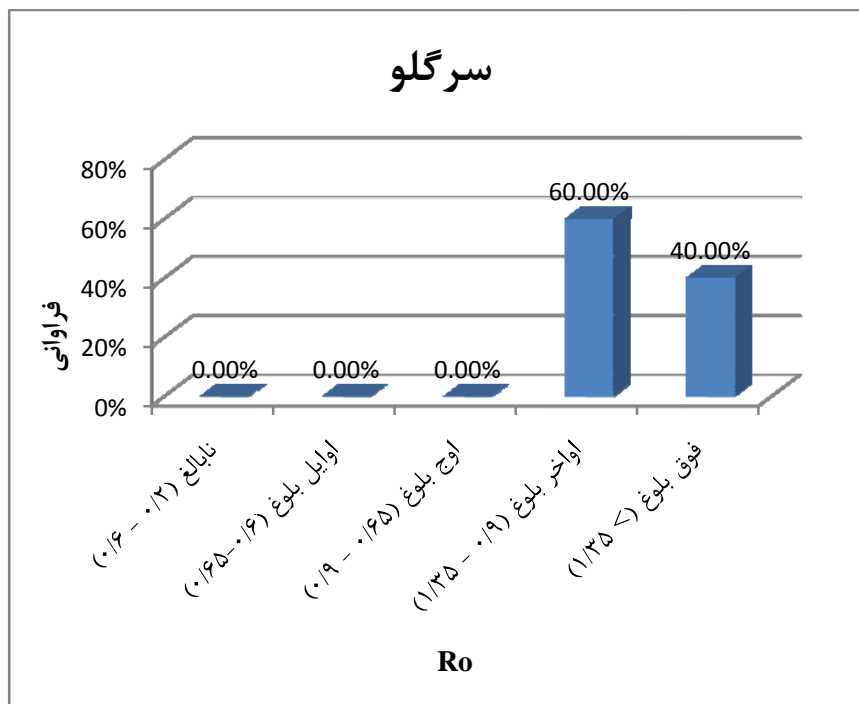
شکل ۵-۹- توزیع میزان بلوغ نمونه‌های سازند پابده بر اساس %Ro



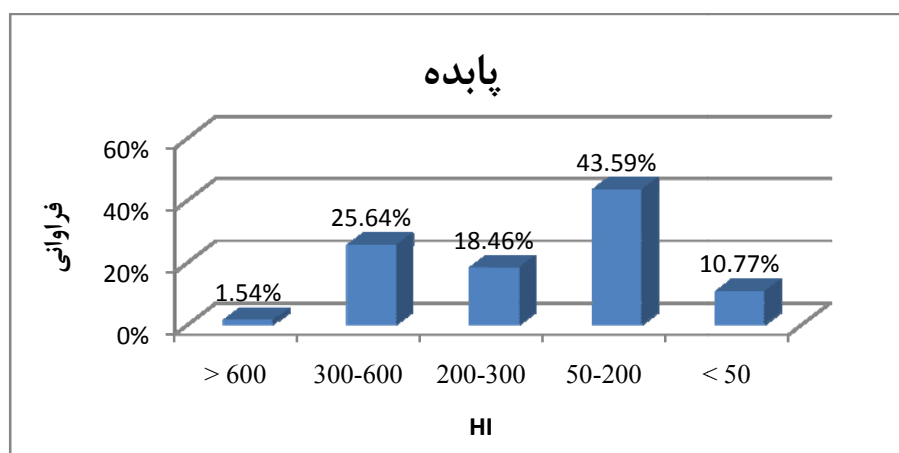
شکل ۵-۱۰- توزیع میزان بلوغ نمونه‌های سازند کژدمی بر اساس %Ro



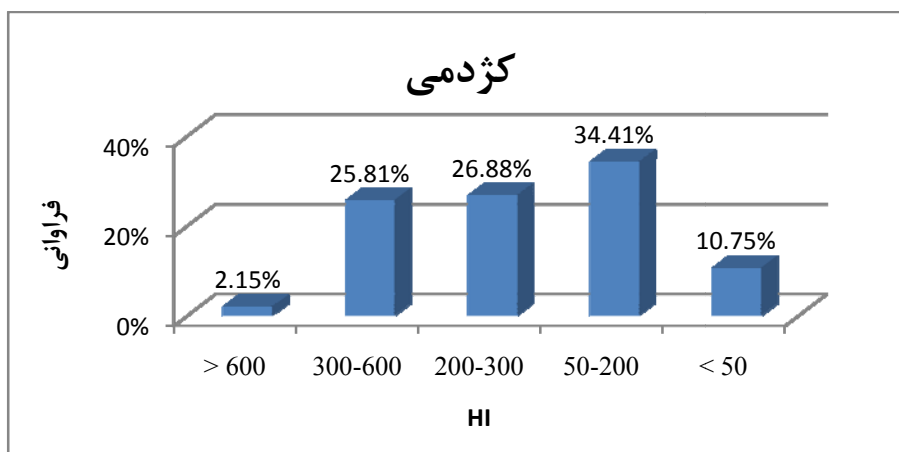
شکل ۵-۱۱- توزیع میزان بلوغ نمونه‌های سازند گرو بر اساس %Ro



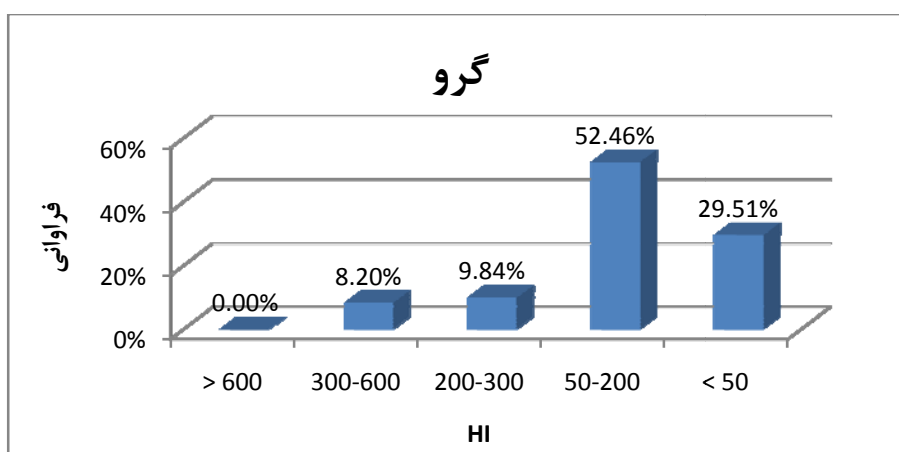
شکل ۵-۱۲- توزیع میزان بلوغ نمونه‌های سازند سرگلو بر اساس %Ro



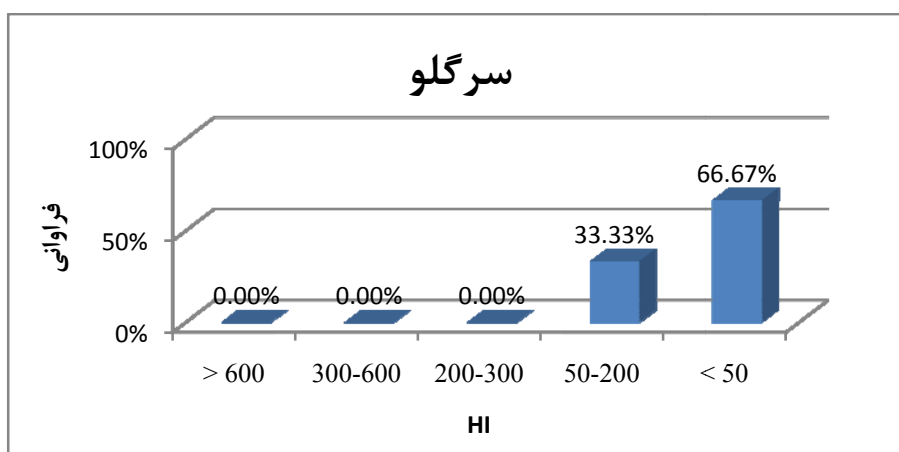
شکل ۵-۱۳- توزیع نمونه‌های سازند پابده بر اساس میزان HI



شکل ۵-۱۴- توزیع نمونه‌های سازند کژدمی بر اساس میزان HI



شکل ۵-۱۵- توزیع نمونه‌های سازند گرو بر اساس میزان HI



شکل ۵-۱۶- توزیع نمونه‌های سازند سرگلو بر اساس میزان HI

بر اساس مطالب عنوان شده و همچنین نمودارهای نشان داده شده، جامعه خوب را سازند گرو و جامعه بد سازند پابده انتخاب گردید.

در جدول ۵-۱ میانگین پارامترهای ژئوشیمیایی این دو سازند ذکر شده اند.

جدول ۵-۱- میانگین پارامترهای ژئوشیمیایی پابده و گرو

گرو	پابده	
446.06	428.17	Tmax
107.59	211	HI
33.64	54.31	OI
2.53	5.03	PP
1.70	1.64	TOC
1.39	3.84	S2
1.02	1.19	S1
0.94	0.427	Ro
0.84	2.34	MI
0.46	0.28	PI

از آنجا که از این پس این پارامترها و ماهیت آنها به دفعات مورد استفاده قرار می‌گیرند، معرفی ساده آنها الزامی است: (Tissot and welte, 1984)

T_{max}: دمایی که در آن مولکول‌های کروژن شکسته می‌شوند. برحسب درجه سانتیگراد است.

S1: مقدار هیدروکربور آزاد موجود در نمونه و بر حسب میلی‌گرم هیدروکربور بر هر گرم سنگ است.

S2: نشان دهنده توان تولید موجود در سنگ است. (بر حسب میلی‌گرم هیدروکربور بر هر گرم سنگ)

TOC: میزان غنی بودن سنگ از نظر مواد آلی است. (بر حسب میلی‌گرم کربن آلی کل بر گرم سنگ)

OI: برای تعیین نوع کروژن است. (واحد آن میلی‌گرم کربن‌دی‌اکسید بر حسب کربن آلی کل)

HI: برای تعیین نوع کروژن است. (واحد آن میلی‌گرم هیدروکربور بر حسب کربن آلی کل)

PI: اندیس تولید به نسبت هیدروکربور موجود (S1) به کل هیدروکربور (S1+S2) اطلاق می‌شود.

PP: ضریب توان تولید هیدروکربور (ژنتیکی) که به صورت S1+S2 تعریف می‌شود.

MI: نسبت S1/TOC است و اندیس مهاجرت نامیده می‌شود.

Ro: میانگین انعکاس عددی و پترینایت که نشان‌دهنده میزان بلوغ ماده آلی است.

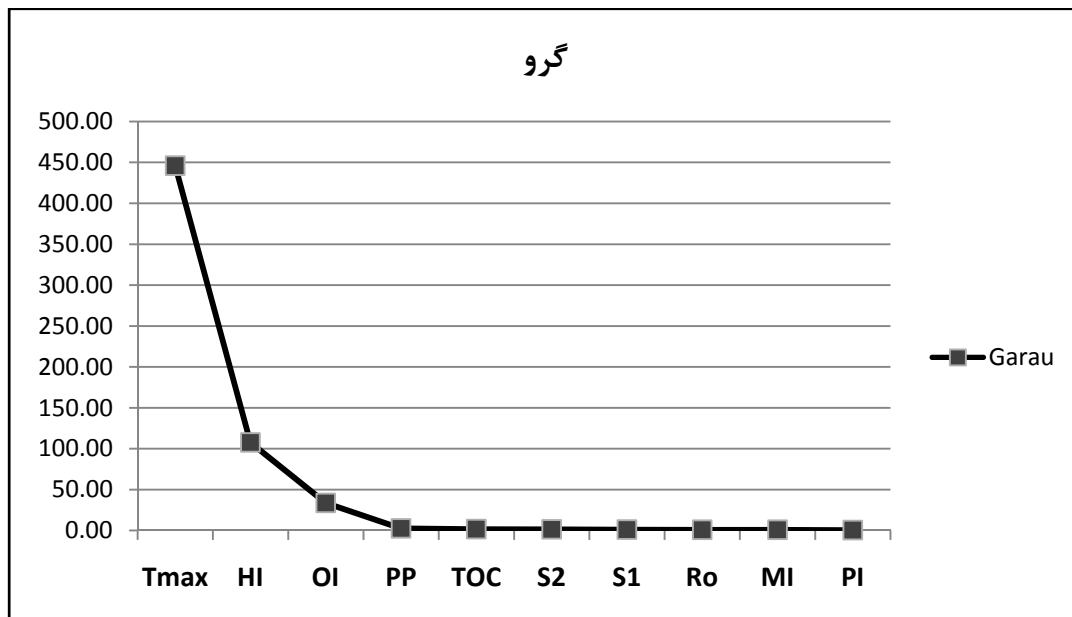
۵-۳- محاسبه پارامتر تمایز

پارامتر تمایز می بایست تفکیک کننده دو جامعه از یکدیگر باشد. بنابراین یافتن پارامتری که بیشترین اختلاف را بین دو جامعه خوب و بد ایجاد کند، هدف این بخش است.

در اینجا از روش ساده گرافیکی تفکیک جهت نیل به بهترین پارامتر استفاده می گردد. از آنجا که در این روش از آنالیز خطی استفاده می گردد، بنابراین می توان به شکل زیر آن را بیان کرد:

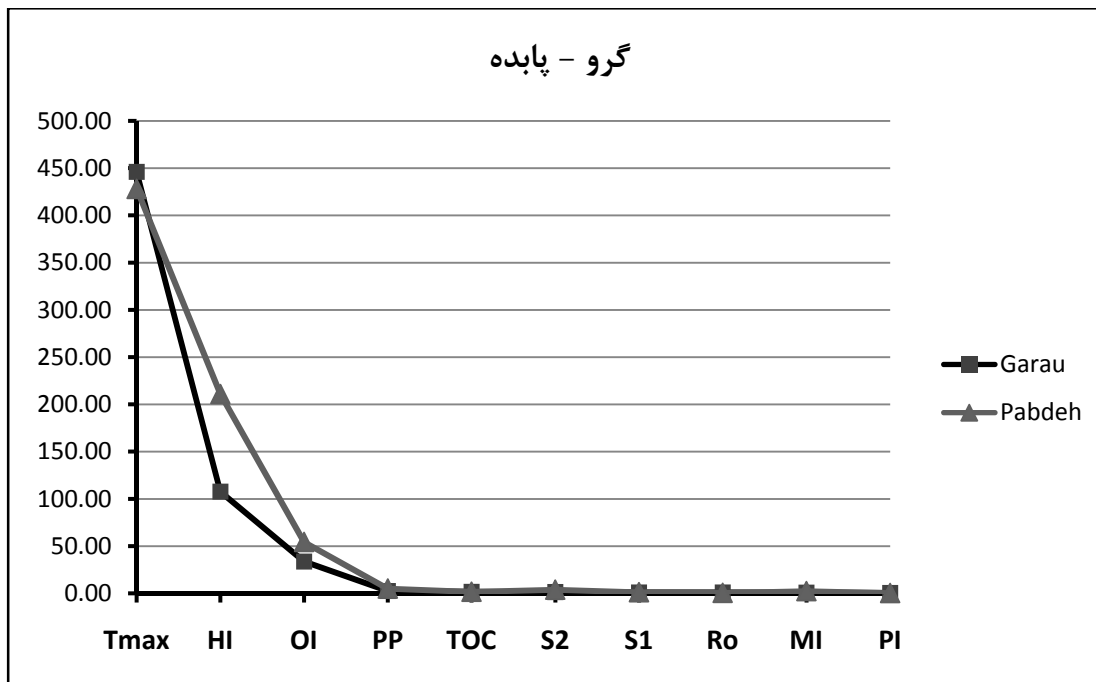
$$DA = \frac{x_1 * x_2 * \dots * x_n}{y_1 * y_2 * \dots * y_n} \quad (۱-۵)$$

که در آن x و y پارامترهای ژئوشیمیایی هستند که بعد از تعیین پارامتر تمایز، هر کدام تعیین می-گردد. رعایت این نکته ضروری است که تعداد پارامترهای صورت و مخرج می بایست یکسان باشد و یا به عبارت دیگر، مجموع توان صورت و مخرج مساوی باشد. از این رو، از بین ۱۰ پارامتر ژئوشیمیایی جدول ۱-۵ می بایست به گونه ای انتخاب گردند که این شرط ها برقرار گردد و بهترین تفکیک بین داده های دو سازند را ایجاد نماید. جهت رسم نمودار گرافیکی آنالیز تمایز، ابتدا برای نمونه خوب (گرو) پارامترها از مقدار بزرگ به کوچک مرتب می گردد. ترتیب آنها در شکل ۱۷-۵ دیده می شود.



شکل ۱۷-۵- نمودار اطلاعات پارامترهای ژئوشیمیایی سازند گرو

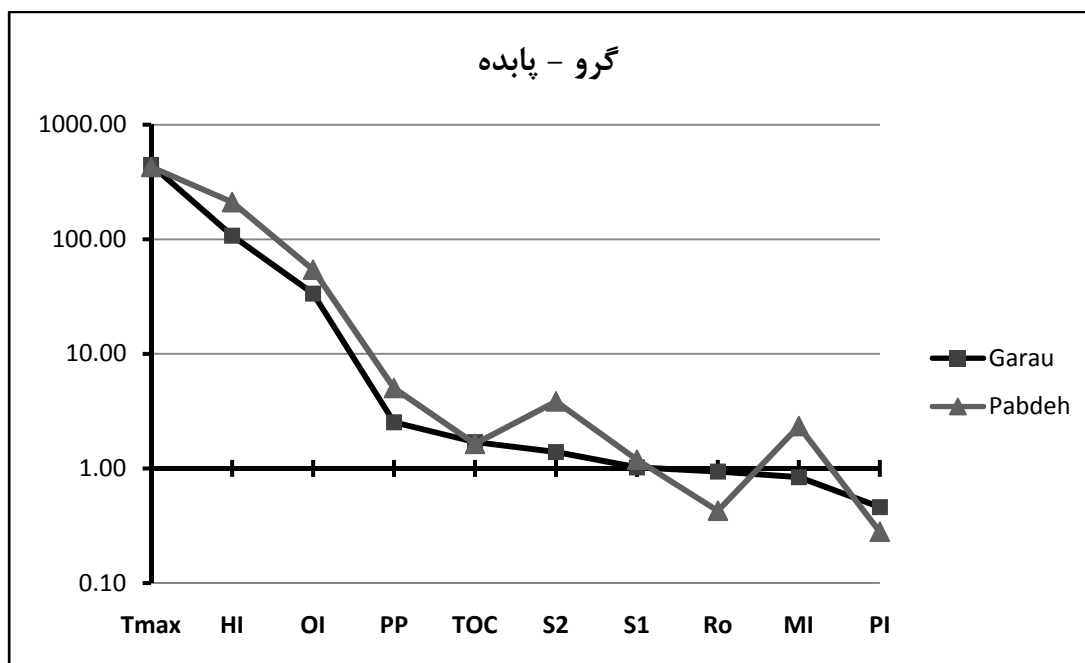
نمودار پارامترها برای هر دو جامعه خوب و بد رسم می‌شود. چنانچه در شکل ۵-۱۸ نشان داده شده است، اطلاعات جامعه بد در کنار جامعه خوب رسم گشته است.



شکل ۵-۱۸- نمودار اطلاعات پارامترهای سازندهای گرو و پابده

در این شکل، امکان تمایز بین دو نمودار در پارامتر چهارم به بعد وجود ندارد. علت آن اختلاف عددی مقادیر این پارامترها با ۳ پارامتر اول است. همچنین، از آنجا که تفکیک نقاط دو نمودار در این روش آنالیز تمایز، حائز اهمیت است، لذا می‌بایست روشی دیگر برای نمایش داده‌ها انتخاب کرد. زیرا که در این روش تغییرات نمودار جامعه ضعیف نسبت به جامعه قوی مبنای کار است.

در شکل ۵-۱۹ از نمودار نیمه لگاریتمی جهت به تصویر کشیدن این پارامترها استفاده گردیده شده است. در این شکل به راحتی می‌توان پارامترها را از یکدیگر جدا کرد.



شکل ۵-۱۹- نمودار نیمه لگاریتمی سازند گرو و پابده

در این بخش برای تعیین پارامترهای x و y معادله (۵-۱) از نمودار شکل ۵-۱۹ بهره برده می‌شود. پارامترهایی از شکل ۵-۲۰ که مقدار جامعه ضعیف (پابده) آنها از مقدار جامعه قوی آنها، کمتر است، مقادیر x معادله را تشکیل می‌دهند و پارامترهایی که مقدار جامعه ضعیف (پابده) آنها از مقدار جامعه قوی آنها، بیشتر است، مقادیر y معادله را تشکیل می‌دهند. در اینجا، پارامترهای T_{max} ، TOC ، Ro و PI تشکیل دهنده x_1 تا x_4 هستند و پارامترهای HI ، OI ، PP ، S_2 ، S_1 و MI مقادیر y_1 تا y_6 را مشخص می‌کنند.

از بین پارامترهای ژئوشیمیایی عنوان شده، از آنجا که S_1 نشانگر هیدروکربور آزاد در سنگ است و در اثر مهاجرت هیدروکربور از سازندهای دیگر در مثلاً چاه خاصی مقادیرش متغیر است، همچنین در بین پارامترهای شاخص شیل گازی در مطالعات دیگر، از این پارامتر یاد نشده است از بین پارامترها حذف گردید.

حال ۴ پارامتر در صورت و ۵ پارامتر در مخرج کسر وجود دارند. در اینجا به کمک روش سعی و خطا و تست کردن پارامترهای مختلف، سعی می‌شود که به بهترین پارامتر تمایز دست پیدا شود.

معادله (۲-۵) مثالی از یک ضریب تمایز^۲ است:

$$DF_1 = \frac{T_{max} * TOC * PI * Ro}{HI * PP * S2 * MI} \quad (۲-۵)$$

مقدار این ضریب برای نمونه خوب و بد محاسبه شد:

$$DF_1(Garau) = \frac{446.06 * 1.7 * 0.46 * 0.94}{107.59 * 2.53 * 1.39 * 0.84} = 1.0316713 \quad (۳-۵)$$

$$DF_1(Pabdeh) = \frac{428.17 * 1.64 * 0.28 * 0.428}{211 * 5.03 * 3.84 * 2.34} = 0.0088 \quad (۴-۵)$$

در این روش، بزرگی نسبت بین ضرایب جامعه خوب و بد، تفکیک بهتر نمونه ها را نشان می دهد. بنابراین با تغییر پارامترها و توان آنها، باید به ضریبی که حداکثر مقدار را بین دو جامعه نشان می دهد دست یافت. بنابراین DF_1 ، یعنی نسبت ضریب گرو به پابده، $۱۱۷/۲۳۵$ است.

در اینجا رعایت این نکته ضروری است که این پارامترها نمی توانند توان منفی داشته باشند. معادلات (۵-۵) تا (۷-۵) ضرایب دیگری را نشان می دهند که در آن پارامتر PI ، $S2$ ، MI و Ro با حالت های مختلف به توان ۲ رسیده اند و مقادیر آنها مقایسه گردیده است.

$$DF_2 = \frac{T_{max} * TOC * (PI^2) * Ro}{HI * PP * S2 * (MI^2)} \quad (۵-۵)$$

$$DF_2(Garau) = 0.5649628$$

$$DF_2(Pabdeh) = 0.0010534$$

$$DF_2 = 536.326$$

$$DF_3 = \frac{T_{max} * TOC * (PI^2) * Ro}{HI * PP * (S2^2) * MI} \quad (۶-۵)$$

$$DF_3(Garau) = 0.3414164$$

$$DF_3(Pabdeh) = 0.0006419$$

$$DF_3 = 531.874$$

$$DF_4 = \frac{T_{max} * TOC * PI * (Ro^2)}{HI * PP * (S2^2) * MI} \quad (۷-۵)$$

$$DF_4(Garau) = 0.6976770$$

^۲ - DF: Discriminant Factor

$$DF_4 (\text{Pabdeh}) = 0.0009789$$

$$DF_4 = 712.704$$

از بین پارامترهای فوق، همانطور که دیده می‌شود، DF_4 مقدار بیشتری را نشان می‌دهد. در بررسی های صورت گرفته، مشاهده گردید که پارامتر OI می‌تواند شاخص مناسبی بشمار آید، بنابراین این پارامتر در معادلات DF_2 ، DF_3 و DF_4 جایگزین PP گردید و نتایج زیر حاصل شد:

$$DF_5 = \frac{T_{max} * TOC * (PI^2) * Ro}{HI * OI * (S2^2) * MI} \quad (۸-۵)$$

$$DF_5 (\text{Garau}) = 0.025677$$

$$DF_5 (\text{Pabdeh}) = 0.000059$$

$$DF_5 = 431.9022$$

$$DF_6 = \frac{T_{max} * TOC * PI * (Ro^2)}{HI * OI * (S2^2) * MI} \quad (۹-۵)$$

$$DF_6 (\text{Garau}) = 0.05247$$

$$DF_6 (\text{Pabdeh}) = 0.000091$$

$$DF_6 = 578.74287$$

$$DF_7 = \frac{T_{max} * TOC * (PI^2) * Ro}{HI * OI * S2 * (MI^2)} \quad (۱۰-۵)$$

$$DF_7 (\text{Garau}) = 0.04249$$

$$DF_7 (\text{Pabdeh}) = 0.000098$$

$$DF_7 = 435.5175$$

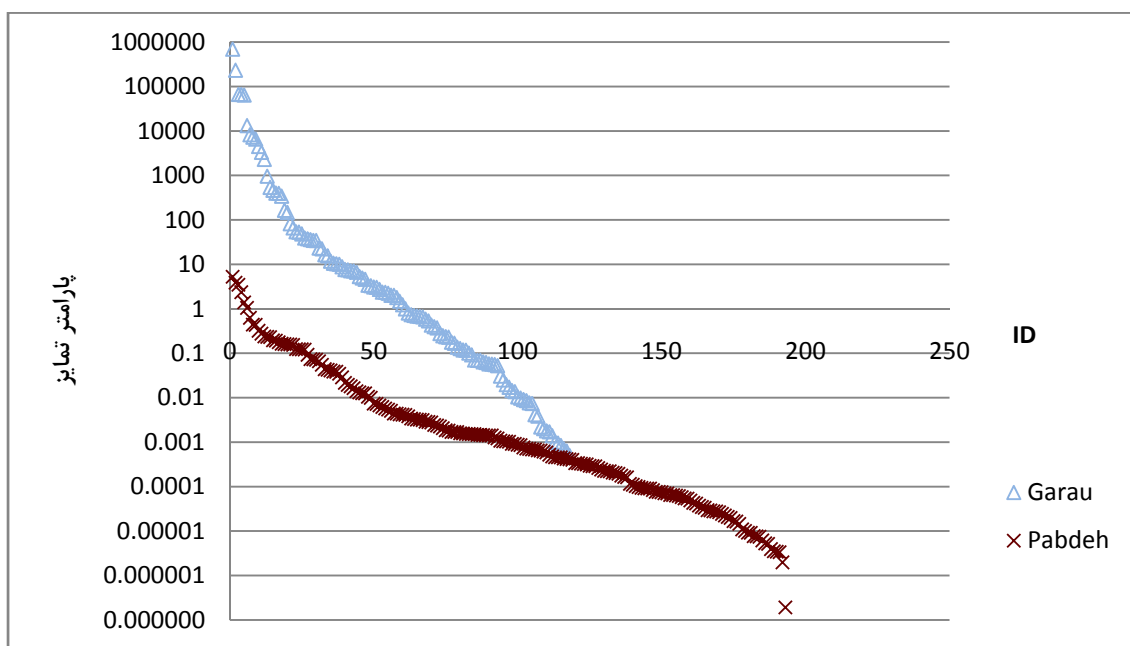
توجه به این نکته اساسی، لازم است که به لحاظ صحت ضریب، همه ی این ۶ ضریب مقادیر قابل قبولی را ارائه می‌دهند، و توانایی تفکیک را دارا هستند. حال باید این ضرایب بر روی داده ها اعمال شوند تا بتوان بهترین و کارآمدترین آنها را مشخص کرد.

۵-۴- تفکیک جامعه خوب از بد توسط پارامتر تمایز

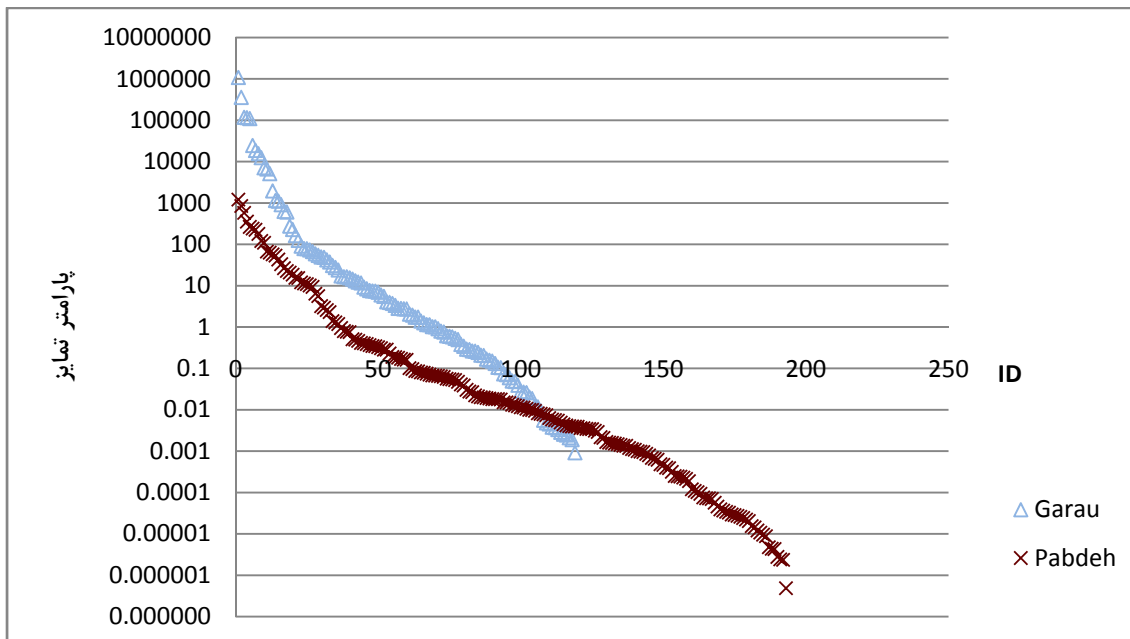
هدف از این ضرایب، همانطور که عنوان شد، تفکیک جوامع از یکدیگر است. به گونه‌ای که چنانچه نمونه مجهولی به کمک آن ضریب مورد آنالیز قرار گرفت، نتیجه آنالیز به خوبی قادر باشد تعیین کند که نمونه متعلق به کدام جامعه است و یا به کدام یک نزدیک‌تر است.

بر طبق مطالبی که عنوان شد، این ضرایب براساس مقادیر میانگین پارامترهای ژئوشیمیایی حاصل شده‌اند، و لازمه اینکه از تفاوت واقعی این ضرایب اطلاع حاصل شود آن است که بر روی تک تک نمونه‌ها اعمال گردیده و نتایج مقایسه شود.

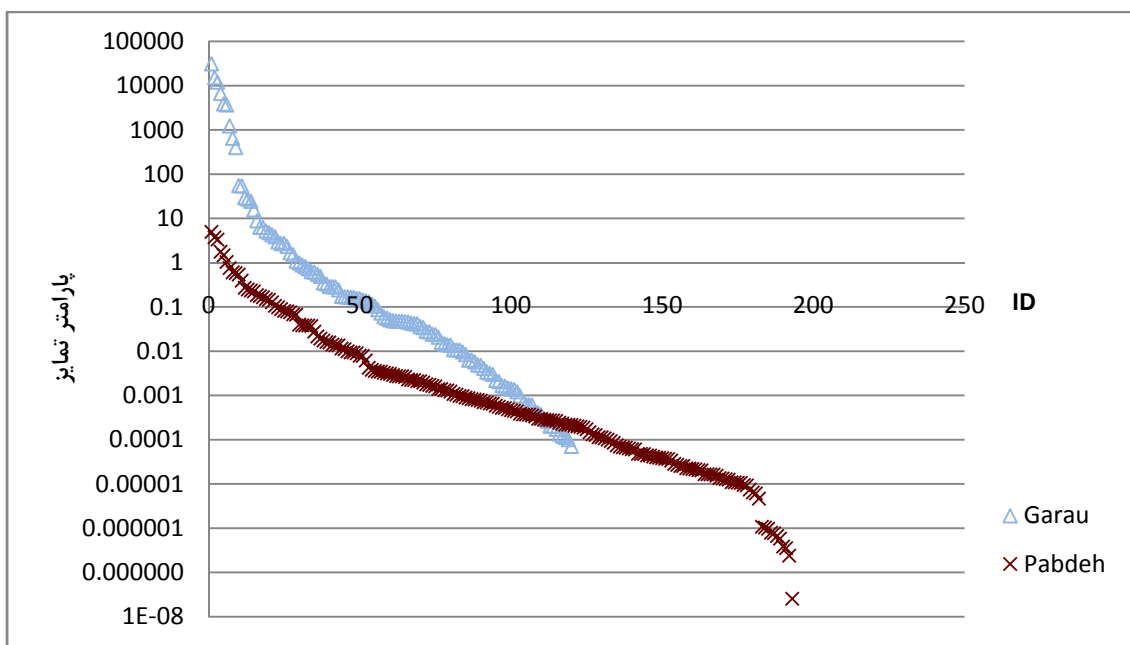
جهت این امر، ضرایب DF_3 تا DF_7 بر روی نمونه‌ها اعمال گردید. در ادامه نمودارهای این ضرایب که برای داده‌های جامعه خوب و بد رسم شده، نشان داده شده است.



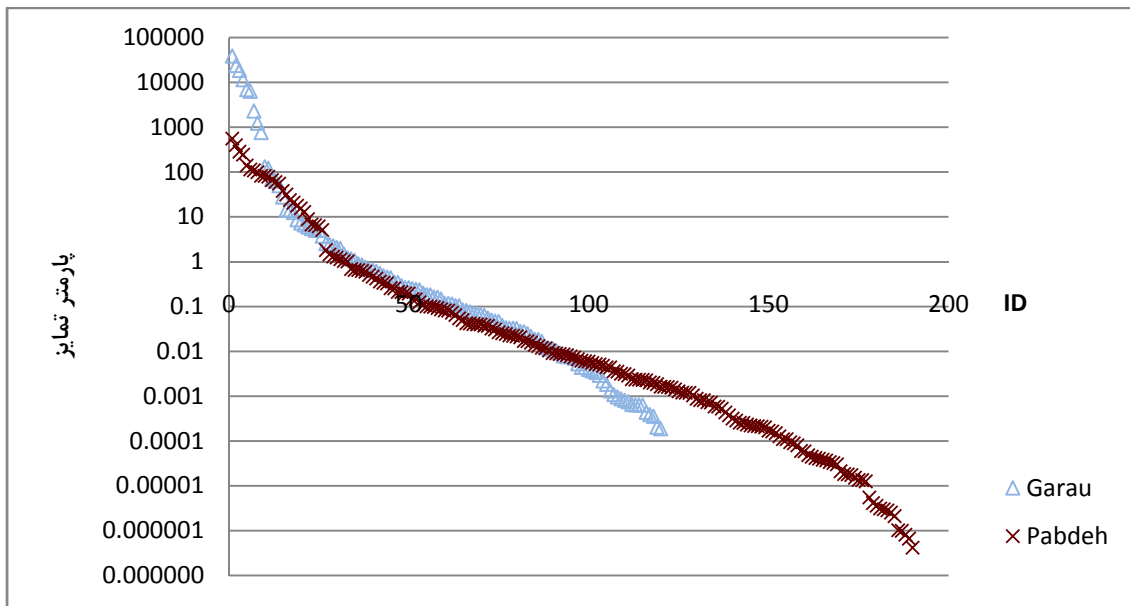
شکل ۵-۲۰- ضریب تمایز DF_3 بر روی داده‌های گرو و پابده



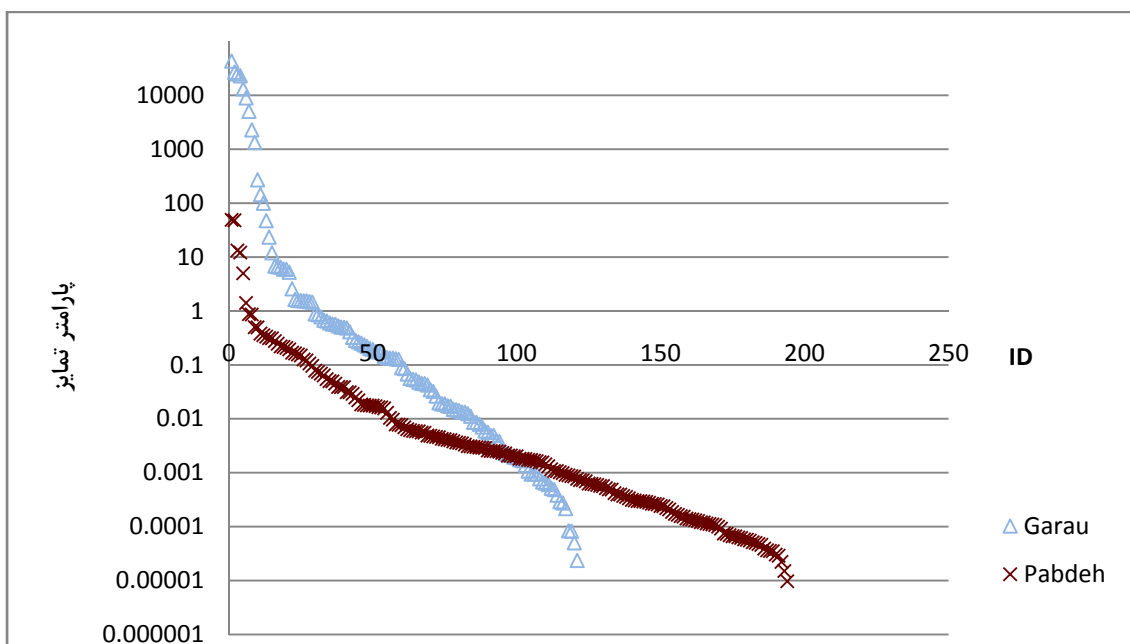
شکل ۵-۲۱- ضریب تمایز DF_4 بر روی داده های گرو و پابده



شکل ۵-۲۲- ضریب تمایز DF_5 بر روی داده های گرو و پابده



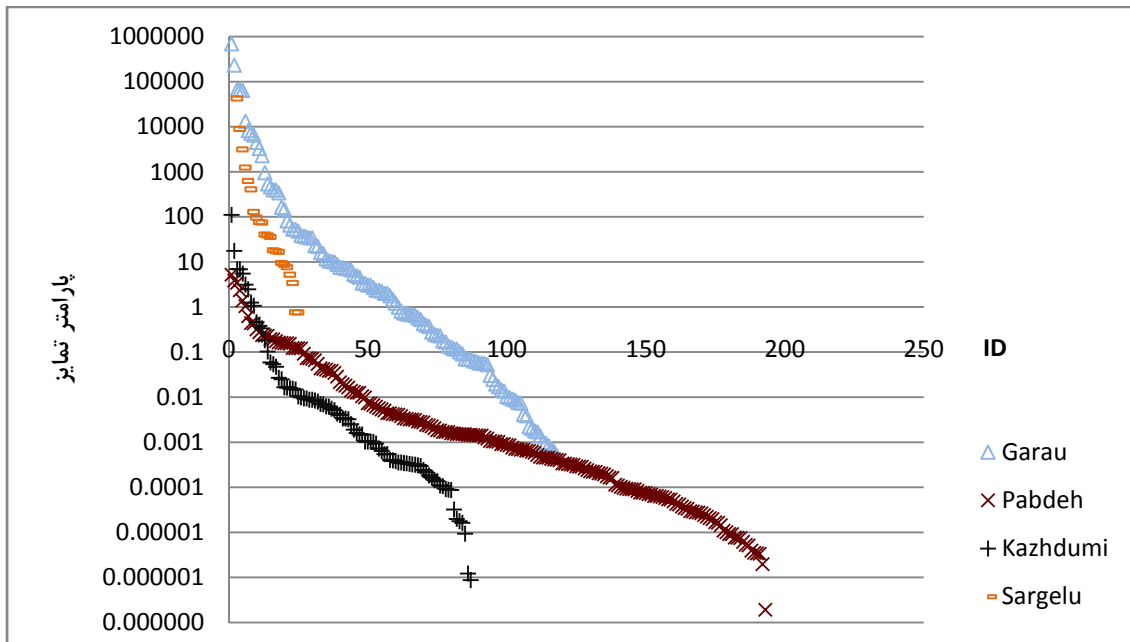
شکل ۵-۲۳- ضریب تمایز DF_6 بر روی داده های گرو و پابده



شکل ۵-۲۴- ضریب تمایز DF_7 بر روی داده های گرو و پابده

شکل های فوق کامل و واضح نشان می دهند ضرایب بدست آمده تا چه حد قادر به تفکیک دو جامعه از یکدیگر هستند. ضریب DF_6 که عملاً هیچ تفکیکی ایجاد نکرده است. هر چند که مقدار ضریب عدد نسبتاً بالایی را نشان می داد اما در عمل قادر به جدا سازی این دو جامعه از یکدیگر نبوده است. اما از سوی دیگر، ضریب DF_3 به خوبی دو جامعه را از یکدیگر جدا کرده است. اختلاف دو جامعه داده در این شکل بیشترین جدایی را نشان می دهند.

ضرایب ۴، ۵ و ۷ نیز تقریباً در یک حدود، با اختلاف های نه چندان زیاد، تفکیک را انجام می دهند. بنابراین ضریب ۳ را به عنوان پارامتر تمایز (تفکیک) در نظر میگیریم. در شکل ۵-۲۶ اعمال این ضریب بر روی داده های سازندهای سرگلو و کژدمی در کنار گرو و پابده نشان داده شده است.



شکل ۵-۲۶- ضریب تمایز DF_3 بر روی داده های کژدمی و سرگلو و مقایسه با گرو و پابده

همانطور که در شکل مشخص است، مقادیر سازند سرگلو بین مقادیر جامعه خوب و بد و نزدیک به جامعه خوب یعنی گرو، قرار گرفته است که می توان آن را به دلیل توانایی که در تولید گاز و مشخصه های شیل گازی دارد دانست. همچنین مقادیر سازند کژدمی حتی پایین تر از مقادیر جامعه بد یعنی پابده قرار گرفته است. این امر نشان می دهد که هرچند سازند شیلی کژدمی توانایی تولید هیدروکربور خوبی در برخی نواحی دارد اما از لحاظ پارامترهای ژئوشیمیایی شیل گازی، ضعیف نشان می دهد.

۵-۵- تعمیم مدل آنالیز تمایز روی تمام چاه‌ها

پس از آنکه پارامتر تمایز (تفکیک) تعیین گردید، در اینجا نمونه‌های این سازندها در هر چاه به طور جداگانه نیز با این پارامتر سنجیده می‌شود تا نقاط با پتانسیل بالقوه شیل گازی بر اساس نام چاه مشخص شود.

جدول ۵-۲- مقادیر پارامتر تفکیک برای چاه‌های سازند گرو

پارامتر تفکیک	نام چاه
58.570	انجیر-۱
0.007	باباقیر-۱
1.198	باباقیر-۲
0.048	دره بانه-۱
0.002	دارخوین-۲
0.008	دهلران-۲۲
0.158	هفتکل-۱
0.007	کوشک-۱
189.660	ماهیدشت-۱
2.527	شاهاباد-۱
11.690	سمند-۱
0.288	سرکان-۱
0.008	ویژنهار-۱
1.572	ویژنان-۱
0.592	هلیلان-۱
18.361	کبیرکوه-۱

همانطور که در جدول ۵-۲ دیده می‌شود، اکثر نمونه‌ها دارای مقدار پارامتر تفکیک نسبتاً بالایی هستند. چاه انجیر-۱، باباقیر-۲، ماهیدشت-۱، شاهاباد-۱، سمند-۱، ویژنان-۱ و کبیرکوه-۱ مقادیر بالایی را نشان می‌دهند و تعداد کمی از چاه‌ها نیز مقادیر کمی را نشان می‌دهند. از آنجا که این مقادیر میانگین نمونه‌های گرفته شده در تمام نقاط چاه است، در نتیجه مقدار آن کمتر از مقادیر نقاط با پتانسیل بالاست. همچنین توجه به این نکته هم مهم است که این مقادیر در رأس تاق‌دیس گرفته شده‌اند. در حالی که شیل‌های گازی در قعر ناودیس‌ها مطالعه می‌شوند.

جدول ۵-۳- مقادیر پارامتر تفکیک برای چاه های سازند پابده

پارامتر تفکیک	نام چاه
0.00000	آب تیمور - ۱
373.81359	آسماری - ۱
0.00009	آزادگان - ۴
0.15582	باباقیر - ۲۱
0.00000	بندکرخه - ۱
0.01780	چنگوله - ۲۱
0.00025	دنان - ۱
0.07175	دارخوین - ۳۲
0.00051	دهلران - ۲۲
0.01107	هفتکل - ۶۱
0.42966	حسینیه - ۱
0.00011	کبود - ۱
0.00012	کوپال - ۲۰
1.66394	کوشک - ۱
0.83789	ماهشهر - ۱
0.00014	ماموتین - ۱۰
0.08154	منصوری - ۶
0.00002	مارون - ۲۲۲
0.00391	امید - ۱
0.00293	پلنگان - ۱
0.00001	پیدار غربی - ۱
0.00175	قلعه نار - ۳
0.00011	رامین - ۴
0.00822	سوسنگرد - ۲
0.00019	زیلویی - ۱

نمونه‌های سازند پابده بجز یک نمونه در چاه آسماری که از T_{max} بالایی برخوردار بوده، بقیه نمونه‌ها اعداد کوچکی را نشان می‌دهند. علت مقادیر کم پارامتر تفکیک این سازند، به طور عمده بلوغ پایین نمونه‌ها می‌باشد.

چاه‌های باباقیر-۱ و ۲، حسینیه-۱، کوشک-۱ و ماهشهر-۱ مقادیر نسبتاً بهتری را نسبت به بقیه چاه‌ها به طور متوسط نشان می‌دهند.

جدول ۵-۴- مقادیر پارامتر تفکیک برای چاه های سازند کژدمی

پارامتر تفکیک	نام چاه
0.00007	اهواز - ۱۰۱
0.00462	آزادگان - ۴
0.00213	چنگوله - ۲
12.18431	دنان - ۱
0.00174	دارخوین - ۳و۲
0.00836	دهلران - ۲۲
0.00136	هفتکل - ۶۱
0.00009	حسینیه - ۱
0.00816	کوشک - ۲۱
0.00012	ماهشهر - ۱
0.00358	ماموتین - ۱۰
0.00087	منصوری - ۶
0.00079	مارون - ۱۲۳
0.00024	امید - ۱
0.00900	سوسنگرد - ۲

سازند کژدمی نیز بجز در یک چاه (دنان) مقادیر نسبتاً ضعیف پارامتر تمایز را نشان می‌دهد. با اینکه این سازند از توانایی تولید خوبی برخوردار است اما کمتر به مرحله گاز زایی رسیده است.

فصل ششم:

نتیجه گیری و پیشنهادات

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱- نتیجه گیری

- سازند پابده و کژدمی از توان بالقوه خوبی جهت تولید هیدروکربور برخوردار هستند، اما به دلیل بلوغ حرارتی پایین، کمتر به مرحله تولید گاز و یا حتی میعانات گازی رسیده اند.
- سازند گرو دارای کروژن نوع III و II/III می باشد که در بلوغ سطح بالا، می توان از آن انتظار تولید گاز را داشت.
- توان هیدروکربن‌زایی سازند گرو در نمونه های چاه نسبتاً خوب می باشد.
- از نظر Tmax سازند گرو در چاه های لرستان در محدوده اواخر پنجره تولید نفت تا پنجره تولید میعانات گازی و گاز تر قرار گرفته است. این سازند در بخش جنوب غربی لرستان بلوغ بیشتری را نسبت به بخش شمال غربی نشان می دهد.
- در سازند گرو، از ۱۲۲ نمونه، ۳۳ نمونه، مقدار TOC بالای ۲٪ را دارا هستند. همچنین ۹۳ درصد از نمونه ها مقدار Tmax بالای ۴۳۵ درجه سانتیگراد را دارند. علاوه بر این، یک-سوم نمونه ها مقدار انعکاس ویتروینایت بالای ۱۰٪ دارند. این موارد نشان دهنده شاخصه‌های بسیار خوب گاززایی است.
- سازند گرو از زیر با لایه های انیدریتی گوتنیا و از بالا با لایه های مارن ناتراوا احاطه شده است که باعث ارتباط ضعیفی با مخزن می‌گردد و یا هیچ ارتباطی ندارد. از این رو بخش زیادی از نفت به صورت درجا به پیروبیومن و گاز تجزیه شده است.
- سازند سرگلو با دارا بودن مقادیر متوسط تا خوب مواد آلی، از نظر مقدار ماده آلی واجد شرایط شیل گازی می باشد. از نظر بلوغ، مقادیر انعکاس ویتروینایت نشان می دهد که سازند سرگلو وارد پنجره گاززایی نیز شده و این احتمال وجود دارد که این سازند کاملاً دارای شرایط شیل گازی در ناحیه لرستان باشد.

- از مجموعه سازندهای شیلی کمربند کوهزایی زاگرس قاعده سازند گرو و راس سازند سرگلو در دشت آبادان و لرستان از نظر درصد ماده آلی و میزان پختگی شرایط اولیه مطرح شدن به عنوان منابع شیل گازی را دارا می باشند و در اولویت جهت مطالعات تفصیلی قرار می گیرند.
- نکته ای که می بایست در مورد نمونه های آنالیز شده بویژه نمونه های خرده حفاری بدان توجه داشت این است که چاه های مطالعه شده غالباً در کرسست تاقدیس ها حفاری شده اند و از آنجایی که مبحث شیل های گازی در ناودیس ها بیشتر مورد توجه بوده باید میزان بلوغ حرارتی نمونه های آنالیز شده را بیشتر از میزان تعیین شده در نظر گرفت.
- روش آنالیز تمایز و مخصوصاً روش ساده گرافیکی آن، جهت تفکیک جامعه داده های ژئوشیمیایی مناسب می باشد.
- بر اساس نتایج پارامتر تفکیک، سازند گرو و سرگلو از پتانسیل خوبی جهت برخورداری از ذخیره شیل گازی با توجه به اطلاعات ژئوشیمیایی برخوردار می باشند.
- از بین پارامترهای تفکیک، پارامتر زیر به عنوان تمایزگر مناسب انتخاب گردید.

$$DF_3 = \frac{T_{max} * TOC * (PI^2) * Ro}{HI * PP * (S2^2) * MI}$$

مقدار این پارامتر برای سازند خوب نسبت به سازند بد $DF_3 = 531.874$ می باشد که میزان قابل قبولی را نشان می دهد.

۵-۲- پیشنهادات

- با توجه به پارامترهای مناسب ژئوشیمیایی سازند سرگلو جهت برخورداری از ذخیره احتمالی شیل گازی و همچنین نظر به محدودیت وجود نمونه های این سازند، جهت تکمیل مطالعات و قطعیت بیشتر نتیجه گیری، لزوم نمونه برداری کامل تر از این سازند و غنی کردن بانک اطلاعاتی وجود دارد.

- ناحیه لرستان با توجه به عمق دسترسی کمتر از ۳۰۰۰ متر برای سازندهای گرو و سرگلو، جهت پی جویی های تفصیلی پیشنهاد می گردد.
- سازندهای گرو و سرگلو در بخش مرکزی لرستان شرایط لازم اولیه برای اکتشاف منابع شیل گازی را دارا می باشند و لزوم بررسی پتروفیزیکی و چاه نگاری دقیق این سازندها جهت برآورد ذخیره و اقدام جهت تولید از آنها مهم و قابل ذکر است.
- چاه انجیر-۱، باباقیر-۲، ماهیدشت-۱، شاهآباد-۱، سمند-۱، ویژنان-۱ و کبیرکوه-۱ در سازند گرو، مقادیر بالای پارامتر تمایز را نشان می دهند و جهت مطالعات بیشتر پیشنهاد می گردند.
- پارامترهای ژئوشیمیایی مورد بررسی در این مطالعه، کامل و جامع بوده است و در صورتی که با دقت بیشتر و با بانک اطلاعاتی غنی تر مورد بررسی مجدد قرار گیرد، نتیجه دقیق تری حاصل میگردد. همچنین لزوم پرداختن به پارامترهای دیگر، از جمله پارامترهای پتروفیزیکی و مکانیک سنگی به طور دقیق، خطای اکتشافی را در شیل های گازی به حداقل می رساند.

منابع

الف- منابع فارسی

- اسماعیلی م.، (۱۳۸۹)، «منابع گازی غیر متعارف تهدیدی برای سلطه کشورهای گاز خیز»، مجله اکتشاف و تولید، شماره ۷۷، ص. ۱۹-۲۲
- بردانوف ام.ال.، آگه جی.آ.، (۱۳۹۰) "سیستم های نفتی ایران و توزیع امروزی میدان های نفت و گاز در کمربند چین خوردگی زاگرس و مناطق دریایی مجاور"، ترجمه م. کسای نجفی، پژوهشگاه صنعت نفت، صفحه ۶۸.
- بئوس الف. الف.، گریگوریان س. و.، (۱۳۷۵)، «روشهای اکتشافات ژئوشیمیایی ذخایر معدنی»، ترجمه پرند س.، سازمان زمین شناسی، گزارش شماره ۶۲، جلد اول، ص. ۲۲۸-۲۳۰
- جمالیان م.، حسین آدابی م.، موسوی م. ر.، صادقی ع.، (۱۳۹۰)، «ژئوشیمی و پتروگرافی سازند گرو در برش نمونه (کبیرکوه، استان ایلام)»، پژوهشهای چینه نگاری و رسوب شناسی، سال بیست و هفتم، شماره ۴۳، ص. ۱-۲۶
- حسنی پاک ع. الف.، شرف الدین م.، (۱۳۸۰) «تحلیل داده های اکتشافی»، موسسه انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، ص. ۳۰۳-۳۱۵
- کاوسی م.ع.، دریابنده م. جمالی ا.م.، باقری ر.، عبادیان ح.، شرکتی ش.، (۱۳۹۰)، «پی جویی مقدماتی منابع هیدروکربوری غیرمتعارف شیل گازی در ایران»، گزارش شرکت ملی نفت ایران، TR 1914
- گزارش شرکت ملی نفت، (۱۳۸۵)، «پروژه مطالعات جامع ژئوشیمیایی و تهیه نقشه های هم-تراز سنگ های منشاء و نفتها در ناحیه لرستان و دزفول شمالی»، تیم تحقیقاتی ژئوشیمی آلی G2R، دانشگاه نانسی فرانسه

- مطیعی ه.، (۱۳۷۲)، «زمین شناسی ایران، (چینه شناسی زاگرس)»، طرح تدوین کتاب، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، صفحه ۵۳۶.

Reference

ب- منابع انگلیسی

- Bishop M. G., (2001), “*South Sumatra Basin Province, Indonesia: The Lahat/Talang Akar-Cenozoic Total Petroleum System*”, USGS, Open-file Report 99-50-S. pp. 5-6.
- Brathwaite L. D., (2009), “*Shale-Deposited Natural Gas: A Review of Potential*”, California Energy Commission, Sacramento, California.
- Chen Sh., Zhu Y., Wang H., Liuc H., Wei W., Fang J., (2011), “*Shale gas reservoir characterisation: A typical case in the southern Sichuan Basin of China*”, Journal of Energy, No. 36, PP. 6609-6616.
- Clarke P., Fordyce S., (2010), “*US Shale Gas Basins*”, Novas Consulting Ltd.
- Consulting, A. L. L. (2009). “*Modern Shale Gas Development in the United States: A Primer*”. Ground Water Protection Council and US Department of Energy, Office of Fossil Energy.
- Dyni J. R., (2005), “*Geology and Resources of Some World Oil-Shale Deposits*”, USGS, Scientific Investigations Report, Dec. 2005-5294.
- Energy Briefing Note, (2009) “*A Primer for Understanding Canadian Shale Gas*”, National Energy Board, November.
- Grigorian S.V., Liakhovich T.T., Getmancky I.I, Ziaii M., (1999). “*Geochemical spectrum of minerals as a criterion of gold ores types identification*”, Science and Technology in Russia, No3 (31).
- Hayden J., Pursell D., (2005), “*The Barnett Shale*”, Pickering Energy Partners, INC.
- Holditch S.A., (2001), “*The Increasing Role of Unconventional Reservoirs in the Future of the Oil and Gas Business*”, Schlumberger Presentation,
- Jarvie .D.M. Hill R.J., Ruble T.T., Pollastro R.M., (2007), “*Unconventional shale-gas systems: The Mississippian Barnett Shale of north-central Texas as one model for thermogenic shale-gas assessment*”, AAPG Bulletin, V. 91, No. 4, PP. 475-499

- Jenkins C. D., DeGolyer, MacNaughton, and Boyer C. M., (2008), “*Coalbed- and Shale-Gas Reservoirs*”, JPT, Distinguished Author Series, pp. 92-99
- Kannatey-Asibu E., Emel E., (1987), “*Linear Discriminant Function Analysis Of Acoustic Emission Signals For Cutting Tool Monitoring*”, Mechanical Systems and Signal Processing, 1(4), pp. 333-347
- Kargbo D. M., Wilhelm R. G., Campbell D. J., (2010), “*Natural Gas Plays in the Marcellus Shale: Challenges and Potential Opportunities*”, Environmental Science and technology, 44, pp. 5679-5684
- Lafargue E., Espitalié J., Marquis F., and Pillot D. (2010), “*ROCK-EVAL 6 Applications in Hydrocarbon Exploration, Production and In Soil Contamination Studies*”, J. of Institute of France, Vol. 53, No. 4, P. 421-437
- Lewis R., Ingraham D., Percy M., (2004), “*New Evaluation Techniques for Gas Shah Reservoirs*”, Schlumberger Report.
- McCarthy K., Rojas K., Neimann M., Palmowski D., Peters K., Stankiewicz A., (2011), “*Basic Petroleum Geochemistry for Source Rock Evaluation*”, Schlumberger Oilfield review Summer, No. 2.
- Mithilesh Kumar, Kulshreshtha V. K., Borthakur A.N., Shafique Ahmad, (2010) “*Geochemical Exploration-Near Surface Expression of Hydrocarbon: A Case Study from Frontier Block of Assam-Arakan Basin*”, 8th Biennial International Conference and Exposition on Petroleum Geophysics, P.284
- Peters K. E., Cassa M. R., (1994), “*Applied Source Rock Geochemistry*”, AAPG Memoir 60, The petroleum system-From source to trap.
- Potter R. C., (2005), “*Unconventional Oil and Gas Resources are Huge Solvable Problems*”, Unconventional Reserves Magazine, Halliburton, E&P magazine, No. H04564, pp. 1.
- Rahmani O., Aali J., Mohseni H., Rahimpour-Bonab H., Zalaghaie S., (2009), “*Organic geochemistry of Gadvan and Kazhdumi formations (Cretaceous) in South Pars field, Persian Gulf, Iran*”, Journal of Petroleum Science and Engineering, NO.70, PP. 57-66.
- Roth M., (2010), “*North American Shale Gas Reservoirs - Similar, yet so Different*” Search and Discovery Article #80136 (2011), AAPG International Conference and Exhibition, Calgary, Alberta, Canada, September 12-15.

- Schroeder, R., van Buchem, F.S.P., Cherchi, A., Baghbani, D., Vincent, B., Immenhauser, A., Granier, B., 2010. “*Revised orbitolinid biostratigraphic zonation for the Barremian-Aptian of the eastern Arabian Plate and implications for regional stratigraphic correlations*”. GeoArabia Special Publication 4, v. 1, pp. 49-96.
- SKRET U., FABIANSKA M.J., (2009), “*Geochemical characteristics of organic matter in the Lower Palaeozoic rocks of the Peribaltic Syncline (Poland)*”, Geochemical Journal, Vol. 43, PP. 343-369.
- Stevens P., (2010), “*The Shale Gas Revolution, Hype and Reality*”, A Chatham House Report, Sep.
- Theriault R., (2008), “*Regional Geochemical Evaluation of the Ordovician Utica Shale Gas Play in Québec*”, AAPG 19. Presentation. Oct.
- Tissot B. P., Welte D. H., (1984), “*Petroleum Formation and Occurrence*”, Second Revised and Enlarged Edition.

ضمیمه

جدول الف-۱- پارامترهای ژئوشیمیایی سازندهای گرو و سرگلو در چاه های منطقه

Well name	Depth	Fm.Name	Tmax	TOC	HI	OI
Anjir # 1	853	GR	442	0.17	194	116
	884	GR	447	0.42	121	12
	1055	GR	443	0.18	128	100
	1073	GR	445	1.12	58	27
	1103	GR	446	3.82	8	6
	1119	GR	444	2.48	17	14
	1149	GR	448	2.98	10	9
	1170	GR	446	1.78	15	19
	1485	GR	447	3.17	9	7
	1595	GR	438	2.88	5	6
	1607	GR	443	0.82	52	25
	1633	GR	441	0.37	100	50
	1634	SR	453	0.6	58	33
	1747	SR	450	1.97	43	38
	1765	SR	458	0.76	53	25
	1792	SR	463	1.19	50	15
1835	SR	442	2.12	43	21	
1856	SR	446	2	50	16	
Babaghir #1	1862	GR	508	2.84	4	10
	1917	GR	450	0.42	45	18
	1957	GR	449	0.23	96	132
	1975	GR	446	0.51	82	28
	2009	GR	446	0.42	83	41
	2024	GR	449	0.38	103	43
	2045	GR	447	0.53	47	52
	2073	GR	444	0.49	78	41
	2094	GR	446	0.23	282	26
	2112	GR	443	0.45	102	32
	2145	GR	454	1	49	18
	2164	GR	446	1.11	68	21
	2170	GR	441	3.45	52	45
	2194	GR	437	10.5	587	58
Babaghir #2	2731	GR	444	3	6	6
	2865	GR	447	1.25	116	32
	2917	GR	444	1.04	219	21
	2990	GR	446	0.97	42	52
	3045	GR	450	0.26	115	119
	3124	GR	447	0.3	93	82
Dareh-baneh #1	1654	GR	442	2.53	69	35
	1844	GR	444	1.63	126	41
	1936	GR	443	1.01	304	31
	2186	GR	444	1.64	100	45
Darquin #2	4638	GR	433	0.72	445	52
	4650	GR	438	1.1	234	43
	4656	GR	438	1.25	337	51
	4700	GR	439	2.1	142	29
	4750	GR	440	1.87	168	41

	4830	GR	440	1.52	277	52
	4880	GR	439	1.82	217	39
	4905	GR	440	2.22	263	28
	5230	GR	440	1.58	330	22
	5300	GR	439	1.94	322	26
Dehluran #22	5117	GR	437	0.63	189	63
	5165	GR	440	0.44	273	34
	5190	GR	438	0.69	413	30
	5239	GR	439	0.73	255	22
Haft-kel #61	3300	GR	440	1	147	25
	3450	GR	441	0.98	101	45
	3580	GR	443	1.15	108	71
	3600	GR	444	1.97	123	53
	3700	GR	444	2.75	68	42
	3800	GR	445	1.42	88	62
	4050	GR	446	2.22	43	43
	4150	GR	448	1.1	155	56
Huleiylan #1	1274	GR	446	4.53	80	10
	1286	GR	448	0.81	84	50
Kabir-kuh #1	37	GR	494	0.17	82	297
	58	GR	492	3.3	2	112
	81	GR	502	0.32	41	183
	87	GR	448	1.42	69	62
	187	GR	440	4.97	30	5
	196	GR	441	0.93	48	40
kushk #1	4550	GR	438	6.42	83	8
	4624	GR	438	6.02	52	8
	4655	GR	442	3.88	71	8
	4695	GR	441	5.72	67	25
	4750	GR	442	0.61	336	53
	4810	GR	442	3.56	110	15
	4850	GR	442	10.8	121	5
	5100	GR	443	2.3	161	30
	4502	GR	440	0.92	410	38
	5116	GR	441	4.21	77	12
	5152	GR	442	1.53	261	39
5170	GR	445	1.48	271	37	
Mahi-dasht #1	1338	GR	485	1.98	55	9
	1728	GR	434	1.28	38	16
	1938	GR	442	1.29	33	14
	2283	GR	445	0.17	35	116
	2454	GR	450	0.39	23	45
	2664	GR	448	5.91	1	4
N.Shahdad #1	2966	GR	449	1.2	100	22
	3021	GR	446	2.4	72	10
	3054	GR	450	1.28	144	14
	3067	GR	442	2.22	54	19
	3084	GR	451	1.45	70	22
	3107	GR	412	1.29	64	29
	3146	GR	310	1.17	13	208

	3280	GR	314	2.76	6	6
	2945	GR	457	0.88	64	31
	3369	GR	392	1.03	34	38
	3410	GR	304	1.81	30	21
	3669	SR	341	1.43	17	27
	3680	SR	351	1.2	24	31
	3691	SR	355	0.81	4	21
	3703	SR	310	0.92	9	45
	3718	SR	340	0.85	36	67
	3730	SR	317	2.12	15	43
	3767	SR	327	3.42	8	6
	3777	SR	327	2.21	30	27
Samand #1	1822	GR	447	0.74	164	24
	1902	GR	448	0.73	88	47
	1942	GR	453	1.93	30	37
	1962	GR	485	0.88	52	45
	1982	GR	449	1.85	21	19
	2002	GR	445	3.43	16	8
	1780	GR	448	1.76	18	24
	1800	GR	454	0.36	78	49
	1820	GR	449	0.78	30	28
	1840	GR	451	1.21	40	32
	1860	GR	465	0.98	53	14
	1880	GR	463	0.53	43	19
	2320	SR	440	2.92	42	20
	2340	SR	448	1.25	88	45
	2380	SR	460	0.36	56	182
	2160	SR	445	0.47	42	42
	2180	SR	449	0.72	45	32
	2220	SR	451	0.81	56	28
2240	SR	460	0.24	62	75	
2260	SR	457	0.72	40	61	
2280	SR	449	0.65	46	59	
Sarkan #1	1934	GR	440	0.83	122	24
Veyzenhar #1	3107	GR	447	0.96	229	55
	3158	GR	444	0.85	248	54
	3183	GR	450	0.78	154	94
	3192	GR	443	0.59	186	72
	3244	GR	447	1.09	145	47
	3390	GR	441	0.31	326	209
	3436	GR	436	0.87	101	89
	3460	GR	431	0.29	152	120
	3466	GR	437	1.22	25	42
	3473	GR	440	4.37	5	5
Vizhenan #1	661	GR	460	2.49	87	12
	1423	GR	462	1.32	64	27
	2100	GR	441	2.1	30	11
	2439	SR	446	2.64	10	9

جدول الف-۲- پارامترهای ژئوشیمیایی سازندهای پابده در چاه های منطقه

Well name	Depth	Tmax	TOC	HI	OI
Ab-Tymur #1	2709	422	3.9	553	30
	2705	420	2.11	587	41
	2706	421	1.75	818	22
	2655	422	1.41	822	13
	2658	421	1.2	400	14
Asmari #2	720	499	0.52	38	101
	475	490	0.48	48	142
	365	483	0.42	21	158
	430	480	0.32	21	125
	395	472	0.22	50	165
	520	485	0.12	83	89
Azadegan #4	1843	425	2.46	293	52
	2166	426	1.71	190	52
	1976	424	1.61	268	43
	1753	426	1.55	148	85
Babaghir #1	31	460	1.16	8	299
	85	430	0.27	40	89
	103	427	0.24	91	120
	40	429	0.22	50	178
	167	420	0.21	47	57
	70	428	0.19	10	124
	118	429	0.17	64	88
	155	422	0.17	52	105
	137	432	0.11	64	180
Babaghir #2	725	430	1.07	532	27
	762	432	0.89	237	38
	677	430	0.82	282	55
	380	429	0.71	49	51
	441	437	0.69	100	41
	817	437	0.69	146	43
	1021	437	0.62	88	78
	1079	436	0.52	45	48
	914	435	0.51	175	49
	341	424	0.5	52	54
	975	436	0.49	157	38
	868	435	0.45	271	29
	308	420	0.42	33	42
	271	414	0.3	33	96
	286	415	0.27	55	87
Band-E-Karkheh	3275	427	4.44	15	52

Band-E-Karkheh	3305	426	4.35	150	48
	3325	418	3.87	497	57
	3360	421	3.62	562	58
	3286	428	3.22	69	32
	3355	429	3.21	474	60
	3365	429	2.95	523	43
	3330	428	2.78	483	52
	3260	430	2.48	45	42
	3390	430	1.75	595	42
	3255	429	0.59	161	120
	3410	431	0.48	2273	29
	3250	429	0.41	185	341
Changuleh #1	2883	397	1.94	160	78
	2892	402	1.75	138	52
	2898	408	1.7	117	78
	2913	414	1.32	162	64
Changuleh #2	3148	428	1.87	74	109
Danan #1	3035	427	3.09	247	30
	3011	426	2.25	216	48
	2938	427	1.46	47	57
	2880	425	1.41	50	61
	3221	427	1.25	276	46
	2913	426	1.22	153	47
	3230	428	1.12	393	66
	3237	427	1.1	355	71
	3197	427	1.04	389	70
	3203	426	0.95	244	75
	2980	426	0.89	224	33
	3255	427	0.88	316	57
	3240	426	0.82	421	86
	2986	427	0.75	369	122
	3233	428	0.75	435	34
3287	428	0.63	357	129	
Darquin #3	2223	428	2.75	62	14
	2205	427	2.25	87	22
	2250	429	1.45	148	19
	2275	431	1.3	92	42
	2370	429	0.95	100	52
	2345	430	0.8	158	75
	2381	430	0.68	115	100
	2340	430	0.32	247	46
	2401	428	0.22	159	212

Dehluran #22	3186	422	2.21	179	32
	3306	425	1.98	263	21
	3428	428	1.78	217	18
	3090	418	1.22	375	42
Haft-Kel #61	1120	434	1.2	163	75
	1260	436	1.11	158	85
	1190	435	0.95	126	90
	1050	431	0.47	294	65
Hossinieh #1	2124	430	2.6	22	81
	2104	428	1.1	102	140
	2131	429	0.77	123	152
	2146	426	0.33	215	369
	2084	425	0.22	323	100
Kabud #1	1868	435	2.75	79	37
	2163	438	2.22	55	51
	2033	435	2.12	136	38
	1813	431	1.97	223	36
	1914	434	1.92	181	31
	1944	433	1.72	185	49
	2062	436	1.51	426	39
	1840	432	1.43	242	27
	2078	436	1.32	420	41
	2136	436	1.29	84	60
	2109	437	0.98	251	27
	2212	439	0.93	84	48
	2188	449	0.82	99	56
	2225	440	0.59	198	22
Kupal #20	3925	431	2.51	412	49
	3895	430	1.89	234	54
	3906	432	0.96	391	100
Kushk #1	2250	425	2.1	34	38
	2170	421	1.51	17	55
	1885	418	1.5	40	70
	1950	421	1.22	59	34
	1790	433	1.19	37	61
	1840	419	1.1	74	50
	2100	424	0.99	78	64
	2320	426	0.97	107	72
	2020	426	0.88	118	82
Mahshar #1	2966	426	2.12	54	39
	2942	424	1.96	55	46
	2918	425	1.25	78	35

	2862	426	1.15	41	92
Mamatin #110	1030	426	2.56	480	40
	925	427	2.22	238	26
	715	429	1.56	506	36
	760	427	1.42	463	32
	830	428	1.14	207	55
	1095	430	0.95	277	77
Mansuri #6	2880	424	2.31	72	140
	2920	430	1.02	120	60
Marun #222	2920	433	6.59	313	30
	2900	432	6.34	315	18
	2830	426	4.76	389	28
	2886	424	2.36	396	24
Omid #1	2320	426	2.75	104	32
	2260	424	2.26	432	44
	2295	425	2.22	101	28
	2310	427	2.18	136	44
	2490	426	2.18	124	26
	2270	423	2.12	275	40
	2285	423	1.98	218	32
	2360	425	1.98	139	41
	2430	425	1.75	98	47
	2370	426	1.63	154	57
	2480	426	1.05	112	61
Palangan #1	3980	432	2.85	149	41
	3732	430	2.48	351	27
	3460	425	2.33	68	30
	3786	428	2.32	210	29
	3600	428	2.22	179	35
	3936	429	1.97	118	37
	3570	428	1.95	158	44
	3690	429	1.75	157	52
	4020	432	1.56	228	45
	3494	426	1.49	163	25
	3644	439	1.26	348	61
3822	430	1.18	103	46	
Paydar-West #1	3460	430	4.43	521	15
	3340	430	4.22	329	17
	3520	432	4.18	526	18
	3380	425	4.07	395	16
	3400	427	3.95	322	20
	3300	424	3.88	481	16

	3560	430	3.48	396	19
	3500	430	3.11	330	14
	3580	431	2.71	327	24
Qaleh-Nar #3	3635	435	0.92	196	48
	3590	432	0.87	391	19
	3610	435	0.74	169	37
	3570	439	0.68	324	20
Ramin #4	4280	429	7.2	238	49
	4240	428	3.75	369	33
	4322	428	3.75	247	32
	4044	427	3.05	302	33
	4370	430	2.94	243	25
	4160	426	2.25	128	32
	4084	426	2.17	194	44
	4120	427	1.95	163	75
Sussangerd #2	4206	428	1.7	244	28
	2999	429	1.5	205	27
	2843	426	1.45	69	60
	2956	427	1.42	130	40
	2868	427	1.22	91	42
	2923	426	1.17	235	32
Zeloi #5	2895	425	1.08	207	51
	3925	432	2.75	409	35
	3970	433	2.42	341	33
	3905	431	1.22	244	24
	3795	429	1.2	238	35
	4090	434	1.01	272	40
	4250	435	0.97	438	19
	3865	430	0.72	169	24

جدول الف-۳- پارامترهای ژئوشیمیایی سازندهای کژدمی در چاه های منطقه

Well name	Depth	Tmax	TOC	HI	OI
Ahwaz #101	4280	436	2.22	563	47
	4360	438	2.75	418	52
	4400	439	5.35	216	42
	4500	438	3.27	260	27
Azadegan #4	3280	428	0.98	127	75
	3352	429	1.25	178	32
	3410	430	0.86	230	45
	3464	429	2.21	147	27
Changuleh #2	4448	439	0.57	475	32
	4460	440	1.01	248	25

	4470	443	1.21	389	25
	4480	442	2.75	118	18
	4492	443	4.77	82	8
Danan #1	4190	438	1.69	26	27
	4192	437	2.1	41	35
	4196	438	2.43	34	22
	4199	436	1.97	44	15
	4220	437	3.66	15	17
Darquin #2	3420	431	2.68	271	25
	3428	430	1.75	274	20
	3440	431	2.22	145	18
	3450	432	1.95	152	12
	3460	433	2.75	138	21
	3483	432	1.92	145	17
	3495	433	2.74	75	15
	3533	433	2.2	147	13
Darquin #3	3550	431	1.82	231	10
	3560	432	1.1	340	22
	3572	431	1.56	313	28
	3585	432	2.94	183	18
	3611	434	0.84	209	148
	3686	435	1.21	186	53
	3701	434	3.1	137	21
	3731	436	2.56	12	16
Dehluran #22	4378	435	1.1	317	25
	4436	438	1.92	145	25
	4496	440	0.48	283	39
	4562	440	0.45	260	43
	4604	441	4.66	54	6
Haft-Kel #61	2460	440	3.08	148	13
	2510	441	2.88	130	21
	2560	439	1.33	53	85
	2610	441	1.21	393	53
	2660	442	2.03	304	26
	2720	440	1.04	238	63
Hossinieh #1	3384	430	2.87	713	28
	3432	429	0.85	318	295
	3474	431	1.2	357	75
	3514	433	3.6	193	32
	3524	431	2.89	289	14
	3544	433	1.05	405	95
Kushk #2	3400	430	3.28	658	18

	3450	431	2.91	455	12
	3500	429	3.62	41	15
	3560	430	2.75	44	10
	3490	431	3.45	57	14
	3550	433	2.92	15	24
	3610	434	0.21	276	246
	3670	434	0.62	77	97
Mahshar #1	4022	432	6.07	198	10
	4080	435	2.92	350	19
	4101	437	2.28	244	34
	4130	438	2.75	283	25
	4160	449	3.03	318	17
Mamatin #10	2390	440	4.54	237	39
	2460	441	3.22	216	81
	2520	443	1.59	206	68
	2600	441	5.05	42	17
	2658	442	1.93	210	10
Mansuri #6	4120	439	6.25	163	22
	4160	440	61.52	362	18
	4240	439	32.57	370	22
	4320	439	3.48	180	51
	4400	441	2.72	188	72
Marun #123	4360	440	2.66	154	37
	4418	439	3.72	141	29
	4450	440	5.1	238	27
	4494	441	3.89	238	31
	4526	440	4.01	252	29
	4570	441	3.35	167	37
Omid #1	3880	433	2.33	463	28
	3890	433	2.75	325	27
	3930	434	3.05	499	29
	3940	435	4.25	294	32
	3950	434	2.75	173	28
	3960	433	0.94	389	33
	4080	435	1.25	156	25
	4100	434	6.12	93	42
	4110	436	3.2	299	21
Susangerd #2	4102	433	0.23	248	305
	4134	436	10.9	580	6
	4165	438	7.3	520	2
	4184	439	1.62	381	46

Abstract

New techniques are frequently applied to develop exploration and production of unknown hydrocarbon resources regarding increasingly quest of industry for hydrocarbon sources. In recent years, many researchers focused on the shale gas due to decrease of oil reserves and high prices of hydrocarbon in world markets.

With the purpose of arranging, the research is divided into two parts: in the first part, widely studied unconventional hydrocarbon resources to achieve a complete source of information about these new and important resources. Also, have been tried the most complete source of information about these resources in Iran being collect.

In the second part, based on analysis of available information also geologic characters of oil fields of Lurestan Basin, have been determined the TOC, maturity, depth of achieve to the goal formations and possible formation for existence gas shales in this basin.

At first, important geochemical parameters of shales resources have been determined and further, significant shale formations of Lurestan basins contain: Pabdeh, Kazhdumi, Sargelu and Garau have been investigated. In this research, discriminant analysis and their simple graphical method, used for the purpose of evaluation and discrimination of good potential and without potential samples.

For this purpose, significant geochemical parameters that have critical effect on gas shales, like TOC, maturity and hydrogen index in these formations compared and quite different between Garau and Sargelu with Pabdeh was observed. Pabdeh formation is almost immature and Garau and Sargelu formations are into the wet gas and condensate window. Also, with respect of other parameters, Garau formation selected as a good potential population, and Pabdeh formation selected as a without potential population for determining the discriminant factor.

Then, discriminant analysis was calculated by using the average of geochemical parameters and the best discriminant factor with the highest ability to discriminant was obtained.

Result of this research shows that lower part of Garau formation and the top of Sargelu Formation in the Lurestan basin; generally have primary condition for containing gas shales resources.

Key words: Unconventional resources, Gas shale, Discriminant Analysis, Discriminant Factor, Garau Formation, Sargelu Formation



Sharood University of Technology

Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics Engineering

Master of Science in Petroleum Exploration Engineering

**Potential mapping of gas shales reserves in
one of the south west basins of Iran**

Amir Negahdari

Supervisors:

Dr M. Ziaii

Dr M. Nemati

Advisors:

Mr. J. Ghiasi Freez

February 2013