

مقایسه روشهای $\Delta \log R$ و مبتنی بر کانی شناسی در تخمین مقدار کربن آلی سازند پابده در میادین اهواز و رگ سفید

مهدی شفیق^۱، سید حسن طباطبایی^{۲*}، مرتضی طباطبایی^۳، نادر فتحیان پور^۴، علی اپرا^۵

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اکتشاف نفت، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
 - ۲- دانشیار دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
 - ۳- دانشیار دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
 - ۴- دانشیار دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
 - ۵- کارشناس ارشد اداره زمین شناسی، شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، اهواز، ایران
- * tabatabaei@iut.ac.ir

دریافت اسفند ۱۳۹۸، پذیرش مهر ۱۳۹۹

چکیده

یکی از روش های متداول و نسبتاً دقیق تعیین میزان کربن آلی در سنگ ها، روشهای پیرولیز می باشند، که نمونه استاندارد آن روش پیرولیز راک اول است. این روش با استفاده از مغزه گیری، تخمین میزان کربن آلی و در نهایت پتانسیل یابی نفت و گاز در سنگ های منشا صورت می پذیرد. یکی از پارامترهای مهم و ارزشمند تعیین پتانسیل یابی منابع نفت و گاز، تخمین TOC می باشد. هدف و انگیزه از این مطالعه، بررسی و مقایسه روش $\Delta \log R$ و روش مبتنی بر کانی شناسی برای محاسبه میزان کل کربن آلی در سنگ منشا می باشد، آن روشی اولویت بالاتر دارد که به نتایج آزمایش های پیرولیز راک اول نزدیکتر بوده و دارای صحت کافی و مورد تایید باشد و همچنین هزینه نسبتاً پایینی داشته باشد. میادین مورد مطالعه در این پژوهش، دو میدان اهواز و رگ سفید می باشند که از جمله میادین پر پتانسیل جنوب غرب ایران جهت مطالعه و بررسی دقیق تر برای تخمین میزان کربن آلی محسوب می گردند. در این پژوهش مطالعات نرم افزاری از طریق نرم افزار IP انجام شده است که با استفاده از آن داده های پتروفیزیکی هر میدان مورد محاسبه و بررسی قرار گرفته و نهایتاً نتایج آن با مقادیر واقعی TOC مورد مقایسه قرار گرفته است. داده های ورودی در روش مبتنی بر کانی شناسی شامل لاگ چگالی، لاگ تخلخل نوترونی و لاگ گاما و داده های ورودی در روش $\Delta \log R$ شامل لاگ صوتی و مقاومت می باشد. روش های مناسب تر (بر حسب میزان R^2) در میدان های اهواز و رگ سفید به ترتیب روش مبتنی بر کانی شناسی و روش $\Delta \log R$ می باشد. همچنین در برآیند کار با توجه به پارامترهای هزینه، دقت و صحت، بهترین روش مورد بحث در این پژوهش روش مبتنی بر کانی شناسی با میزان R^2 در میادین اهواز و رگ سفید به ترتیب برابر با ۰.۹۴ و ۰.۶۱ می باشد. سپس، روش $\Delta \log R$ در اولویت دوم قرار می گیرد.

کلیدواژه: میزان کربن آلی، سنگ منشا، میدان اهواز، میدان رگ سفید، روش $\Delta \log R$ ، روش مبتنی بر کانی شناسی.

۱- مقدمه

در بسیاری از چاه های اکتشافی نفت و گاز تعداد نمونه های مغزه ی در دسترس، محدود است و امکان آنالیز برای به دست آوردن مقدار کل کربن آلی و میزان بلوغ سنگ منشا برای تمامی اعماق چاه ها به طور پیوسته وجود ندارد. امروزه، به منظور اجتناب از هزینه های فراوان آنالیزهای آزمایشگاهی، می توان با استفاده از روش های هوشمند و آماری و همچنین با سرعت و دقت قابل قبولی، مقدار کل کربن آلی و سطح بلوغ حرارتی سنگ های منشا را به دست آورد. در روش های هوشمند از داده های پتروفیزیکی که به طور پیوسته در تمامی طول چاه تهیه می شوند، استفاده می شود. در زمینه برقراری ارتباط کیفی و کمی بین داده های پتروفیزیکی و مقدار کربن آلی به افرادی از جمله: بیرز^۱ (۱۹۴۵)، فرتل^۲ (۱۹۸۸) و هرتزاگ^۳ (۱۹۸۹)، می توان اشاره نمود که از نگار طیفی پرتوی گاما^۴ برای شناسایی سنگ های غنی از ماده آلی استفاده کرد و همچنین پاسی^۵ (۱۹۹۰) که روش $\Delta\log R$ را ابداع نموده و با این روش مقدار کل کربن آلی (TOC)^۶ را مورد محاسبه قرار داد [۲و۱]. این روش ابتدا در شرکت نفتی اکسون/ایسو^۷ به کار گرفته شد و مطالعات موفق بعدی نیز سبب مقبولیت آن در میان اغلب شرکتهای نفتی گردید [۳و۴]. همچنین امیری بختیار و همکاران (۱۳۹۰) نیز از همین روش برای تخمین میزان کربن آلی سازنده پابده در میدان اهواز استفاده نمودند که در آن مطالعه روش های شبکه عصبی و ژئوشیمیایی نیز مورد تحلیل قرار گرفته است. روش دیگری که برای محاسبه میزان کل کربن آلی به کار می رود روش داده های کانی شناسی است. این روش که مبتنی بر کانی شناسی است بر حسب اختلاف دو لاگ شاخص رس و لاگ گاما می باشد و از این طریق میزان کل کربن آلی را تخمین می زند که در ادامه به طور تفصیلی توضیح داده خواهد شد [۵]. مقدار کل کربن آلی (TOC) درصد وزن کربن است که در قسمت آلی سنگ قرار دارد. از لحاظ تاریخی، TOC به طور مستقیم فقط برای معادل سازی کربن موجود در کروژن سنگ اما در عمل در اندازه گیری های کربن مستقیم مورد استفاده قرار می گیرد، همچنین شامل بخشی از کربن موجود در قیر و بقایای نفت می باشد [۶]. اندازه گیری TOC برای ارزیابی شیل (سنگ نفت زا) های آلی ضروری است. شیل های نفتی معمولاً توسط مقدار TOC موجود تعریف می شوند که معمولاً از ۱/۵ تا ۲ درصد وزنی است [۷]. بنابراین، وضعیت TOC گامی ارزشمند در شناسایی ذخایر شیل آلی محسوب می شود [۸]. مقدار کربن آلی کل (TOC) موجود در سنگ منشا منابع هیدروکربن، یکی از پارامترهای حائز اهمیت در ارزیابی آن می باشد. این پارامتر نه تنها در مطالعات ژئوشیمیایی هیدروکربن مورد استفاده قرار می گیرد، بلکه در بررسی میزان گسترش کربن آلی سنگ منشا نیز نقش بسزایی دارد به گونه ای که با افزایش کربن آلی کل (TOC)، احتمال حضور سنگ منشا افزایش می یابد. بنابراین لازم است تا با روشی مناسب خصوصیات سنگ منشا برآورد شود. برای برآورد خصوصیات سنگ منشا روش های مختلفی وجود دارد که یکی از ابتدایی ترین روش ها استفاده از روش سنتی است که بسیار هزینه بر و زمان بر می باشد، لذا محققان به دنبال روش های کارآمدتر هستند. پس از پی بردن به اهمیت پارامتر TOC می توان به ضرورت و اهمیت این مطالعه از منظر بررسی و مقایسه روشهای مختلف برای محاسبه میزان کل کربن آلی در سنگ مادر پی برد، که قطعاً روشی اولویت بالاتر دارد که هم به اندازه کافی به نتایج روش مبنا نزدیکتر باشد و هم دارای صحت کافی باشد و هم به طور نسبی هزینه انجام عملیات آن پایین باشد. علاوه بر آن استفاده از این روش ها، مشکل کمبود چاه های حفاری شده و محدودیت مغزه و خرده های حفاری برای آنالیزهای

¹ Beers

² Fertle

³ Hertzog

⁴ GR

⁵ Passey et al

⁶ Total Organic Carbon

⁷ Exxon/Esso

آزمایشگاهی را نیز از بین می برد و می تواند حتی برای پیش بینی مکان های بعدی نمونه برداری از چاه های نفتی مورد استفاده قرار گیرد. در روش های هوشمند نیز که از جمله روش های تخمین TOC است، از داده های پتروفیزیکی به طور پیوسته در تمامی طول چاه استفاده می شود. با توجه به اینکه داده های پتروفیزیکی در بیشتر چاه های حفاری شده در دسترس بوده، لذا استحصال برخی از داده های ژئوشیمیایی از روی داده های پتروفیزیکی امری با ارزش خواهد بود که در زمان و هزینه صرفه جویی خواهد نمود. در ادامه، در زمینه نوآوری نسبت به موضوع مورد بحث، می توان با توجه به میزان کل کربن آلی محاسبه شده از طریق روش های مورد مطالعه (به ویژه روش نوین) در این پژوهش و یا روش های نرم افزاری، میزان بلوغ مربوط به چاه یا میادین مورد مطالعه را مورد بررسی قرار داد و از طریق آن نتایج حاصل از به دست آوردن TOC را به صورت کاربردی تر در صنعت به کار گرفت، به عبارت دیگر نتایج مهم و کلیدی را از طریق روش های کم هزینه و غیر مستقیم به دست آورد. همچنین لازم به ذکر است با توجه به این که در رابطه با روش های مذکور، نظرات و دلایل متفاوتی نسبت به کارایی و اهمیت هریک وجود دارد، لذا برای رسیدن به نتیجه ای جامع و علمی جهت اولویت دادن یک روش نسبت به روش دیگر این مطالعه لازم دیده شد تا با ضریب دهی و اهمیت دادن برای هر یک از مزایا و معایب هر یک از روش، ارجحیت و اولویت آنها نسبت به هم در دو میدان اهواز و رگ سفید، در کاربری علمی و صنعتی مشخص شود.

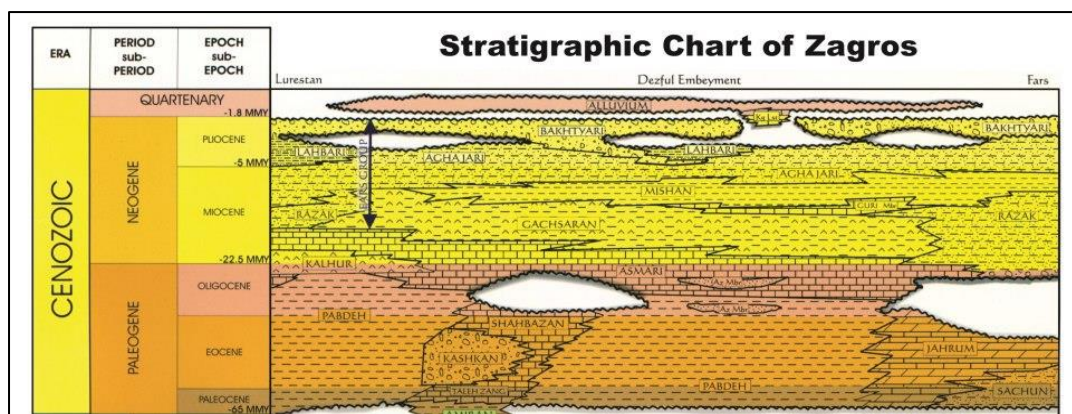
۲- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

میدان نفتی اهواز ۷۰ کیلومتر طول و ۷ کیلومتر عرض در تاپ آسماری (حدود ۴۹۰ کیلومتر مربع مساحت) ساختار تاقدیسی دارد و در جنوب غربی فروافتادگی دزفول و در حاشیه شهر اهواز قرار گرفته، به طوری که فرودگاه این شهر بر روی ناحیه ستیغ، در قسمت غربی میدان واقع گشته است [۵]. رخنمون سطحی این میدان از سازندهای آغاچاری و آبرفت های عهد حاضر تشکیل شده اند. این میدان نسبت به میادین مجاور از شمال توسط میادین رامین و سردرآباد، از شرق توسط میدان مارون، از غرب توسط میدان بند کرخه و از جنوب توسط میادین سوسنگرد، آب تیمور و منصوری محدود شده است. در قسمت های شمال شرقی و جنوب غربی این میدان گسل های رورانده وجود دارند که تا افق های بنگستان و خامی نیز امتداد دارند. شیب لایه های آن در دامنه شمالی بین ۱۰ تا ۲۱ درجه و شیب لایه ها در دامنه جنوبی آن بین ۶ تا ۱۲ درجه متغیر است. تاکنون سه مخزن آسماری، بنگستان و خامی در این میدان کشف شده که از این تعداد مخازن، آسماری و بنگستان آن در حال تولید می باشند. ساختمان مخزن آسماری این میدان سینوسی شکل و نسبتاً متقارن است [۹]. میدان نفتی رگ سفید تاقدیسی است که در جنوب غربی ایران، در ۱۵۰ کیلومتری جنوب شرقی اهواز و منتهی الیه شمال ساحل خلیج فارس، قرار دارد. از نظر توپوگرافی حداکثر ارتفاع رخنمون سطحی آن تا سطح آب های آزاد ۳۰۰ متر می باشد [۱۰]. این میدان نفتی از سه طرف به وسیله رودخانه زهره - هندیجان احاطه گشته و بین شهر هندیجان و کوه پازنان قرار دارد، به طوری که فاصله نزدیکترین نقطه آن تا خلیج فارس حدود ۶/۵ کیلومتر است. از لحاظ ارتباطی این میدان در محیط بین دو جاده آغاچاری - بندر دیلم با طول تقریبی ۸۶ کیلومتر و هندیجان - بندر دیلم با طول تقریبی ۵۵ کیلومتر است [۱۱] (شکل ۲).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی میدان نفتی اهواز (رنگ قرمز) و موقعیت میدان رگ سفید (رنگ زرد) [۱۱].

نام سازند پابده از تنگه پابده یا پیده در کوه گورپی به دست آمده است. پیده نام محلی است و مردم آن محل را پیدونی می خوانند. در بعضی منابع بجای تنگه پابده، کوه پابده آمده است. سازند پابده در فروافتادگی دزفول دارای اختصاصاتی به شرح ذیل می باشد: در ناحیه دزفول شمالی سازند پابده با خصوصیات کربناته از گسترش خوبی برخوردار می باشند. سازند پابده در ناحیه دزفول شمالی به ۳ واحد سنگی تقسیم شده که واحد سنگی ۱ در قاعده سازند و از جنس شیل و مارن می باشد. واحد سنگی ۲ بر روی واحد سنگی ۱ قرار گرفته و جنس آن از آهک، آهک شیلی و لایه های نازک شیلی می باشد. واحد سنگی ۳ که در قسمت فوقانی سازند پابده قرار می گیرد از آهک شیلی (عمدتا آهک) و شیل آهکی (عمدتا شیل) تشکیل شده است. در برخی از چاه ها به دلیل تخلخل خوب بخش های آهکی سازند پابده در حین حفاری مواد هیدروکربوری به سطح زمین رسیده اند و در بعضی دیگر در نمودارهای پتروفیزیکی وجود هیدروکربور تایید گردیده است. سازند پابده به علت دارا بودن شرایط سنگ شناسی ویژه خود (کربناتی - شیلی) می تواند عملکرد دوگانه ای داشته باشد و به عنوان مخزن و سنگ پوش عمل کند. لایه های کربناتی در واحد سنگی ۲ و سنگ های شیلی در واحد زمانی ائوسن که شکستگی هایی در خود نیز دارند می توانند ذخیره خوبی از مواد هیدروکربوری داشته باشند (شکل ۱). براساس نقشه های زمین شناسی، ژئوفیزیکی و اطلاعات حاصل از چاه ها هیچ گونه پیچیدگی ساختمانی نظیر تکرار طبقات و حذف که دال بر وجود گسل باشد در این سازند مشاهده نشده است ولی تغییرات ضخامت به صورت جانبی در تمام ناحیه دیده می شود که به دلیل عملکرد حوضه رسوبی و پستی و بلندی هایی است که در کف حوضه و دوری و نزدیکی حوضه رسوبی از ساحل دریا می باشد. مرز بین پابده و آسماری در ناحیه دزفول شمالی (مناطق شمالی) به وسیله انیدریت قاعده ای آسماری مشخص می شود. این انیدریت قاعده ای، بخشی از لایه تبخیری کلهر می باشد که از طرف لرستان وارد دزفول شمالی شده و پس از گذر از مناطق شمالی دزفول شمالی در میدان پارسای حذف می شود [۱۲].



شکل ۲- چینه نگاری سنگ منشا پابده (مربوط به حوضه زاگرس) [۱۳]

۳- روش شناسی تحقیق

الف- روش $\Delta \log R$ - براساس اطلاعات پتروفیزیکی، روش های آزمایشگاهی متفاوتی به منظور تمایز سنگ های منشا از غیر منشا استفاده می گردد [۱۵ و ۱۴]. پاسی (۱۹۹۰) از روش $\Delta \log R$ برای محاسبه درصد TOC استفاده نمود. هنگامی که یک سنگ، فقیر (خالی از سیالات و مواد آلی) در نظر گرفته می شود، این سنگ دارای دانسیته بالایی می باشد و چنانچه یک سنگ حاوی مقدار قابل توجهی از مواد آلی باشد، دارای مقادیر بالای مقاومت، گامای نسبتا بالا (به دلیل وجود اورانیوم غنی شده که به وسیله آرگانیزم ها از آب دریا جذب شده) و دانسیته پایین است. مواد آلی تشکیل دهنده در آب شیرین به دلیل عدم حضور یون های اورانیوم، دارای سطح گامای پایین می باشند. هر دو نمودار دانسیته و صوتی برای سنگ های غنی از ماده آلی مقادیر کمتری در مقایسه با سنگ های فقیر نشان می دهند. در سال ۱۹۹۰ یک ایده نسبتا جدید در ارزیابی سنگ منشا پیشنهاد شد که تکنیک $\Delta \log R$ نامیده شد. قرار گرفتن نسبت بین مقاومت های سازندی از یک طرف و قرائت های صوتی، چگالی و نوترون از طرف دیگر می تواند برای محاسبه $\Delta \log R$ استفاده گردد. جدایش $\Delta \log R$ به شکل خطی مربوط به TOC و تابعی از بلوغ می باشد. عملا میزان بلوغ یا LOM از آنالیز نمونه های مختلف (انعکاس ویترنایت، شاخص دگرسانی حرارتی یا T_{max}) و یا از تخمین تدفین و تاریخچه حرارتی به دست می آید. اگر بلوغ (LOM) نادرست تخمین زده شود، مقدار TOC مطلق می تواند نادرست باشد [۱۶]. برای محاسبه $\Delta \log R$ از نمودار صوتی و مقاومتی از فرمول زیر استفاده می گردد.

$$\Delta \log R = \log_{10} \left(\frac{R}{R_{base}} \right) + 0.02 * (\Delta t - \Delta t_{baseline}) \quad \text{(رابطه ۱):}$$

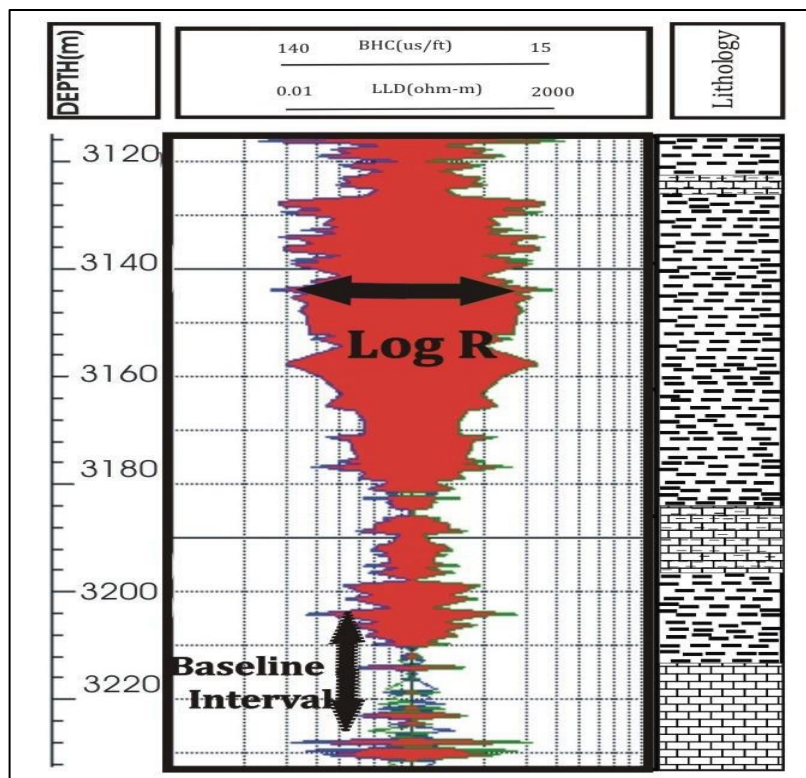
R: قرائت نمودار مقاومتی از روی نمودار

ΔT : قرائت نمودار صوتی از روی نمودار

در رابطه ۱ $\Delta \log R$ بیانگر میزان جدایش مثبت نمودارهای ترکیبی می باشد که بر حسب چرخه های لگاریتمی نمودارهای مقاومتی اندازه گیری می شوند. R مقدار مقاومت سازند می باشد که بر حسب اهم-متر توسط ابزارهای نمودارگیری بدست می آید. Δt زمان عبور امواج صوتی از درون سازند را بر حسب میکروثانیه بر فوت نمایش می دهد. R_{base} و Δt_{base} نیز به ترتیب معرف میزان مقاومت و زمان عبور صوت در حالت مبنا می باشند [۱۶]. معادله تجربی برای محاسبه TOC در سنگ های غنی از ماده آلی از رابطه زیر قابل محاسبه است (شکل ۳).

$$TOC = \Delta \log R * 10^{(2.297 - 0.1688 * LOM)} \quad \text{(رابطه ۲):}$$

در رابطه ۲ مقدار TOC بر حسب درصد وزنی (wt/.) است و LOM نیز میزان بلوغ یا Level of maturity نشان می دهد. مقدار LOM بین ۸-۹ آغاز پنجره نفتی و همچنین پایان پنجره نفتی با مقادیر LOM ۱۲-۱۳ مشخص می گردد [۱۷].



شکل ۳- نمایش دامنه تغییرات $\Delta \log R$ و Baseline Interval بر روی نمودارهای صوتی و مقاومتی [۱۸]

ب- روش مبتنی بر کانی شناسی

این روش از طریق داده‌های مختلف از جمله چگالی، نوترون، آکوستیک، رزونانس مغناطیسی هسته‌ای و داده‌های نتایج ژئوشیمیایی، سازند را مورد ارزیابی قرار می دهد. همچنین از اندازه‌گیری‌های فوق برای ارائه و معرفی سنگ شناسی، چینه شناسی و کانی شناسی استفاده می گردد [۱۹].

ورودی‌های تخریل (آکوستیک، نوترون و چگالی) نتیجه میانگین وزنی مواد معدنی، کروژن و تخریل را بازتاب می نمایند. مقادیر پاسخ GR معمولاً در سنگ‌های منشأ زیاد است که به علت محتوای U بالا در مواد آلی می باشند. به همین دلیل است که پیشنهاد می شود پاسخ‌های GR سنگ‌های منشأ به طور عمده توسط مواد معدنی رس و کروژن به جای مواد معدنی غیر رس با مقادیر کم GR مشارکت نمایند. ورودی‌های GR به طور عمده به رس‌ها و کروژن پاسخ می دهند. در سنگ‌های غیرمنبع، تغییرات در ورودی‌های GR و شاخص رس، همسان و یا مشابه هستند. در مقابل، در سنگ‌های منشأ، دو منحنی GR و شاخص رس تغییرات مختلف را نسبت به هم نمایش می دهند. در برنامه‌های کاربردی، شاخص ورودی GR و رس در یک مسیر نمایش داده می شوند. مقیاس‌های دو منحنی باید به درستی تنظیم شود تا آنها را برای سنگ‌های غیرمنبع، از نظر سنگ‌های غنی از خاک رس و مخازن با نفت یا آب، بپوشاند. هنگامی که این دو منحنی مدرج می شوند، بخش‌های

غنی آلی را می توان به وسیله ی آن اندازه گیری کرد. تعیین مقیاس های مسیر منحنی ها در بخش زیر ارائه شده است. جداسازی بین دو نقطه، که تحت عنوان Δd تعریف شده است، اینگونه بیان می شود [۲۰]:

$$\Delta d = GR' - I'_{cl} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

$$GR' = \frac{GR - GR_{left}}{GR_{right} - GR_{left}} \quad \text{(رابطه ۴)}$$

$$I'_{cl} = \frac{I_{cl} - I_{cl_{left}}}{I_{cl_{right}} - I_{cl_{left}}} \quad \text{(رابطه ۵)}$$

GR مقدار ورودی برحسب API، GR_{left} ، GR_{right} مقیاس چپ منحنی GR در API گاما می باشد، GR_{right} مقیاس راست منحنی GR در API، $I_{cl_{left}}$ ، $I_{cl_{right}}$ مقیاس چپ منحنی شاخص رس، و $I_{cl_{right}}$ مقیاس راست منحنی شاخص رس است [۲۰]. جداسازی Δd تحت عنوان کروژن افزایش پیدا می کند. اگر رابطه ای بین TOC مغزه و Δd برقرار شود، آنگاه TOC بخش چاه، که هیچ نمونه ای در دسترس نباشد، می تواند محاسبه گردد. در این بخش رابطه بین TOC و Δd خطی است و بنابراین می توان آن را تحت عنوان:

$$TOC = a\Delta d + b \quad \text{(رابطه ۶)}$$

که در آن a و b ، به ترتیب شیب و مقطع رابطه خطی می باشند. آنها با همبستگی مقادیر Δd با داده های TOC مغزه به دست می آیند. درعمل، به دلیل همبستگی مثبت Δd و TOC، a باید مثبت باشد. متغیر b باید برابر یا بیشتر از صفر درصد و کمتر از ۰/۰۵٪ باشد، زیرا محتویات TOC در سنگ های غیرمنشا در این دامنه متغیر می باشند [۲۰].

۳- بحث و بررسی

در ابتدا در بخش بحث و بررسی لازم است که یک دید کلی از داده های موجود در هر میدان داشت تا بتوان یک امکان سنجی مناسب و دقیق در رابطه با تحلیل و پردازش آن ها داشت. در این بخش طی دو جدول ۱ و ۲ برای هر میدان در سازند پابده، اطلاعاتی از قبیل؛ داده های راک اول و داده های لاگ (پتروفیزیکی) مورد بررسی قرار گرفته اند تا بر حسب وجود یا عدم وجود داده های مورد نیاز در هر چاه، بتوان پردازش دقیقی در هر روش از روش های مورد نظر داشت.

جدول ۱- داده های در دسترس از میدان اهواز

سازند پابده میدان اهواز	چاه اول	چاه دوم (اصلی)	چاه سوم
داده های راک اول	-	<input checked="" type="checkbox"/>	-
داده های لاگ (پتروفیزیکی)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

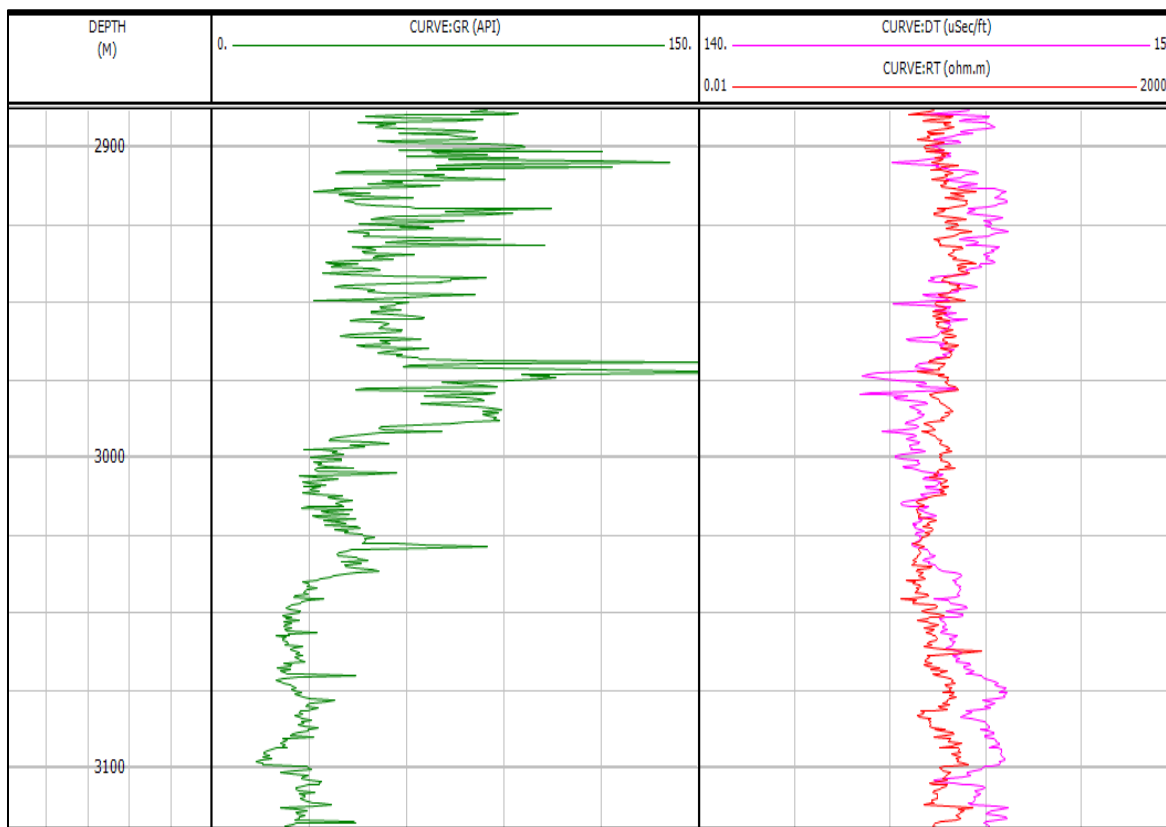
جدول ۲- داده های در دسترس از میدان رگ سفید

سازند پابده میدان رگ سفید	چاه اول	چاه دوم (اصلی)	چاه سوم
داده های راک اول	-	<input checked="" type="checkbox"/>	-
داده های لاگ (پتروفیزیکی)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

۳-۱ تحلیل و بررسی روش $\Delta \log R$ در هر میدان

در رابطه با تحلیل و بررسی این بخش در میداین مورد مطالعه باید در نظر داشت که اگر در هر میدان میزان ارتباط و تشابه داده های واقعی با داده های محاسبه شده بیشتر باشد، در نتیجه در میدان موردنظر استفاده از آن روش معتبرتر و کاراتر خواهد بود، که در این جا مشخص می گردد. بنابراین مقایسه روش ها برای تخمین میزان TOC، به تفکیک میداین صورت می

پذیرد که در ادامه به این بخش در روش $\Delta \log R$ پرداخته می شود. همان طور که در شکل ۴ دیده می شود، لاگ های GR ، مقاومت و صوتی در میدان اهواز در محدوده عمقی سازند پاینده رسم شده است که در این مرحله میزان $R_{baseline}$ و $\Delta t_{baseline}$ با در نظر داشتن میزان GR در هر محدوده تعیین می گردد. آن عمقی که مقدار GR بالاتر نشان می دهد می تواند زون پر پتانسیلی محسوب گردد و در نتیجه محل جدایش لاگ های مقاومت و صوتی است و بالعکس در جایی که میزان GR پایین باشد، آن نقطه و زون می تواند محل تشخیص خط مبنا با توجه به روی هم قرار گرفتن لاگ های مقاومت و صوتی باشد. تغییراتی که در لاگ های مقاومت و صوتی در اشکال روبرو دیده می شود با توجه به شرایط مختلف زمین شناسی و خصوصیات پتروفیزیکی اعماق و زون های مختلف سازند رخ می دهد که از جمله آن ها تغییرات تخلیل که بر روی لاگ صوتی اثر می گذارد و تغییرات میزان بلوغ حرارتی که بر روی لاگ مقاومت موثر است و هر دوی آن ها و تغییراتشان در تخمین میزان کربن آلی و پتانسیل یابی سنگ منشا موثر و تعیین کننده است. با توجه به اطلاعاتی که از اداره زمین شناسی شرکت مناطق نفت خیز در یافت شده است برای میدان اهواز، از عمق ۲۹۵۰ تا ۲۹۷۵ متری میزان LOM با توجه به تغییرات لاگ مقاومت برابر با ۹.۷۵ در نظر گرفته شد. علاوه بر آن در اعماق ۲۹۷۵ تا ۳۰۱۶ متری این میدان LOM برابر با ۹.۵ و از عمق ۳۰۱۶ تا ۳۰۷۰ متری این پارامتر برابر با ۹.۳۵ در نظر گرفته شد. همچنین میزان $R_{baseline}$ و $\Delta t_{baseline}$ به ترتیب برابر با ۴ اهم و ۵۱ میکروثانیه بر فوت مدنظر قرار گرفت.



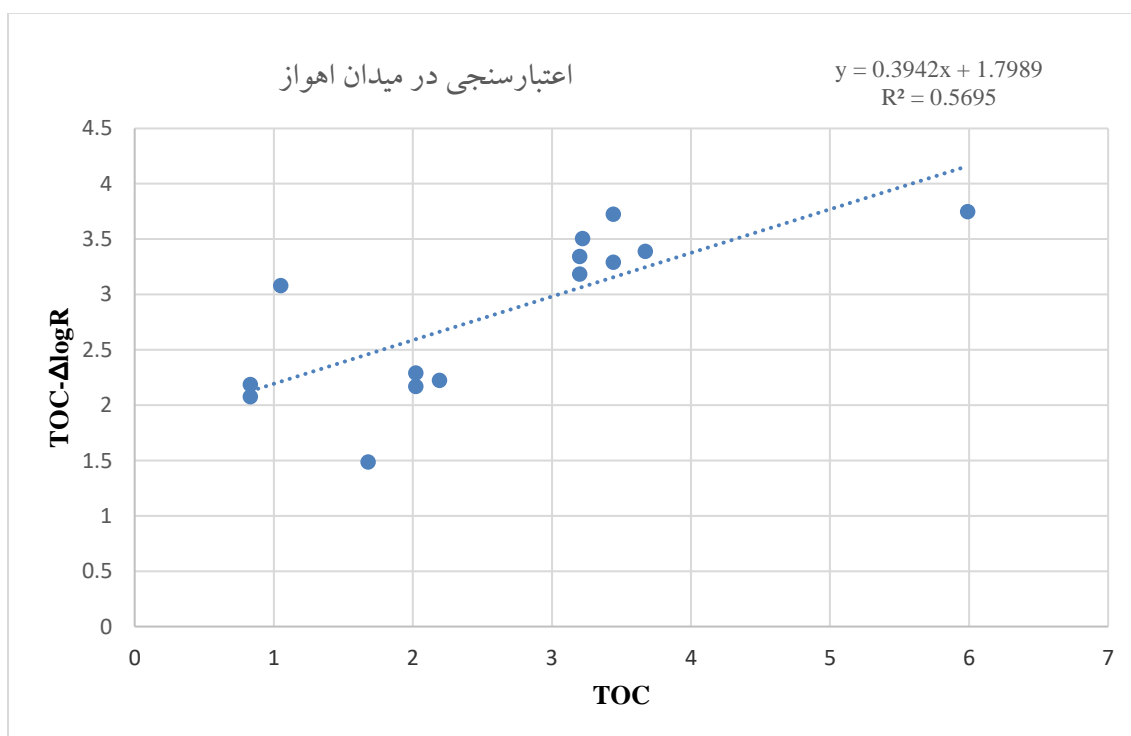
شکل ۴ - تحلیل و بررسی اولیه روش $\Delta \log R$ در میدان اهواز و تعیین پارامترهای مبنا از عمق حدود ۳۰۱۰ متری

همان طور که در اشکال ۵ و ۱۶ دیده می شود، میزان ارتباط و همبستگی TOC حاصل از روش $\Delta \log R$ با TOC حاصل از روش راک اول در میدان نفتی اهواز مورد بررسی قرار گرفته است که در شکل ۱۶ این ارتباط در نرم افزار IP و به صورت دقیق تر به شکل لاگ برای TOC حاصل از روش $\Delta \log R$ و به شکل نقاط سیاه رنگ برای TOC حاصل از روش راک اول نشان داده شده است. همچنین در شکل ۵ نیز میزان $R^2=0.5695$ ($R=0.754$) می باشد که با توجه به تعداد داده ها در میدان

اهواز، به طور نسبی دارای ارتباط و همبستگی پایینی می باشد. در جدول ۳ داده های عددی حاصل از روش راک اول و روش $\Delta \log R$ در میدان اهواز ارائه شده است.

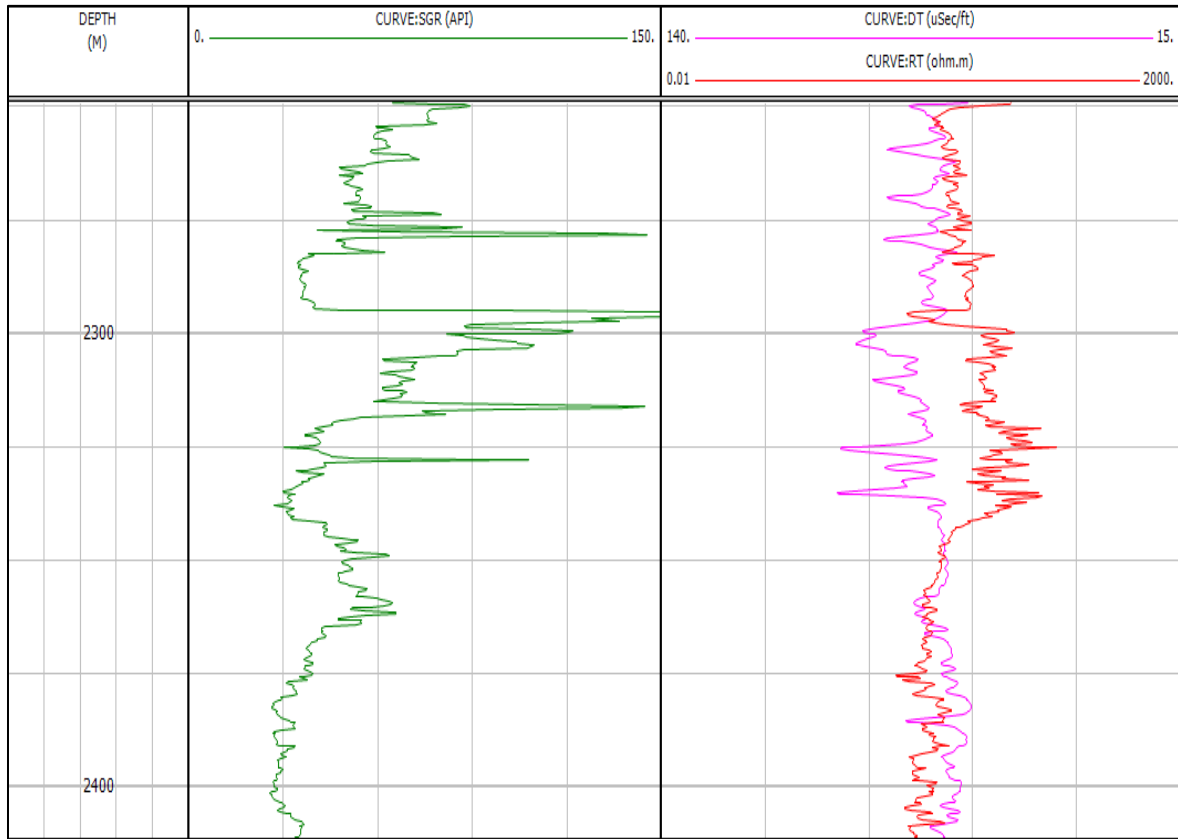
جدول ۳- داده های عددی حاصل از روش راک اول و روش $\Delta \log R$ در میدان اهواز

TOC (%)	TOC-rock eval
۳.۰۸	۱.۰۵
۳.۵۱	۳.۲۲
۳.۳۹	۳.۶۷
۳.۷۵	۵.۹۹
۳.۷۳	۳.۴۴
۳.۲۹	۳.۴۴
۳.۳۴	۳.۲
۳.۱۸	۳.۲
۲.۲۲	۲.۱۹
۱.۴۹	۱.۶۸
۲.۰۸	۰.۸۳
۲.۱۹	۰.۸۳
۲.۱۷	۲.۰۲
۲.۲۹	۲.۰۲



شکل ۵ - بررسی میزان ارتباط و همبستگی TOC حاصل از روش $\Delta \log R$ و TOC حاصل از راک اول در میدان اهواز

آن طور که در شکل ۶ دیده می شود، لاگ های GR، مقاومت و صوتی در میدان رگ سفید در محدوده عمقی سازند پابده رسم شده است که در این مرحله میزان $R_{baseline}$ و $\Delta t_{baseline}$ با در نظر داشتن میزان GR در هر محدوده تعیین می گردد. در میدان رگ سفید نیز، به تفکیک زون بندی ها میزان LOM در هر زون مشخص شده است. در زون بالایی از عمق ۲۲۷۵ تا ۲۳۱۶ متری میزان این پارامتر برابر با ۹.۳، در زون میانی از عمق ۲۳۱۶ تا ۲۳۴۷ متری برابر با ۹.۷۵ و در زون پایینی از عمق ۲۳۴۷ تا ۲۳۶۴ متری پارامتر LOM برابر با ۸.۸ در نظر گرفته شد. دو پارامتر $R_{baseline}$ و $\Delta t_{baseline}$ در این میدان برابر با ۶.۷ اهم و ۷۱ میکروثانیه بر فوت می باشد.



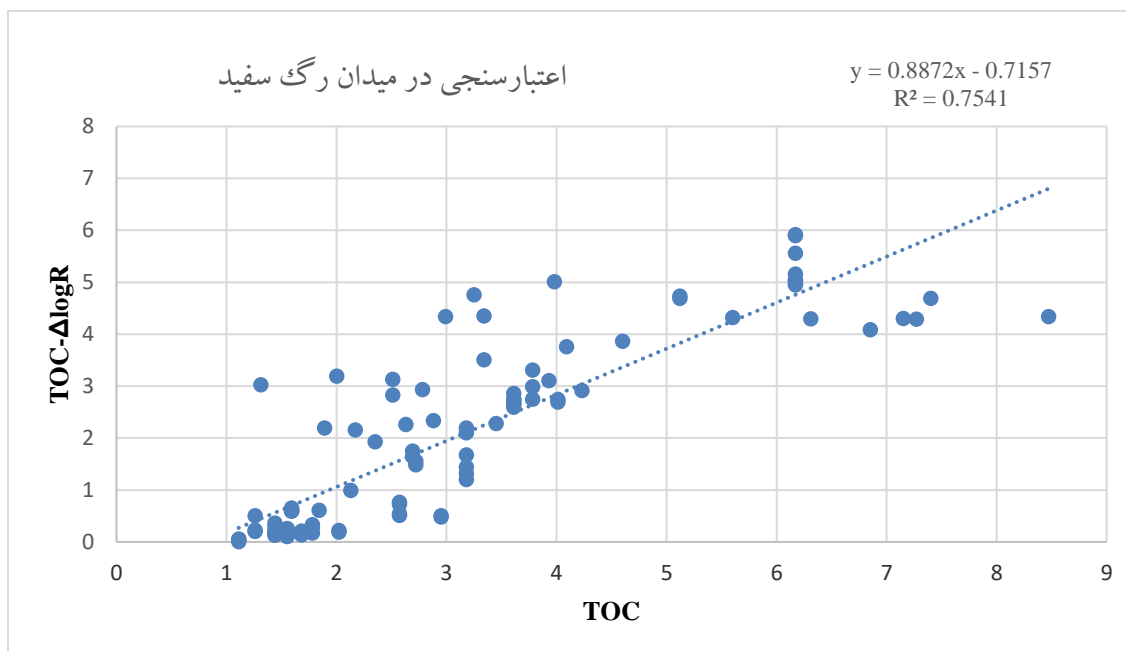
شکل ۶ - تحلیل و بررسی اولیه روش $\Delta \log R$ در میدان رگ سفید و تعیین پارامترهای مبنا از عمق حدود ۲۳۵۵ متری

همان طور که در اشکال ۷ و ۱۶ دیده می شود، میزان ارتباط و همبستگی TOC حاصل از روش $\Delta \log R$ با TOC حاصل از روش راک اول در میدان نفتی رگ سفید مورد بررسی قرار گرفته است که در شکل ۱۶ این ارتباط در نرم افزار IP و به صورت دقیق تر به شکل لاگ برای TOC حاصل از روش $\Delta \log R$ و به شکل نقاط سیاه رنگ برای TOC حاصل از روش راک اول نشان داده شده است. همچنین در شکل ۷ نیز میزان $R^2 = 0.7541$ ($R = 0.868$) می باشد که با توجه به تعداد داده ها در میدان رگ سفید، نشان دهنده اعتبار این همبستگی در این میدان می باشد. در جدول ۴ داده های عددی حاصل از روش راک اول و روش $\Delta \log R$ در میدان رگ سفید ارائه شده است.

جدول ۴- داده های عددی حاصل از روش راک اول و روش $\Delta\log R$ در میدان رگ سفید

TOC (%)	TOC-rock eval	TOC (%)	TOC-rock eval	TOC (%)	TOC-rock eval
۱.۶۸	۳.۱۸	۳.۸۶	۴.۶	۰.۱۹	۱.۴۴
۱.۳۲	۳.۱۸	۳.۱۰	۳.۹۳	۰.۲۱	۱.۴۴
۱.۲۰	۳.۱۸	۱.۹۳	۲.۳۵	۰.۲۰	۱.۴۴
۱.۴۴	۳.۱۸	۲.۹۱	۴.۲۳	۰.۱۸	۱.۴۴
۲.۲۰	۳.۱۸	۳.۵۱	۳.۳۴	۰.۲۰	۱.۴۴
۲.۱۰	۳.۱۸	۴.۳۵	۳.۳۴	۰.۲۱	۱.۶۸
۲.۵۹	۳.۶۱	۳.۱۳	۲.۵۱	۰.۱۳	۱.۶۸
۲.۶۸	۳.۶۱	۵.۰۱	۳.۹۸	۰.۱۷	۱.۶۸
۲.۷۴	۳.۶۱	۴.۳۴	۲.۹۹	۰.۳۳	۱.۷۸
۲.۷۴	۳.۶۱	۴.۶۹	۵.۱۲	۰.۲۸	۱.۷۸
۲.۸۶	۳.۶۱	۴.۷۳	۵.۱۲	۰.۱۷	۱.۷۸
۲.۶۶	۳.۶۱	۳.۷۶	۴.۰۹	۰.۱۴	۱.۵۵
۱.۷۵	۲.۶۹	۲.۸۳	۲.۵۱	۰.۱۰	۱.۵۵
۱.۶۴	۲.۶۹	۲.۱۹	۱.۸۹	۰.۱۲	۱.۵۵
۲.۹۹	۳.۷۸	۲.۱۶	۲.۱۷	۰.۲۲	۱.۵۵
۳.۳۱	۳.۷۸	۲.۲۶	۲.۶۳	۰.۲۱	۱.۵۵
۲.۷۵	۳.۷۸	۳.۱۹	۲.۰۰	۰.۲۱	۱.۵۵
۲.۶۹	۴.۰۱	۴.۷۶	۳.۲۵	۰.۲۳	۱.۵۵
۲.۷۴	۴.۰۱	۲.۹۳	۲.۷۸	۰.۲۴	۱.۵۵
۲.۲۸	۳.۴۵	۳.۰۳	۱.۳۱	۰.۲۶	۱.۵۵
۵.۹۲	۶.۱۷	۲.۳۴	۲.۸۸	۰.۲۳	۱.۵۵
۵.۹۰	۶.۱۷	۱.۵۶	۲.۷۲	۰.۲۲	۲.۰۲
۵.۵۶	۶.۱۷	۱.۴۸	۲.۷۲	۰.۱۹	۲.۰۲
۴.۹۷	۶.۱۷	۰.۹۹	۲.۱۳	۰.۰۱	۱.۱۱
۴.۹۵	۶.۱۷	۰.۶۱	۱.۸۴	۰.۰۵	۱.۱۱
۵.۰۴	۶.۱۷	۰.۶۰	۱.۵۹	۰.۰۶	۱.۱۱
۵.۱۶	۶.۱۷	۰.۶۰	۱.۵۹	۰.۵۱	۲.۵۷
۵.۰۳	۶.۱۷	۰.۵۹	۱.۵۹	۰.۵۴	۲.۵۷
۴.۶۹	۷.۴۰	۰.۶۱	۱.۵۹	۰.۲۰	۱.۲۶
۴.۰۹	۶.۸۵	۰.۶۵	۱.۵۹	۰.۲۲	۱.۲۶
۴.۲۹	۷.۲۷	۰.۳۶	۱.۴۴	۰.۵۰	۱.۲۶

۴.۳۲	۵.۶۰	۰.۲۹	۱.۴۴	۰.۷۶	۲.۵۷
۴.۳۰	۷.۱۵	۰.۱۳	۱.۴۴	۰.۷۳	۲.۵۷
۴.۳۴	۸.۴۷	۰.۱۳	۱.۴۴	۰.۵۰	۲.۹۵
۴.۳۰	۶.۳۱	۰.۱۷	۱.۴۴	۰.۴۸	۲.۹۵



شکل ۷ - بررسی میزان ارتباط و همبستگی TOC حاصل از روش $\Delta \log R$ و TOC حاصل از راک اول در میدان رگ سفید

۲-۳ تحلیل و بررسی روش داده های کانی شناسی

در ابتدا برای به دست آوردن مقدار کربن آلی لازم است مقادیر تخلخلی این لاگ ها بدست آیند. به دست آوردن تخلخل چگالی، از طریق فرمول مشخص شده ای خواهد بود که در آن، مقدار چگالی ماتریکس با توجه به آهکی و شیلی بودن سازند پابده در حدود ۲/۶ گرم بر سانتیمتر مکعب و چگالی مایع نیز با توجه به فرض آب بودن، در حدود ۱ گرم بر سانتیمتر مکعب در نظر گرفته می شود. بر اساس رابطه ۹ تخلخل حاصل از چگالی از طریق مقدار مطالعه شده از روی لاگ به این شکل بدست می آید که این پارامتر با تقسیم کردن میزان اختلاف چگالی مطالعه شده از روی لاگ با چگالی ماتریکس و میزان اختلاف چگالی آب و ماتریکس بر هم دست می آید.

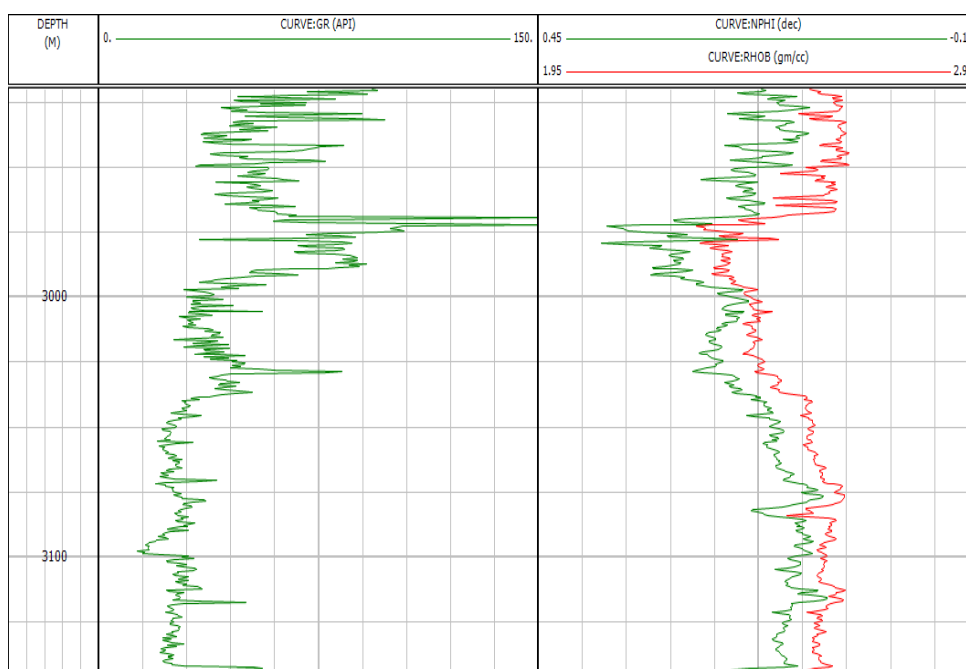
$$\varphi_{Na} = \frac{\Phi_N}{100} \quad \text{(رابطه ۷)}$$

$$\varphi_{Da} = (\rho_b - \rho_{ma}) / (\rho_f - \rho_{ma}) \quad \text{(رابطه ۸)}$$

همچنین در بدست آوردن تخلخل نوترونی نیز مقدار خوانده شده از روی لاگ را طبق فرمول ۸ بر عدد ۱۰۰ تقسیم شده (به دلیل تفاوت در مقیاس خروجی لاگ و مقیاس مورد نظر در فرمول) و حاصل در فرمول مربوط به Icl وارد می شود، از این طریق میزان Icl مشخص خواهد شد که مجددا همین پارامتر Icl لازم است که در نرم افزار و توسط لاگ با میزان GR مشخص و رسم گردد، چرا که باید قسمت هایی از لاگ که این دو پارامتر روی هم قرار می گیرند (نشان دهنده عدم وجود سنگ مولد یا منشا است) بتوان با تغییر دادن مقیاس های چپ و راست بر روی لاگ ها، این بخش ها را شناسایی نمود تا

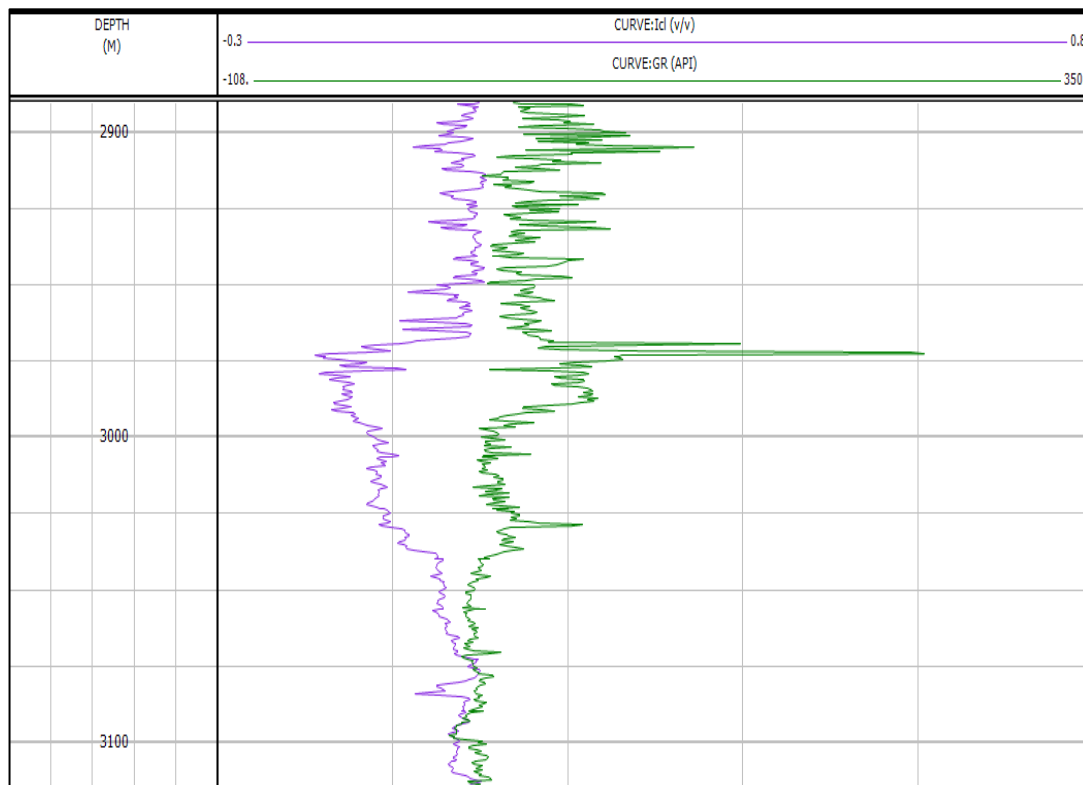
نهایتاً بخش هایی از سازند و اعماق مربوطه که از لحاظ حضور هیدروکربن مستعد هستند شناسایی گردند. این امر از طریق اختلاف مناسبی که در این قسمت ها بین Icl و GR ایجاد می شود قابل درک است. بعد از این مرحله لازم است تا این مقیاس (scale) های تازه تعریف شده و مشخص شده در لاگ، در فرمول نرمالیزه کردن Icl و GR استفاده گردد، به این شکل که مقیاس چپ را از مقدار خوانده شده از لاگ برای هر کدام از پارامترها کم شده، سپس بر اختلاف مقیاس های چپ و راست تقسیم می شود تا حاصل مربوط را به عنوان حاصل نرمالیزه شده به دست آید. نهایتاً از اختلاف این دو پارامتر اصلی نرمالیزه شده میزان Δd مشخص خواهد شد که این Δd نیز طبق فرمول لازم است که دارای یک رابطه خطی مناسب با TOC باشد.

با استفاده از این رابطه خطی میزان TOC در دیگر قسمت ها و اعماق نیز محاسبه می گردد و نکته ای که در این قسمت لازم به ذکر و توجه است این است که این ارتباط خطی که به صورت نقاط پلات شده بین Δd و TOC واقعی در نظر گرفته می شود لازم است که ارتباط اولیه متناسب و خوبی داشته باشد تا ارتباط خطی حاصل از آن نیز معتبر و مورد تایید باشد و بتواند نتایج صحیح تر و دقیق تری را در اعماق دیگر ارائه دهد. در انتهای امر با مشخص شدن ضرایب فرمول خطی مربوط به این روش، عملاً آن فرمول ها برای هر میدان شرایط اصلی خود را برای به دست آوردن TOC ها در هر میدان و در اعماق مربوط به خود پیدا می کنند که از این طریق میتوان میزان TOC را در دیگر بخش های میداین و اعماق پیدا کرده و حاصل را ارزیابی نمود. در این مرحله، ارزیابی های نهایی می تواند نتیجه مطلوب و مد نظر در این مطالعه را بدهد چرا که این میزان نشان دهنده مقایسه مورد نظر بین روش ها بوده تا بتوان بهترین روش برای هر میدان به صورت جداگانه و در نهایت بهترین روش به صورت برآیند در این مطالعه شناسایی و بررسی گردد. مقایسه روش ها برای تخمین میزان TOC، در این جا به تفکیک میداین صورت می پذیرد که در ادامه به این بخش در روش داده های کانی شناسی پرداخته می شود. همان طور که در شکل ۸ دیده می شود، لاگ های GR، چگالی و تخلخل نوترونی در میدان اهواز در محدوده عمقی سازند پایده رسم شده است که در شکل ۹ طی مراحلی که در بالا گفته شد لاگ Icl نیز از طریق فرمول های گفته شده رسم گردید تا به طور دقیق تر نسبت به لاگ GR مورد مقایسه و بررسی قرار بگیرد. همچنین عمده تا میزان لاگ Icl از لاگ GR کمتر می باشد.



شکل ۸- تحلیل و بررسی اولیه روش داده های کانی شناسی در میدان اهواز

همان طور که در شکل ۹ دیده می شود مقیاس های چپ و راست لاگ Icl به ترتیب -0.3 و 0.8 می باشد و برای لاگ GR به ترتیب -108 و 350 است.



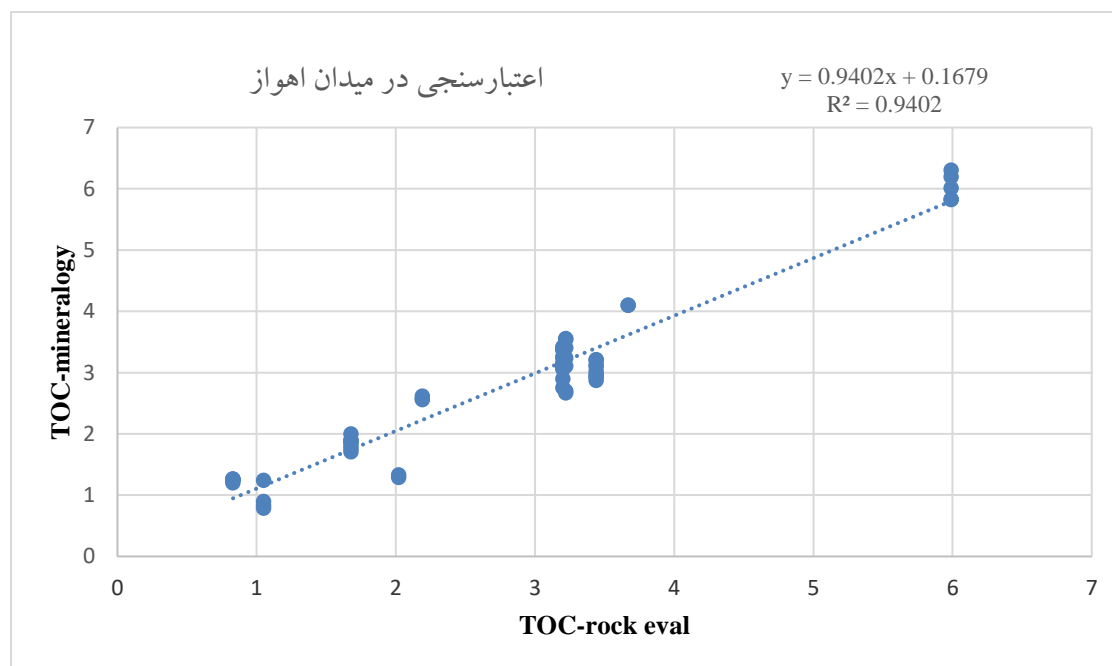
شکل ۹- تحلیل و بررسی ثانویه روش داده های کانی شناسی در میدان اهواز

رابطه خطی پارامتر Δd و TOC واقعی با همبستگی $R^2=0.96$ ($R=0.96$) می باشد که با توجه به تعداد داده ها در میدان اهواز این ارتباط معتبر و مورد اعتماد می باشد و در نتیجه رابطه خطی به دست آمده منطقی می باشد. در جدول ۵ داده های عددی حاصل از روش راک اول و روش مبتنی بر کانی شناسی در میدان اهواز ارائه شده است.

جدول ۵- داده های عددی حاصل از روش راک اول و روش مبتنی بر کانی شناسی در میدان اهواز

TOC (%)	TOC-rock eval	TOC (%)	TOC-rock eval	TOC (%)	TOC-rock eval
۰.۸۳	۱.۰۵	۳.۰۲	۳.۴۴	۲.۶۲	۲.۱۹
۰.۷۹	۱.۰۵	۳.۱۳	۳.۴۴	۲.۵۸	۲.۱۹
۰.۹۰	۱.۰۵	۳.۲۱	۳.۴۴	۲.۵۶	۲.۱۹
۱.۲۴	۱.۰۵	۳.۲۱	۳.۴۴	۲.۰۰	۱.۶۸
۲.۶۸	۳.۲۲	۳.۱۰	۳.۴۴	۱.۸۹	۱.۶۸
۳.۱۱	۳.۲۲	۲.۹۷	۳.۴۴	۱.۸۶	۱.۶۸
۳.۴۰	۳.۲۲	۲.۹۳	۳.۴۴	۱.۸۹	۱.۶۸
۳.۵۶	۳.۲۲	۲.۷۵	۳.۲	۱.۸۷	۱.۶۸
۳.۵۴	۳.۲۲	۲.۹۰	۳.۲۰	۱.۸۰	۱.۶۸

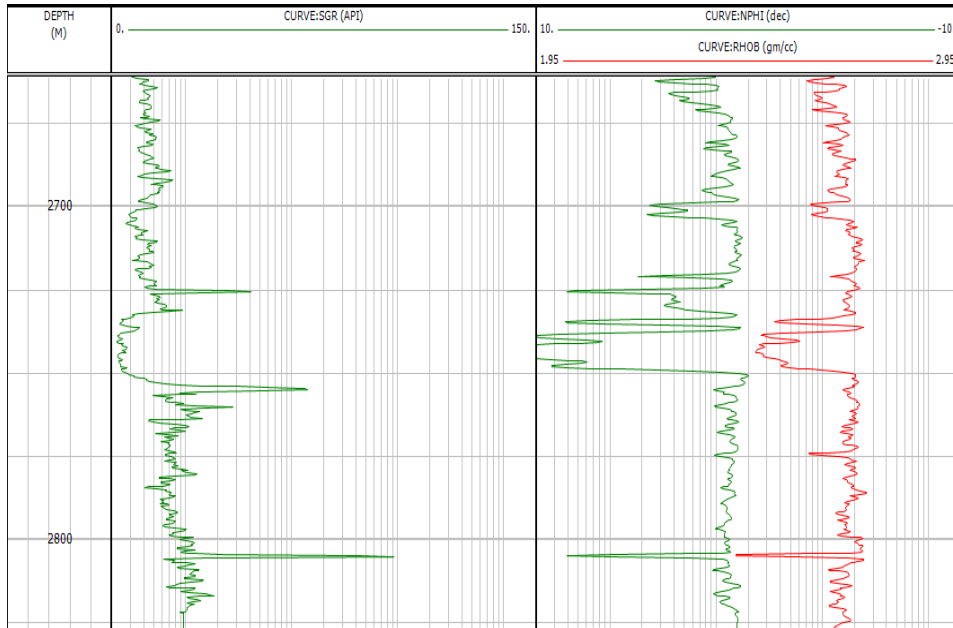
۳.۲۴	۳.۲۲	۳.۱۶	۳.۲۰	۱.۷۶	۱.۶۸
۲.۷۰	۳.۲۲	۳.۳۸	۳.۲۰	۱.۷۱	۱.۶۸
۴.۱۰	۳.۶۷	۳.۳۹	۳.۲۰	۱.۲۰	۰.۸۳
۴.۱۰	۳.۶۷	۳.۲۴	۳.۲۰	۱.۲۶	۰.۸۳
۶.۳۰	۵.۹۹	۳.۱۱	۳.۲۰	۱.۲۶	۰.۸۳
۶.۱۹	۵.۹۹	۳.۰۶	۳.۲۰	۱.۲۵	۰.۸۳
۶.۰۱	۵.۹۹	۳.۰۷	۳.۲۰	۱.۲۶	۰.۸۳
۵.۸۲	۵.۹۹	۳.۱۴	۳.۲۰	۱.۲۴	۰.۸۳
۵.۸۳	۵.۹۹	۳.۲۶	۳.۲۰	۱.۲۹	۲.۰۲
۲.۸۷	۳.۴۴	۳.۳۷	۳.۲۰	۱.۳۳	۲.۰۲
۲.۹۳	۳.۴۴	۳.۴۲	۳.۲۰		



شکل ۱۰- بررسی میزان ارتباط و همبستگی TOC حاصل از روش داده های کانی شناسی و TOC واقعی در میدان اهواز

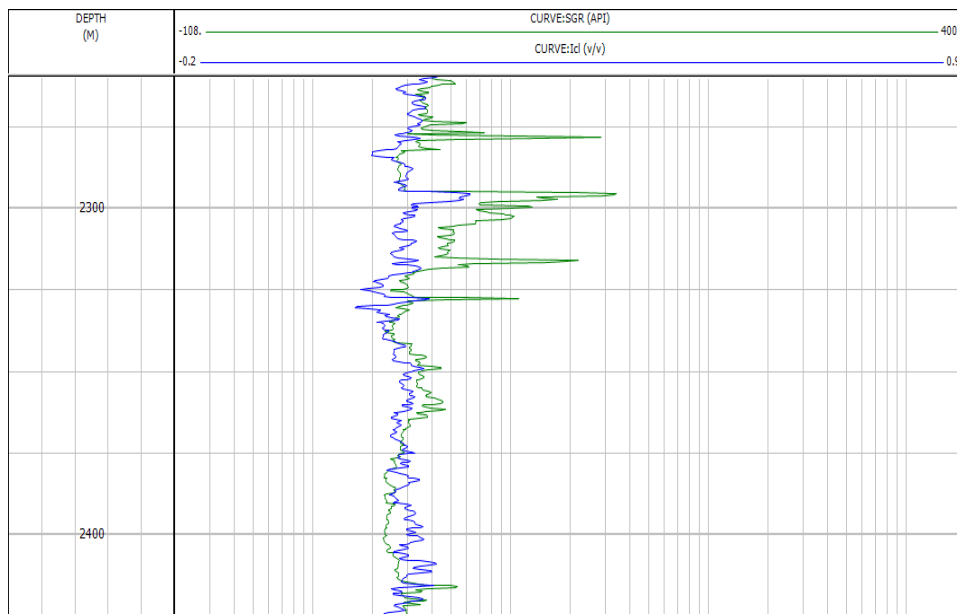
همان طور که در اشکال ۱۰ و ۱۴ دیده می شود، میزان ارتباط و همبستگی TOC حاصل از روش داده های کانی شناسی با TOC حاصل از روش راک اول در میدان نفتی اهواز مورد بررسی قرار گرفته است که در شکل ۱۵ این ارتباط در نرم افزار IP و به صورت دقیق تر به شکل لاگ برای TOC حاصل از روش داده های کانی شناسی و به شکل نقاط سیاه رنگ برای TOC حاصل از روش راک اول نشان داده شده است. همچنین در شکل ۱۰ نیز میزان $R^2 = 0.94$ ($R = 0.96$) می باشد که با توجه به تعداد داده ها در میدان اهواز، نشان دهنده اعتبار این ارتباط و همبستگی در این میدان می باشد.

در ادامه به بررسی پتانسیل میدان نفتی رگ سفید پرداخته شده است که، آن طور که در شکل ۱۱ دیده می شود، لاگ های SGR، چگالی و تخلخل نوترونی در میدان رگ سفید در محدوده عمقی سازند پابده رسم شده است که در شکل ۱۲ طی مراحلی که در بالا گفته شد لاگ Icl نیز از طریق فرمول های گفته شده رسم گردید تا به طور دقیق تر نسبت به لاگ SGR مورد مقایسه و بررسی قرار بگیرد. دلیل استفاده از لاگ SGR این است که قابلیت نمایش میزان اورانیوم، توریم و پتاسیم را داشته است و با توجه به این که میزان کربن آلی ارتباط مستقیم با میزان اورانیوم دارد، استفاده از لاگ SGR نسبت به لاگ CGR که میزان اورانیوم را ارائه نمی دهد، بهتر است..



شکل ۱۱- تحلیل و بررسی اولیه روش داده های کانی شناسی در میدان رگ سفید

همان طور که در شکل ۱۲ دیده می شود در میدان نفتی رگ سفید مقیاس های چپ و راست لاگ Icl به ترتیب ۰.۲- و ۰.۹+ می باشد و برای لاگ GR به ترتیب ۱۰۸- و ۴۰۰+ است.

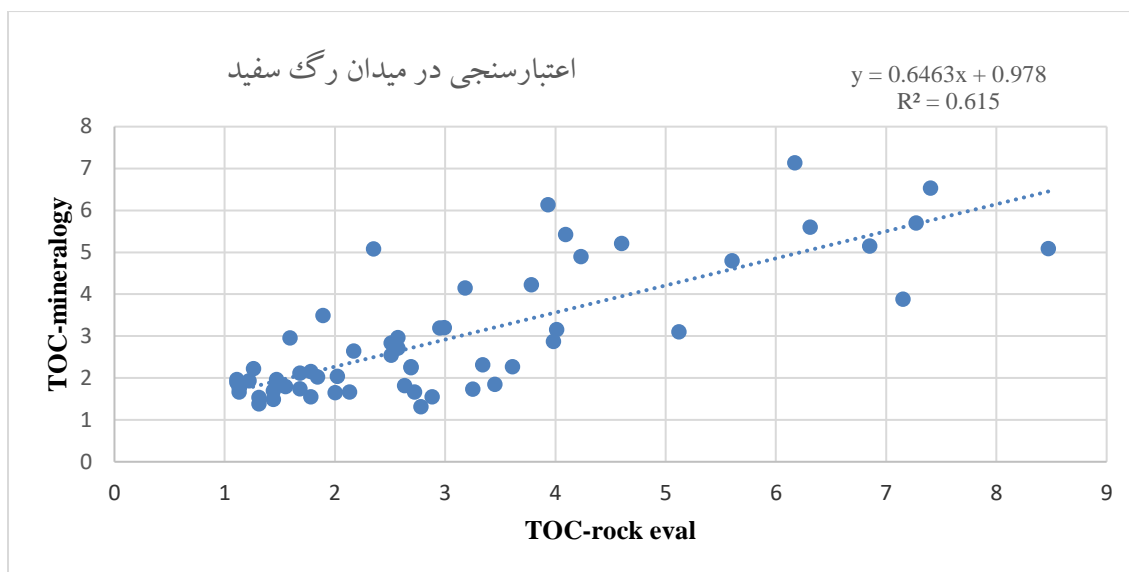


شکل ۱۲- تحلیل و بررسی ثانویه روش داده های کانی شناسی در میدان رگ سفید

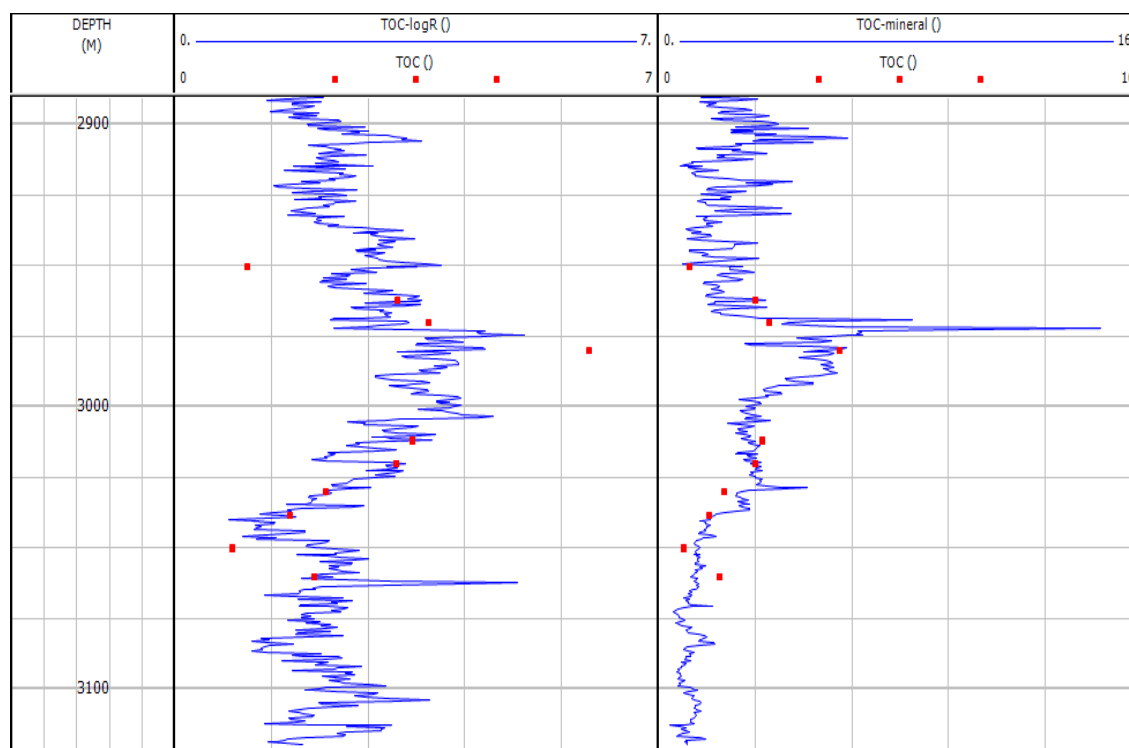
رابطه خطی پارامتر Δd و TOC واقعی با همبستگی $R^2=0.65$ ($R=0.8$) می باشد که با توجه به تعداد داده ها در میدان رگ سفید این ارتباط معتبر و مورد اعتماد می باشد و در نتیجه رابطه خطی به دست آمده منطقی می باشد. در جدول ۶ داده های عددی حاصل از روش راک اول و روش مبتنی بر کانی شناسی در میدان رگ سفید ارائه شده است.

جدول ۶- داده های عددی حاصل از روش راک اول و روش مبتنی بر کانی شناسی در میدان رگ سفید

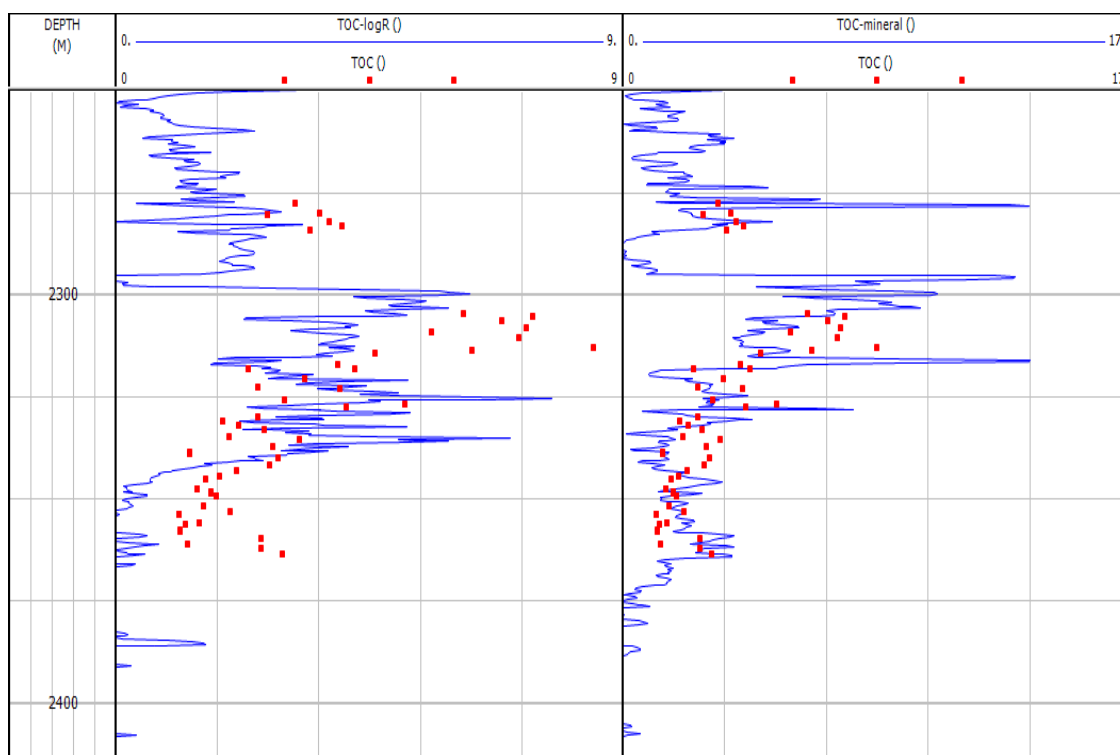
TOC-rock eval	TOC (%)	TOC-rock eval	TOC (%)	TOC-rock eval	TOC (%)
۳.۱۸	۴.۱۵	۲.۵۱	۲.۸۳	۱.۴۴	۱.۴۹
۳.۶۱	۲.۲۷	۳.۹۸	۲.۸۸	۱.۶۸	۱.۷۴
۲.۶۹	۲.۲۷	۲.۹۹	۳.۲۰	۱.۶۸	۲.۱۱
۲.۶۹	۲.۲۵	۵.۱۲	۳.۱۰	۱.۷۸	۲.۱۵
۳.۷۸	۴.۲۳	۴.۰۹	۵.۴۲	۱.۷۸	۱.۵۵
۴.۰۱	۳.۱۶	۲.۵۱	۲.۵۴	۱.۵۵	۱.۷۹
۳.۴۵	۱.۸۵	۱.۸۹	۳.۴۹	۲.۰۲	۲.۰۴
۶.۱۷	۷.۱۳	۲.۱۷	۲.۶۴	۱.۱۱	۱.۹۶
۷.۴۰	۶.۵۳	۲.۶۳	۱.۸۲	۱.۱۱	۱.۹۰
۶.۸۵	۵.۱۵	۲.۰۰	۱.۶۵	۱.۴۷	۱.۸۸
۷.۲۷	۵.۷۰	۳.۲۵	۱.۷۳	۱.۴۷	۱.۹۷
۵.۶۰	۴.۸۰	۲.۷۸	۱.۳۲	۱.۲۲	۱.۹۴
۷.۱۵	۳.۸۸	۱.۳۱	۱.۳۹	۱.۱۳	۱.۷۷
۸.۴۷	۵.۰۹	۱.۳۱	۱.۵۴	۱.۱۳	۱.۶۷
۶.۳۱	۵.۶۰	۲.۸۸	۱.۵۵	۲.۵۷	۲.۹۶
۴.۶۰	۵.۲۱	۲.۷۲	۱.۶۷	۱.۲۶	۲.۲۲
۳.۹۳	۶.۱۳	۲.۱۳	۱.۶۶	۲.۵۷	۲.۷۱
۲.۳۵	۵.۰۸	۱.۸۴	۲.۰۲	۲.۹۵	۳.۱۹
۴.۲۳	۴.۹۰	۱.۵۹	۲.۹۶		
۳.۳۴	۲.۳۱	۱.۴۴	۱.۷۰		



شکل ۱۳- بررسی میزان ارتباط و همبستگی TOC حاصل از روش داده های کانی شناسی و TOC واقعی در میدان رگ سفید

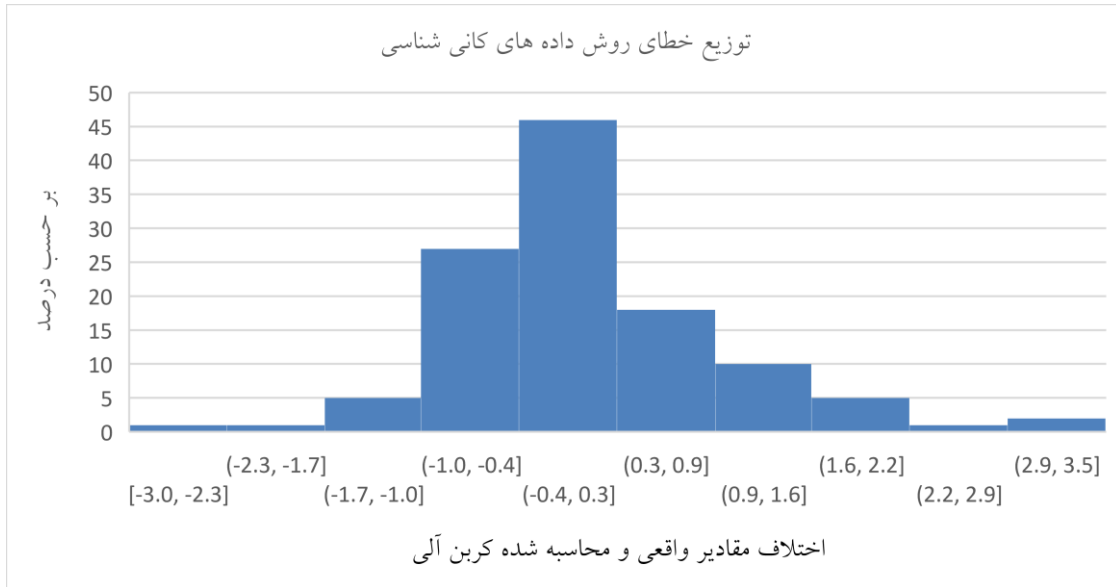


شکل ۱۴- تحلیل و مقایسه نهایی روش داده های کانی شناسی و روش $\Delta \log R$ در میدان اهواز

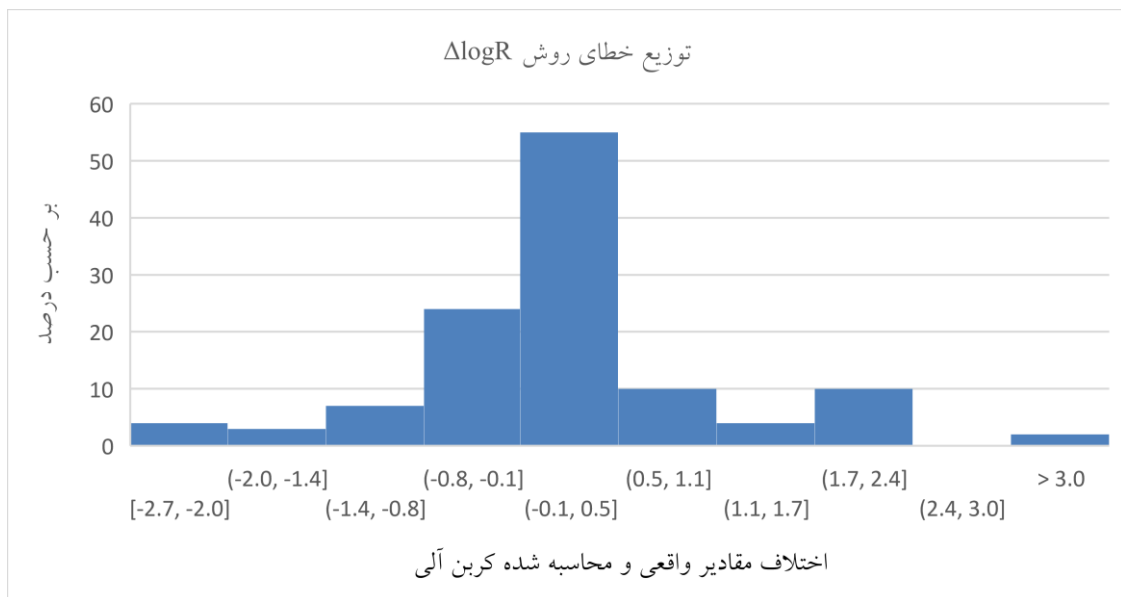


شکل ۱۵- تحلیل و مقایسه نهایی روش داده های کانی شناسی و روش $\Delta \log R$ در میدان رگ سفید

آن طور که در اشکال ۱۳ و ۱۵ دیده می شود، میزان ارتباط و همبستگی TOC حاصل از روش داده های کانی شناسی با TOC حاصل از روش راک اول در میدان نفتی رگ سفید مورد بررسی قرار گرفته است که در شکل ۱۵ این ارتباط در نرم افزار IP و به صورت دقیق تر به شکل لاگ برای TOC حاصل از روش داده های کانی شناسی و به شکل نقاط سیاه رنگ برای TOC حاصل از روش راک اول نشان داده شده است. همچنین در شکل ۱۳ نیز میزان $R^2=0.61$ $R=0.78$ می باشد که با توجه به تعداد داده ها در میدان رگ سفید، نشان دهنده اعتبار این ارتباط و همبستگی در این میدان می باشد و میزان این همبستگی به نسبت متوسط و یا پایین می باشد. همچنین در زمینه توزیع خطای داده های هر روش می توان هیستوگرام توزیع هر روش را در میادین مذکور رسم نمود و از روی این موارد، به میزان صحت این روش ها پی برد. همان طور که در شکل ۱۶ نیز دیده می شود، توزیع خطای روش داده های کانی شناسی در این پژوهش جهت تخمین میزان کربن آلی نمایش داده شده است که میانگین مقادیر اختلاف در هیستوگرام مربوط به روش داده های کانی شناسی برابر با ۰.۱ و انحراف معیار مربوط به آن برابر با ۰.۹ است. علاوه بر آن همان طور که در شکل ۱۷ نیز دیده می شود، توزیع خطای روش $\Delta \log R$ در این پژوهش جهت تخمین میزان کربن آلی نمایش داده شده است که میانگین مقادیر اختلاف در هیستوگرام مربوط به روش $\Delta \log R$ برابر با ۰.۲ و انحراف معیار مربوط به آن برابر با ۱.۱ می باشد.



شکل ۱۶- توزیع خطای روش داده های کانی شناسی با میانگین داده های برابر با ۰.۱ و انحراف معیار برابر با ۰.۹ (با در نظر گرفتن اختلاف میزان کربن آلی محاسبه شده و کل کربن آلی واقعی)



شکل ۱۷- توزیع خطای روش $\Delta \log R$ با میانگین داده های برابر با ۰.۲ و انحراف معیار برابر با ۱.۱ (با در نظر گرفتن اختلاف میزان کربن آلی محاسبه شده و کل کربن آلی واقعی)

۴- نتیجه گیری

- اولویت بندی و مقایسه روش های مبتنی بر کانی شناسی و روش $\Delta \log R$ به تفکیک میادین، به شرح زیر می باشد:
- ۱- در میدان اهواز مناسب ترین روش در زمینه تخمین میزان کل کربن آلی (با توجه به دقت هر تکنیک) روش داده های کانی شناسی می باشد، بعد از آن روش $\Delta \log R$ می باشد.
 - ۲- در میدان رگ سفید مناسب ترین روش در زمینه تخمین میزان کل کربن آلی (با توجه به میزان دقت هر تکنیک) روش $\Delta \log R$ می باشد و بعد از آن روش داده های کانی شناسی می باشد.

در روش داده های کانی شناسی با توجه به میزان همبستگی مناسب و بالای نشان داده شده بین مقدار کربن آلی واقعی و میزان کل کربن آلی محاسبه شده، و همچنین با توجه به توزیع حدودی خطای این بخش، می توان گفت صحت لازم را جهت بررسی و تخمین میزان کربن آلی در این مطالعه، داشته است. این نتایج، از طریق مقایسه روش های رگرسیونی به دست آمده است.

در روش $\Delta\log R$ با توجه به میزان همبستگی نشان داده شده بین مقدار کربن آلی واقعی و میزان کل کربن آلی محاسبه شده، و همچنین با توجه به توزیع حدودی خطای این بخش، می توان گفت صحت لازم را جهت بررسی و تخمین میزان کربن آلی در این مطالعه، نسبت به روش داده های کانی شناسی ندارد، چرا که میانگین مقادیر اختلاف در هیستوگرام مربوط به روش داده های کانی شناسی برابر با ۰.۱ و میانگین مقادیر اختلاف در هیستوگرام مربوط به روش $\Delta\log R$ برابر با ۰.۲ می باشد. در نهایت می توان نتیجه گرفت روش داده های کانی شناسی با توجه به اولویت حالت مقایسه میدان به میدان و همچنین با توجه به توزیع خطا و میزان صحت کار این روش، در برآیند کار به عنوان مناسب ترین روش در جهت تخمین دقیق تر میزان کل کربن آلی سازند پابده میادین اهواز و رگ سفید شناخته می شود. این معرفی می تواند به عنوان نوآوری پژوهش در صنعت نفت کشور و اکتشافات نفتی منجر شود.

علاوه بر موارد فوق می توان گفت، روش داده های کانی شناسی در میادینی که دارای خصوصیات زمین شناسی از قبیل بالا بودن میزان شیل و ماسه باشد، دارای تخمین دقیق تر و صحیح تر بوده و در نقطه مقابل، روش $\Delta\log R$ در میادینی که دارای میزان ماسه کمتر است، تخمین مقدار کربن آلی بهتر و دقیق تر دارد. همچنین با توجه به نحوه مطالعات و تحقیقات صورت گرفته و همچنین کمیت و کیفیت داده های موجود، می توان روش مبتنی بر کانی شناسی را به عنوان یکی از روش های تخمین میزان کربن آلی در چند میدان (به صورت تعمیم یافته) مدنظر قرار داد و این ویژگی در زمینه اعتماد سازی نسبت به عملکرد این روش در میادین دیگر برای صنعت اثرگذار خواهد بود.

سپاس و قدردانی

از شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب به خاطر در اختیار قرار دادن اطلاعات و داده های اولیه و مساعدت های صورت گرفته از سوی مشاور صنعتی این شرکت، و همچنین همراهی ها و همکاری های بی دریغ شان، کمال تشکر و قدردانی را دارم. همچنین از داوران مقاله آقایان دکتر محمود معماریانی و دکتر بهمن سلیمانی تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

- [۱] امیری بختیار و همکاران، ۱۳۹۰، "تخمین میزان مواد آلی (TOC) و بررسی نفت زایی سازند پابده در میادین نفتی اهواز و مارون: با استفاده از روش $\Delta\log R$ " - پژوهش نفت - شماره ۶۸ - ص. ۷۱-۸۱.
 - [۲] ظهراب زاده، م.، ۱۳۸۵، "مطالعه زمین شناسی مخزن نفت آسماری میدان نفتی رگ سفید". گزارش شماره پ-۵۹۵۴، مناطق نفت خیز جنوب، ۳۷۸ صفحه.
 - [۳] فاز تعیین مشخصات زمین شناسی میدان نفتی رامشیر "گزارش پ - ۶۰۴۷، شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب.
 - [۴] کمالی، م.ر.، شایسته، م.، ۱۳۸۷، "مبانی ژئوشیمی در اکتشاف نفت"، تهران، انتشارات پژوهشگاه صنعت نفت.
- [1] BEERS R.F., 1945, Radioactivity and organic content of some Paleozoic shales, *AAPG Bulletin* 26, 1-22.

- [2] FERTL, W.H., and RIEKE, H.H., 1980, Gamma ray spectral evaluation techniques identify fractured shale reservoirs and source-rock characteristics, *Journal of Petroleum Technology*, **31**, 2053–2062.
- [3] HERTZGO, R., COLSON, L., SEENMAN, B., O'BRIAN, M. & SCOTT, H., 1989, Geochemical logging with spectrometry tools, *SPE Formation Evaluation* **4**, 153–162.
- [4] PASSEY, Q. R., CREANEY, S., KULLA, J. B., MORETTI, F. J., STROUD, J. D., 1990, A Practical Model for Organic Richness from Porosity and Resistivity logs, *AAPG Bulletin*, **74(12)**, 1777-179.
- [6] RYLANDER, E., SINGER, P.M., JIANG, T., LEWIS, R., MCLIN, R., and SINCLAIR, S., 2013, NMR T2 distributions in the Eagle Ford Shale: Reflections on pore size, *SPE 164554, SPE Unconventional Resources Conference, 10–12 April, The Woodlands, Texas, USA*.
- [7] HERRON, S.L., 1991, In situ evaluation of potential source rocks by wireline logs, Wireline source-rock evaluation in the Paris Basin, *AAPG Treatise of Petroleum Geology: Handbook of petroleum geology, source and migration processes and evaluation techniques (AAPG, Tulsa)*, 127–134.
- [8] AMBROSE, R.J., HARTMAN, R.C., DIAZ-CAMPOS, M., AKKUTLA, I.Y., and SONDERGELD, C.H., 2010, New pore-scale considerations for shale gas in place calculations, *SPE 131772, SPE Unconventional Gas Conference, 23–25 February, Pittsburgh, Pennsylvania, USA*.
- [9] KAMALI, M.R., FATHI MOBARAKABAD, A. and MOHSENIAN, E., 2006, Petroleum geochemistry and thermal modeling of Pabdeh Formation in Dezful Embayment, *Journal of Science (University of Tehran)* **32**, 1–11.
- [10] REZAIE, A. H., NOGOLE-SADAT, M. A., 2004, Fracture Modeling in Asmari Reservoir of Rag-e Sefid Oil-Field by using Multiwell Image Log (FMS/FMI), *Iranian International. Journal of Science*, **5(1)**, 107-121.
- [14] HUNT, J.M., 1996, *Petroleum Geochemistry and Geology, 2nd Edition. W.H. Freeman and Company, New York*. 743 p.
- [15] SCHLUMBERGER, 1998, Schlumberger Log Interpretation charts, *Schlumberger: Schlumberger Ltd edn*.
- [16] HOOD A., C.C.M. GUTJAHR, and R. L. HEACOCK, 1975, Organic metamorphism and the generation of petroleum, *AAPG Bulletin*, **59**, 986-996.
- [17] TISSO, B. P. and D. H. WELTE, 1984, *Petroleum formation and occurrence, New York. Springer-Verlag*, 699 p.
- [18] SMAGALA, T. M., C. A. BROWN. and G. L. NYDEGGER, 1984, Log-derived indicator of thermal maturity Niobrara Formation, Denver Basin, Colorado, Nebraska. Wyoming. in J. Woodward. F. F. Meissner, and J. L. Clayton eds., *Hydrocarbon source rocks of the greater Rocky Mountain region: Rocky Mountain Association of Geologists*, 355-363.
- [19] SCHMOKER, J.W. and HESTER, T.C., 1983 Organic carbon in bakken formation, united states portion of Williston basin, *AAPG Bulletin*, **67**, 2165-2174.
- [20] ZHOA, P., MAO, Z., HUANG, Z. & ZHANG, C. 2016, A new method for estimating total organic carbon content from well logs, *AAPG Bulletin*, **100(8)**, 1311-1327.

Comparison of $\Delta\log R$ and mineralogy-based methods in estimating organic carbon content of Pabdeh Formation in Ahwaz and Rag-e Sefid oilfields

M. Shafie¹, S.H. Tabatabaei^{2*}, M. Tabaei³, N. Fathianpour⁴, A. Opera⁵

1- M.Sc. Student of Petroleum Exploration, Department of Mining Engineering, Isfahan University of Technology (IUT), Isfahan, Iran

2- Associate Professor, Department of Mining Engineering, Isfahan University of Technology (IUT), Isfahan, Iran

3- Associate Professor, Department of Mining Engineering, Isfahan University of Technology (IUT), Isfahan, Iran

4- Associate Professor, Department of Mining Engineering, Isfahan University of Technology (IUT), Isfahan, Iran

5- Master of Geology, National Iranian South Oilfields Company, Ahvaz, Iran

tabatabaei@iut.ac.ir

Received: January 2020, Accepted: September 2019

Abstract

One of the most common and relatively accurate methods for determining the amount of organic carbon in rocks in the oil and gas exploration potential is the Pyrolysis methods, a standard example of which is the first rock pyrolysis method. Based on the study of the core sample, this method explores the potential of oil and gas in source rocks. One of the important and valuable parameters in determining the potential of oil and gas resources is the determination of TOC. The purpose and motivation of this research is to compare the $\Delta\log R$ method and the mineralogy-based method for calculating the total amount of organic carbon in the source rock. It has the desired accuracy and relatively low cost. The fields studied in this study are two fields of Ahwaz and Rag-e sefid. These fields are among the potential fields of southwestern Iran for more detailed investigation and estimation of organic carbon content. In this research, software studies have been performed through IP software, using which the petrophysical data of each field have been calculated and compared, and finally, its results have been compared with actual TOC values. Input data in the mineralogical data method include density log, neutron porosity log and gamma log, and input data in the $\Delta\log R$ method include acoustic and resistivity logs. The most appropriate methods (in terms of R^2) in Ahwaz and rag-e sefid fields are the mineralogical data method and the $\Delta\log R$ method, respectively. Also, in terms of cost, precision and accuracy parameters, the best method discussed in this research is R^2 mineralogical data in Ahwaz and Rag-e Sefid, 0.94 and 0.61, respectively. Then, the $\Delta\log R$ method comes second.

Keywords: Organic carbon content, Source rock, Ahwaz Field, Rag-e Sefid Field, $\Delta\log R$ method, Mineralogy based method.