

ارزیابی میزان ماده آلی حاصل از شبکه عصبی مصنوعی در چهارچوب چینه‌نگاری سکانشی: مطالعه موردی از سازند پابده در میدان نفتی مارون

بهرام علیزاده

عضو هیات علمی گروه زمین شناسی و مرکز پژوهشی زمین‌شیمی و زمین‌شناسی نفت، دانشگاه شهید چمران اهواز

خالد معروفی

دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین‌شناسی نفت، دانشگاه شهید چمران اهواز

محمد حسین حیدری فرد

کارشناس ارشد شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب

تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۱۵

تاریخ دریافت: ۹۱/۲/۱۱

Alizadeh@scu.ac.ir

چکیده

ارزیابی ویژگی‌های ژئوشیمیایی در یک چهارچوب چینه‌نگاری سکانشی، همزمان با افزایش دقت تفاسیر، تأثیرات حاصل از تغییر در شرایط محیطی بر روی این ویژگی‌ها را نیز آشکار می‌نماید. در این مطالعه، بهره جستن از روش شبکه عصبی مصنوعی جهت سنجش کربن آلی کل (TOC) از طریق داده‌های پتروفیزیکی، منجر به طراحی شبکه‌ای سه‌لایه‌ای از نوع پس‌انتشارخطا با دقت کلی ۸۹٪ گردید. مطالعه سکانشی نشان داد که در طول تهنشست سازند پابده میدان مارون (اوسن میانی - الیگوسن- پیشین) چندین پیشروی و پسروی دریا رخ داده که این نوسانات، شرایط گوناگون محیطی را جهت غنی‌شدگی یا عدم غنی‌شدگی فراهم آورده است. به همین دلیل TOC در بخش‌های مختلف سازند از ۰/۴۵ تا ۴ درصد وزنی متغیر می‌باشد. این تحقیق انطباق بسیار خوبی را بین مرزهای پتروفیزیکی، ژئوشیمیایی و سکانشی نشان می‌دهد. همچنین مشخص گردید که بهترین شرایط محیطی در زمان اوسن‌پسین فراهم آمده که حاکمیت این شرایط، معلول افزایش تراز آب دریا و در نتیجه، ازدیاد ورود مواد آلی و ایجاد شرایط احیای لازم جهت حفظ این مواد بوده است.

کلمات کلیدی: شبکه عصبی مصنوعی، سازند پابده، TOC، چینه‌نگاری سکانشی، سیستم‌تراکت.

مقدمه

چینه‌نگاری سکانشی علمی است که عکس‌العمل رسوبات را در قبال تغییرات تراز اساس دریا بررسی کرده و روندهای رسوبگذاری حاصل از برهم‌کنش فضای لازم جهت تهنشست رسوب و عمل رسوبگذاری را مورد آنالیز قرار می‌دهد. (Catuneanu, 2006). طبق تعریف، به یک توالی قابل تطابق از لایه‌های رسوبی که از نظر ژنتیکی با هم در ارتباط باشند و توسط دو سطح ناپیوستگی یا قابل تطابق با آن محدود شده باشند، یک سکانش رسوبی گفته می‌شود. یک توالی یا سکانش را می‌توان به بسته‌های رسوبی تفکیک کرد که مجموعه واحدهای رسوبی همزمان تشکیل شده در یک سیستم رسوبی را گویند (Van Wagoner et al., 1990; Mitchum et al., 1977). محققان مختلفی نظیر Pasley et al. (1991) و Meijun et al. (2003) تغییرات خصوصیات ژئوشیمیایی سنگ‌های منشاء را همزمان با نوسانات تراز آب دریا و تشکیل سکانش‌های مختلف بررسی کرده‌اند. نتایج بدست آمده توسط این محققان حاکی از آن است که بهترین شرایط جهت تشکیل سنگ منشاء‌های با غنای بالا در دوره‌های پیشروی آب دریا فراهم بوده و همزمان با پسروی، امکان تشکیل سنگ‌منشاء غنی نیز از بین می‌رود.

اکتشاف نفت به شناسایی آنومالی‌های ساختمانی وابسته است که این امر با استفاده از نقشه‌ها و نمودارهای زمین‌شناسی حاصل از روش‌های مختلف ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی امکان‌پذیر می‌گردد. یک برنامه اکتشافی کارا مستلزم آزمون عناصر گوناگون موردنیاز برای تجمع مواد هیدروکربنی است. علاوه بر ارزیابی بستر ساختمانی یک منطقه، اطلاعاتی نظیر کمیت و کیفیت هیدروکربنی سنگ‌منشاء، تخلخل و تروایی مخزن، پوش‌سنگ، شبکه مهاجرتی و درجه رسیدگی حرارتی نیز موردنیاز است، که هم بر تولید و هم بر محافظت ذخایر هیدروکربنی اثر مستقیم دارند. این عناصر زمین‌شناسی می‌بایست براساس توزیع مکانی و زمانی مورد ارزیابی قرارگیرند (Magoon, 1988). اگرچه بسیاری از این عناصر مورد توجه محققان قرار می‌گیرند، اما متأسفانه اطلاعات حاصل از آنها اکثراً به‌صورت مجزا و بدون توجه به سایر عناصر بررسی می‌گردند و بدین ترتیب توزیع مکانی و زمانی آنها مدنظر قرار نمی‌گیرد. اخیراً برآورد داده‌های کمی زمین‌شناسی در چهارچوب چینه‌نگاری سکانشی مورد توجه فراوان قرار گرفته است. این رهیافت مختلط، آگاهی بهتر در مورد ضخامت خالص به ضخامت ناخالص سنگ‌های منشاء و مخزن را در منطقه موردنظر، امکان‌پذیر می‌سازد. آگاهی کامل از نحوه توزیع این رخساره‌ها، امکان پیش‌گویی در مناطق اطراف محل نمونه‌برداری را در فواصل دورتر میسر کرده و می‌تواند کمک بزرگی در جهت توصیف نحوه توزیع مخازن هیدروکربنی در منطقه باشد (Barry and Lisa, 1997).

موقعیت جغرافیایی منطقه

میدان نفتی مارون یکی از بزرگترین میادین نفتی حوضه دزفول شمالی می باشد که از شمال به میدان کوپال، از غرب به میدان اهواز، از شرق به میدان آغاچاری و از جنوب به میدان شادگان محدود می گردد. این میدان در فاصله ۶۰ کیلومتری شرق شهرستان اهواز و ۴۰ کیلومتری جنوب شهرستان رامهرمز در مجاورت بخش شرقی جاده رامهرمز - اهواز واقع شده است (شکل ۲). میدان مزبور در محدوده طول جغرافیایی ۴۹° الی ۴۹°۳۰' شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱° الی ۳۱°۳۰' شمالی در قسمت شرق حوضه عظیم فروافتادگی دزفول شمالی واقع شده است. این میدان در سال ۱۳۴۲ به روش لرزه نگاری دوبعدی کشف شده و با حفر اولین چاه، وجود هیدروکربن در مخزن آسماری آن تأیید شد. مخزن بنگستان در سال ۱۳۴۷ و با حفر چاه شماره ۲۱ و مخزن خامی با حفر چاه شماره ۱۲۳ در سال ۱۳۵۷ کشف گردیدند. تاکنون بیش از ۳۷۰ حلقه چاه در این میدان حفر شده که ۲۲ حلقه آن در مخزن بنگستان و ۷ حلقه در مخزن خامی تکمیل شده است (شایسته، ۱۳۸۱).

روش کار

استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پس انتشار خطا

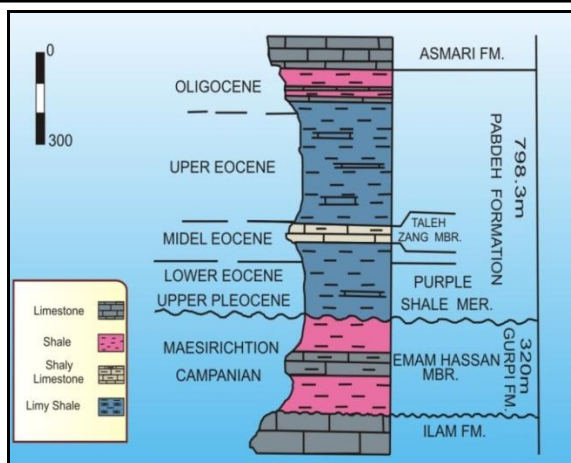
شبکه عصبی یک سیستم پردازش است که در انجام وظایف خود مانند شبکه عصبی بدن عمل می کند و توانایی زیادی در انجام فرآیندهای یادگیری، آموزش و سازگار کردن ورودی ها و خروجی های مطلوب دارد (Al-Qahtani, 2000). شبکه های پس انتشار خطا شبکه هایی هستند که دارای سه لایه ورودی، میانی و خروجی هستند. در این شبکه ها از دو تابع sigmoid و purlin برای آموزش شبکه استفاده می گردد. فرآیند آموزش شبکه به نحوی است که ابتدا ورودی ها (اطلاعات نگاره ها) به نرون های لایه ورودی داده شده و پس از محاسبه اختلاف بین خروجی شبکه و خروجی مطلوب، خطای مربوطه به شبکه برگردانده شده و وزن ها مجدداً در جهت کاهش خطا، خود را با شرایط جدید سازگار می کنند. برای کاهش خطا و رسیدن به خروجی مطلوب، فرآیند آموزش چندین بار تکرار می شود تا جایی که هدف نهایی حاصل گردد (Mohaghegh et al., 1994). به منظور سنجش TOC از طریق این روش، شبکه عصبی مورد نیاز به وسیله نرم افزار مطلب طراحی گردید. آموزش این شبکه بوسیله الگوریتم Levenberg-Marquardt انجام شد. این شبکه سه لایه ای بوده و حاوی ۵ نرون در لایه پنهان می باشد (شکل ۳). تابع انتقال لایه اول به دوم از نوع تابع زیگموئیدی تانژانت هیپربولیک و از لایه دوم به سوم از نوع تابع خطی و تابع خطا نیز از نوع تابع میانگین مربعات خطا در نظر گرفته شد. داده های ورودی شبکه عبارتند از:

۱ - مقاومت تصحیح شده ۲ - مقدار نگاره صوتی ۳ - مقدار شاخص بلوغ خروجی شبکه نیز مقدار TOC می باشد. برای طراحی این شبکه از داده های آنالیز راک ایول ۷۰ نمونه، که مربوط به میادین مختلف فروافتادگی دزفول بودند استفاده گردید. پس از وارد کردن داده های مربوطه به لایه ورودی، داده ها به سه دسته آموزش (۷۰٪)، اعتبارسنجی (۱۵٪) و تست (۱۵٪) تقسیم بندی شدند. ضریب همبستگی داده های دسته تست این شبکه (پس از پایان مرحله آموزش) حدود ۸۳ درصد و ضریب همبستگی کل ۸۹ درصد بوده است (شکل ۴). در این بخش از تحقیق، نگاره های چاه پیمایی مقاومتی و صوتی مربوط به چاه های مربوطه توسط نرم افزار LogCard رقومی شده و پس از انجام تصحیحات ناشی از دما بر روی مقاومت خوانده شده از نگاره و سنجش میزان LOM مخصوص به هر چاه (از طریق بررسی تاریخچه حرارتی)، داده ها به شبکه وارد شده و مقادیر TOC سنجیده شد.

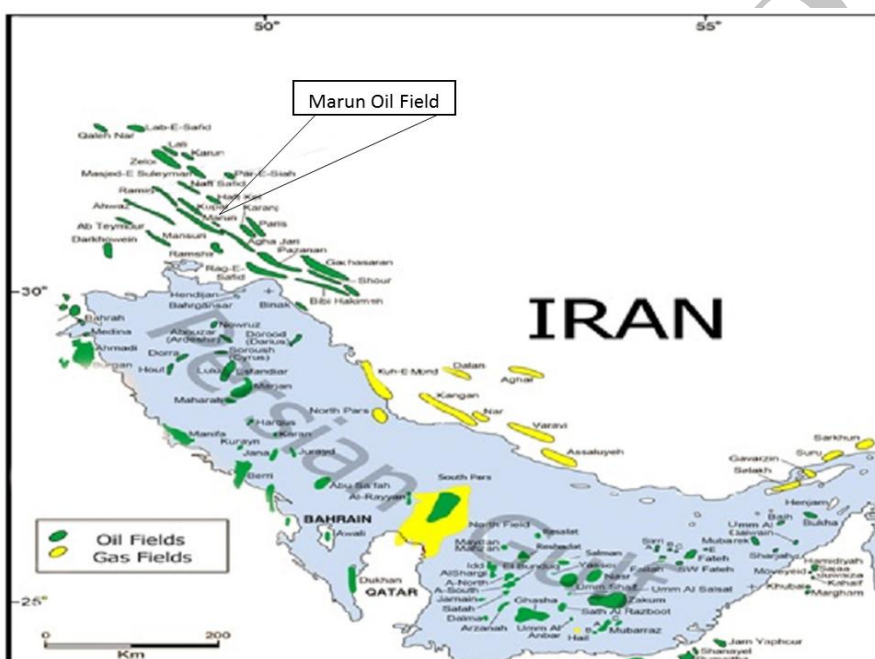
هدف از این مطالعه در مرحله اول، سنجش میزان ماده آلی کل در بخش های مختلف سازند پایده میدان مارون با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی بوده و در ادامه، نوسانات مقادیر TOC حاصله در چهارچوب وضعیت سکانسی سازند مورد بررسی و تفسیر قرار می گیرد. امکان توصیف وضعیت مواد آلی از طریق نگاره های درون چاهی از خصوصیات فیزیکی آنها نشأت می گیرد، بدین معنی که ویژگی های فیزیکی آنها تفاوت قابل ملاحظه ای با خصوصیات کانی-های سنگ میزبان شان دارد (چگالی کمتر، سرعت صوت کمتر یا زمان عبور صوت بالاتر، غالباً مقدار اورانیوم بیشتر، مقاومت بالاتر و هیدروکربن و غنی-شدگی کربن بیشتر). بنابراین نگاره هایی که عموماً جهت ارزیابی سنگ های منشاء مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از: نگاره های چگالی، صوتی، اشعه گاما، نوترون و مقاومتی (Serra, 1986; Herron, 1988; Luffel, 1992). محققان مختلف نظیر (Beers (1945), Swanson (1960), Hussain, Dellenbach et al. (1983), Schmoker (1981), Fertle (1988) و Hertzog et al. (1989) کارایی نگاره ها را در ارزیابی سنگ های منشاء آشکار کرده اند. اما بارزترین مطالعه مربوط به Passey et al. (1990) است که حاصل کار آنها ابداع روشی جدید به نام روش ΔLogR بود. این روش از روی هم قراردادن نگاره های تخلخل (صوتی، چگالی و نوترون) و نگاره مقاومتی جهت تشخیص و محاسبه مقدار کربن آلی کل استفاده می کند. اما در دو دهه اخیر استفاده از روش های ریاضیاتی و کامپیوتری جهت افزایش دقت شناسایی زون های منشاء و تخمین TOC از طریق نگاره های پتروفیزیکی کاربرد فراوان یافته است. از آن جمله می توان به روش های نظیر شبکه های عصبی مصنوعی، هوش مصنوعی، نروفازی و الگوریتم ژنتیک اشاره کرد. محققانی نظیر Williamson و Huang (۱۹۹۶)، Kamali و Mirshadi (۲۰۰۴)، Kadkhodai et al. (۲۰۰۹)، و Alizadeh et al. (۲۰۱۱) از این روش ها استفاده نموده اند و به نتایجی دقیق و قابل اعتماد نیز نائل آمده اند. بر همین اساس، در این مطالعه نیز از روش شبکه عصبی مصنوعی جهت سنجش میزان ماده آلی از طریق داده های پتروفیزیکی استفاده شده است.

سنگ منشاء پایده

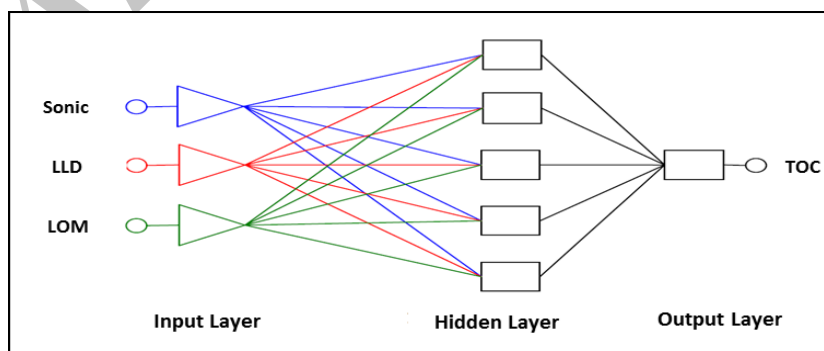
سنگ منشاء به عنوان سنگی معرفی می شود که توانایی تولید و خارج کردن هیدروکربن کافی جهت تشکیل تجمعی اقتصادی از نفت یا گاز را داشته باشد. مهمترین فاکتور کنترل کننده میزان نفت و گاز، میزان هیدروژن ماده آلی است (Hunt and Jaieson, 1956; Hunt, 1996). رسوبات شیلی که از پالئوسن تا الیگوسن پیشین در فروافتادگی دزفول و ناحیه فارس دیده می شود را جزو سازند پایده در نظر می گیرند. این سازند از حاشیه حوضه فارس شروع شده و پس از عبور از فروافتادگی دزفول و جنوب غرب لرستان، تا عراق ادامه پیدا می کند (Bordenave and Burwood, 1990). محل مقطع نمونه این سازند، ادامه مقطع نمونه سازند گورپی در کوه گورپی بوده و ضخامت این واحد ۷۹۸/۵ متر می باشد. سنگ شناسی این سازند شامل مارن، شیل های آهکی و سنگ آهک های رسی است و بر اساس محتویات فسیلی، سن این واحد از پالئوسن تا الیگوسن تعیین شده است (شکل ۱). اضافه می شود که میرزا قلی پور و حقی (۱۳۶۹) منشاء نفت مخزن آسماری میدان نفتی مارون را بدلیل داشتن نفت نیمه سنگین و پائین بودن درصد گاز H_2S به سازند پایده نسبت داده اند و علیزاده و همکاران (۱۳۸۵) نیز آن را بعنوان یکی از سنگ منشاء های مهم این میدان معرفی کرده اند.



شکل ۱. چینه شناسی سازند پابده در مقطع نمونه (James and Wynd, 1965)



شکل ۲. موقعیت جغرافیایی میدان نفتی مارون (اقتباس از نقشه میدابین نفت و گاز حوضه فعالیت‌های عملیاتی شرکت نفت فلات قاره ایران)



شکل ۳. شکلی شماتیک از شبکه پس انتشار خطای مورد استفاده

مورد استفاده در این مطالعه (جهت تشخیص منحنی INPEFA)، نگاره گاما بوده است. بدین منظور ابتدا نگاره گاما به نرم افزار Cyclolog، که برای این منظور طراحی شده است، وارد شده و پس از انجام مقدمات لازم، منحنی INPEFA برای تک تک چاهها استخراج گردید. انحرافات مثبت در منحنی INPEFA نشانگر وجود شیل بیشتر نسبت به مقدار پیش بینی شده بوده و به احتمال فراوان، وجود زونهای پیشروی یا سیلابی را آشکار می کنند. برعکس، انحرافات منفی زیاد بودن رسوبات ماسه سنگی (نسبت به مقدار پیش بینی شده) و در نتیجه وجود زونهای پسروی یا کم عمق تر را نشان می دهند (Cyclolog user guide, 2004). از مزیت های ویژه نرم افزار Cyclolog این است که مرزهای حاصل از آن را می توان با اطمینان بسیار بالا جهت انطباق با چاه های مجاور مورد استفاده قرار داد. مرزهای تعیین شده بصورت دو دسته مرز چرخش مثبت (خطوط قرمز رنگ) و چرخش منفی (خطوط آبی رنگ) در (شکل ۶) مشخص شده اند. اضافه می شود که روندهای مثبت و منفی نمودار نیز به ترتیب با فلش های آبی و قرمز رنگ نشان داده شده اند. از زمان اسلاس (Sloss, 1963) تاکنون، چینه نگاری سکاسی مراحل تکاملی مختلفی طی کرده است و تعاریف مختلفی از سکاس رسوبی ارائه شده است. هر کدام از این تعاریف با تعاریف دیگر تفاوت هایی دارند، بنابراین بهتر است در زمان کار با چینه نگاری سکاسی، روش مورد استفاده مشخص گردد (شکل ۷). در این مطالعه با توجه به اطلاعات در دسترس، جهت شناسایی و تفسیر سکاس ها و بسته ها از روش T-R (Embry and Johannessen, 1992) استفاده گردید. در این روش، بسته ها به دو دسته پیشرونده و پسرونده تقسیم شده و از تعریف بقیه بسته های رسوبی جزئی تر صرف نظر می گردد. تشخیص بسته های رسوبی با استفاده از داده های موجود خالی از اشکال نبوده و ممکن است با عدم قطعیت هایی روبرو باشد.

بحث

به منظور بررسی نوسانات TOC سازند پابده در چهار چوب وضعیت چینه نگاری سکاسی تعداد ۵ چاه به گونه ای انتخاب شدند تا کل میدان مارون را تحت پوشش قرار دهند. شماره چاهها و موقعیت شان در (شکل ۸) نشان داده شده است. پس از سنجش مقادیر TOC از طریق شبکه عصبی طراحی شده (در بازه های ۱۵ سانتی متری) و ترسیم ستون سنگ شناسی سازند با استفاده از نگار زمین شناسی سرچاهی و انطباق با نگاره های الکتریکی برای تک تک چاهها، وضعیت سکاسی سازند با استفاده از داده های موجود و از طریق روش T-R مورد بررسی قرار گرفت. این بررسی منجر به شناسایی ۵ سکاس درجه سوم برای چاه های ۴۵، ۱۲۳ و ۲۰۴ و ۴ سکاس برای چاه های ۴۳ و ۶۲ گردید. هر سکاس از ابتدای پیشروی تا شروع پیشروی بعدی را شامل می شود. مرز زیرین بسته های رسوبی پیشرونده از نوع سطح حداکثر پسروی و مرز بالایی آن از نوع سطح حداکثر سیلابی می باشد. سکاس های آغازین و پایانی در همه چاهها ناقص بوده و تنها از یک بسته رسوبی تشکیل شده اند در حالی که دیگر سکاس ها کامل بوده و شامل دو بسته رسوبی پیشرونده و پسرونده می باشند. جهت سنجش سن سازند از پالئولاگ چاه شماره ۴۵ که توسط کارشناسان شرکت مناطق نفت خیز جنوب تهیه شده، استفاده گردید. همانطور که در (شکل ۹) مبرهن است سن سازند پابده در میدان مارون از ائوسن میانی تا الیگوسن پیشین می باشد (حدود ۱۵ میلیون سال). شایان ذکر است که جهت انطباق مرز دورها با ستون سنگ شناسی از نگاره گاما استفاده شده است و زون بندی مقادیر TOC ارائه شده نیز براساس زون بندی استاندارد (جدول ۲) انجام گرفته است.

پیش از استفاده از مقادیر TOC سنجیده شده، به منظور حصول اطمینان از نتایج حاصله، تعداد ۱۶ نمونه از بخش های مختلف سازند پابده این میدان مورد آنالیز پیرولیز راک ایول قرار گرفت تا TOC واقعی نمونه ها حاصل گردد. سپس از طریق شبکه عصبی طراحی شده نیز TOC در همان نقاط محاسبه گردید (جدول ۱). استفاده از آنالیز رگرسیون (شکل ۵) نشان داد که میزان انطباق نتایج شبکه عصبی مصنوعی با مقادیر واقعی حاصل از پیرولیز راک ایول ۹۹٪ بوده و MSE نیز که از طریق فرمول زیر مورد محاسبه قرار گرفت، مقدار بسیار کم ۰/۰۷ را برای نمونه ها آشکار $MSE = 1/N \sum (t_i - a_i)^2$

N = تعداد سنجش ها، t_i = مقدار سنجیده شده و a_i = مقدار واقعی فاکتور

بنابراین با توجه به دقت بالای شبکه طراحی شده، اطمینان لازم جهت استفاده از مقادیر سنجیده شده نیز حاصل گردید.

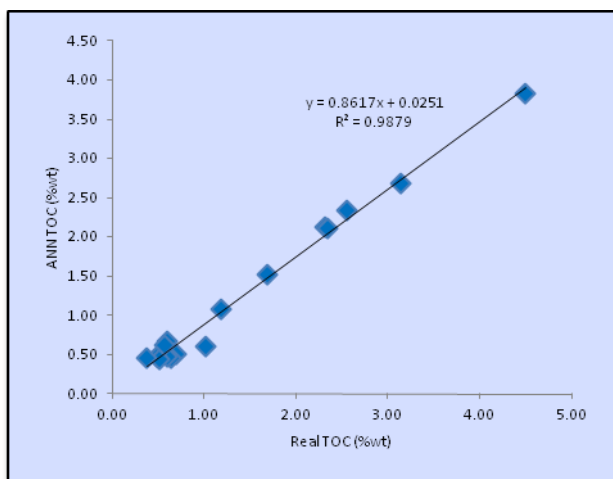
آنالیز پیرولیز راک ایول

همانطور که پیشتر عنوان شد، در این مطالعه، جهت سنجش TOC واقعی نمونه ها از روش پیرولیز راک ایول استفاده شده است. در این تکنیک ابتدا ۵۰ تا ۷۰ میلی گرم از پودر هر نمونه طی مرحله پیرولیز در دمای ۳۰۰ درجه به مدت ۳ الی ۴ دقیقه حرارت داده می شود، که در اثر آن، هیدروکربن های آزاد از نمونه خارج می شوند. سپس دمای کوره با یک برنامه دمایی ۲۵ درجه در دقیقه، تا دمای ۶۵۰ درجه سانتیگراد بالا می رود، که این عمل منجر به شکست حرارتی کروژن و تولید هیدروکربن می گردد. سپس مرحله اکسیدان آغاز می شود که طی آن نمونه تا دمای ۸۵۰ درجه و در یک اتمسفر مصنوعی سوزانده می شود تا تمامی کربن موجود در نمونه خارج گردد (Behar et al. 2001). نوع این روش اطلاعات باارزشی را در خصوص میزان کربن آلی کل (TOC)، نوع ماده آلی، پتانسیل بالقوه و بالفعل، بلوغ حرارتی ماده آلی، رخساره زیستی مورد مطالعه، وضعیت محیط رسوبی از لحاظ شرایط اکسیداسیون و احیا و همچنین مهاجرت هیدروکربن از منشا، ارائه می دهد (Kotorba et al., 2003).

روش T-R جهت شناسی و تفسیر سکاس ها

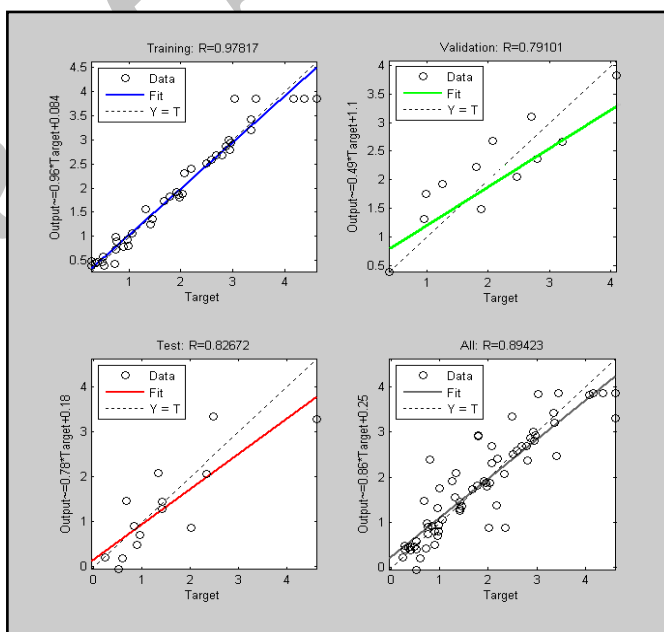
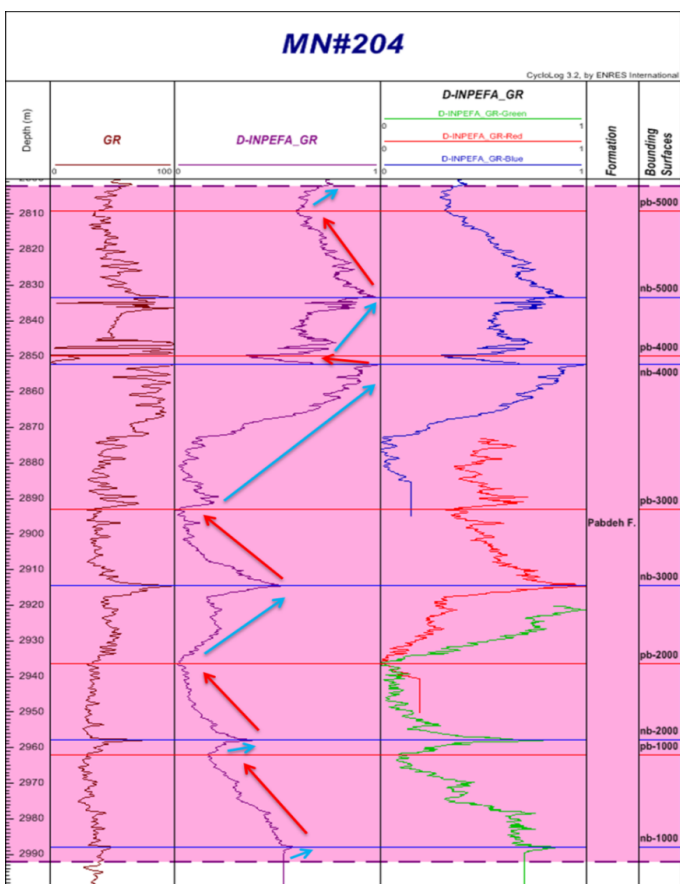
به نظر بسیاری از محققان، بهترین و دقیق ترین ابزارها جهت تشخیص وضعیت سکاسی یک مقطع و نامگذاری بسته های رسوبی آن، استفاده از رخساره های زیستی و داده های لرزه ای است. عدم امکان بررسی سازند پابده میدان مارون از این منظر (نبود مقاطع نازک و داده های لازم) موجب شد تا از اطلاعات دیگری نظیر ویژگی های سنگ شناسی، تغییرات نگاره ها و منحنی نوسانات چرخه میلانکوویچ جهت تشخیص وضعیت سکاسی سازند بهره گرفته شود. از دیرباز استفاده از نمودارهای الکتریکی در مطالعات چینه نگاری سکاسی مورد توجه زمین شناسان نفتی بوده است (Worthington, 1990). اعتقاد بر این است که آثار چرخه های میلانکوویچ در نگاره های الکتریکی نیز ثبت می شود. یک نگاره الکتریکی (برای مثال نگاره گاما) را می توان به صورت یک موج مرکب فرض کرد که از تعداد زیادی موج تشکیل شده است. این موجها در حقیقت همان آثار چرخه های میلانکوویچ هستند که به همراه یک سری امواج مزاحم، نگاره های الکتریکی را می سازند. برای مطالعه چینه نگاری چرخه ای باید بتوانیم این موج مرکب را به اجزاء تشکیل دهنده آن تجزیه کنیم. برای این کار روش های مختلفی نظیر آنالیز موجک، PEFA، INPEFA و غیره وجود دارد که در این مطالعه از روش INPEFA استفاده شده است (Cyclolog user guide, 2004). نوسانات منحنی INPEFA، تغییرات چرخه میلانکوویچ را نشان می دهند و مرزهای حاصل از این نوسانات، مرزهای سکاسی را آشکار می کنند اما بزرگی یا کوچکی نوسانات حاکی از بزرگ یا کوچک بودن نوسانات تراز آب دریا نبوده و صرفاً نوع نوسان را هویدا می کنند. نگاره الکتریکی

جدول ۱. مقادیر کربن آلی کل بدست آمده از ۲ روش آنالیز پیرولیز راکاپول و شبکه عصبی مصنوعی



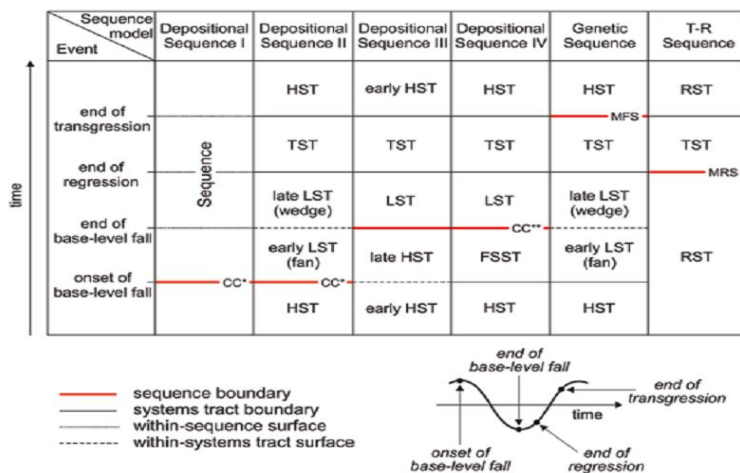
شماره نمونه	شماره چاه	عمق نمونه	ماده آلی کل واقعی	ماده آلی کل حاصل از شبکه عصبی
۱	۴۳	۳۰۵۷	۴/۵	۳/۸۳
۲	۱۲۳	۲۹۰۰	۳/۱۴	۲/۶۸
۳	۲۰۴	۲۹۱۸	۲/۵۶	۲/۳۴
۴	۲۰۴	۲۸۳۳	۲/۳۲	۲/۱۳
۵	۱۲۳	۲۸۸۶	۲/۳۴	۲/۱۱
۶	۲۰۴	۲۸۶۶	۱/۶۸	۱/۵۲
۷	۲۰۴	۲۶۴۶	۱/۱۹	۱/۰۸
۸	۲۰۴	۲۹۸۲	۱/۰۱	۰/۶
۹	۱۲۳	۳۰۳۸	۰/۷	۰/۵۲
۱۰	۲۰۴	۲۸۱۲	۰/۶۴	۰/۴۵
۱۱	۲۰۴	۲۹۸۵	۰/۶	۰/۶۷
۱۲	۲۰۴	۲۹۹۴	۰/۶	۰/۴۸
۱۳	۲۰۴	۲۹۶۴	۰/۴۸	۰/۴۸
۱۴	۱۲۳	۳۱۸۰	۰/۵۱	۰/۴۵
۱۵	۱۲۳	۳۰۰۲	۰/۳۸	۰/۴۶
۱۶	۴۵	۳۳۴۰	۰/۵۷	۰/۶۱

شکل ۵. سنجش میزان انطباق نتایج شبکه عصبی با مقادیر واقعی حاصل از پیرولیز راکاپول

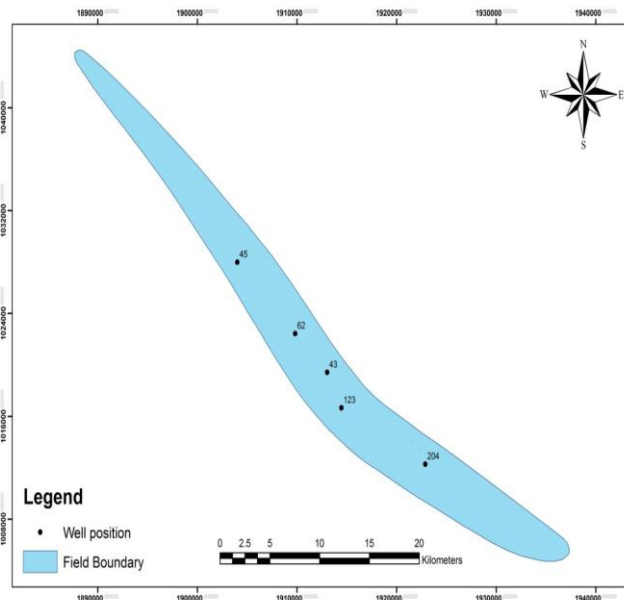
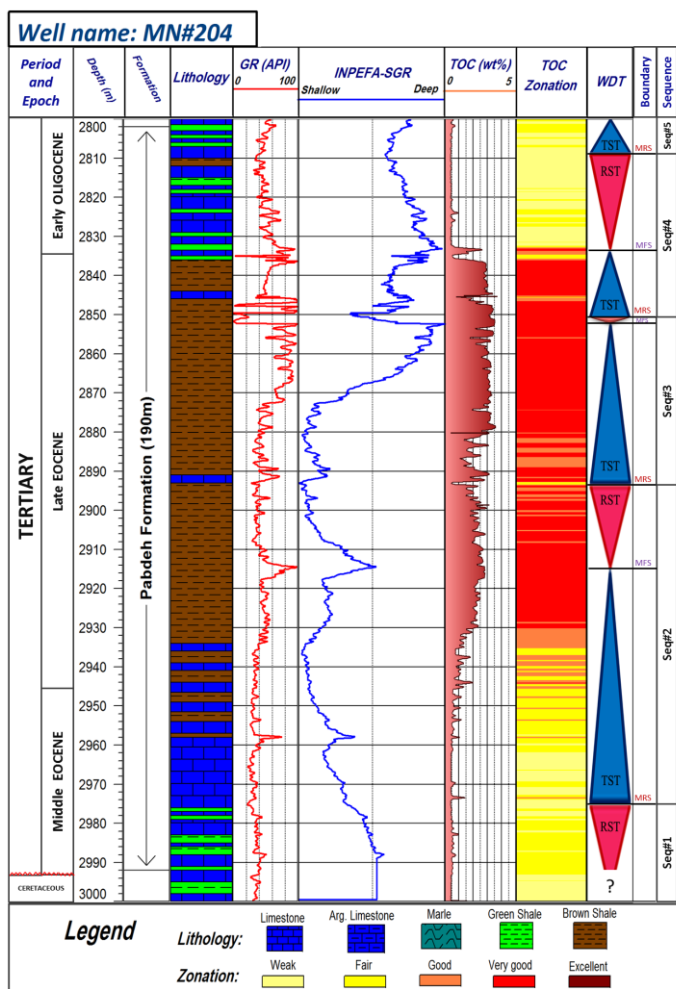


شکل ۴. ضرایب همبستگی بین خروجی شبکه طراحی شده و خروجی مطلوب

شکل ۶. منحنی INPEFA و مرزها و روندهای آن برای چاه شماره ۲۰۴



شکل ۷. تفاوت عمده در تقسیم‌بندی سکانس‌ها از نظر دانشمندان مختلف (Catuneanu, 2006)



شکل ۸. موقعیت چاه‌های مورد مطالعه در میدان نفتی مارون

جدول ۲. زون‌بندی استاندارد سنگ‌های منشأ براساس مقادیر

کیفیت	ضعیف	متوسط	خوب	خیلی خوب	عالی
TOC (wt%)	۰-۰/۵	۰/۵-۱	۱-۲	۲-۴	>۴

شکل ۹. لایه پتروفیزیکی-ژئوشیمیایی - سکانسی سازند پابده در چاه شماره ۲۰۴ میدان مارون

لیگوسن، افت سطح آب دریا و کاهش شدید در مقدار ماده آلی مشاهده می-گردد (اشکال شماره ۹ و ۱۰) و به نظر می-رسد که این مرز منطبق بر فاز تکتونیکی پیرنین باشد. تطابق سازند در ۵ چاه میدان نشان داد که بیشترین ضخامت سازند پاینده در محل چاه شماره ۲۰۴ (مربوط به جنوب شرق میدان) دیده شده و با حرکت به سمت شمال غرب، این ضخامت کاهش می-یابد. عمق قرارگیری فعلی سازند نیز در راستای شمال غرب افزایش می-یابد.

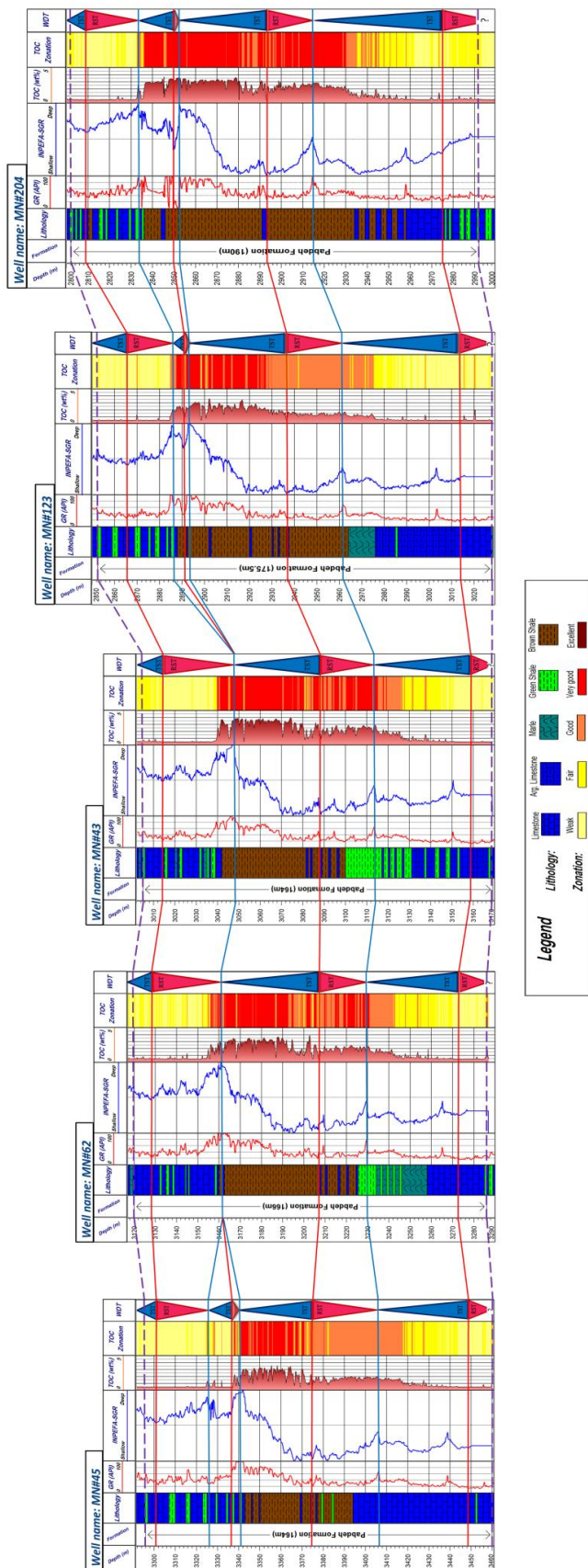
نتیجه گیری

نیاز به داده‌های فراوان در این مطالعه از یک سو و هزینه بالای آنالیزهای ژئوشیمیایی از سوی دیگر موجب گشت تا از روش هوشمند و غیرمستقیم شبکه عصبی مصنوعی جهت سنجش میزان ماده آلی کل از طریق داده‌های پتروفیزیکی بهره گرفته شود. استفاده از نتایج ۷۰ نمونه آنالیز پیرولیز راکابول منجر به طراحی شبکه‌ای سه لایه‌ای با ضریب همبستگی بسیار خوب ۸۹ درصد گردید. سنجش دوباره دقت شبکه مذکور از طریق مقایسه TOC خروجی آن با نتایج ۱۶ نمونه آنالیز پیرولیز نیز (انطباق ۹۹ درصدی) اطمینان لازم جهت استفاده از نتایج شبکه طراحی شده را فراهم آورد. سن سازند پاینده در این میدان از ائوسن میانی تا لیگوسن پیشین (حدود ۱۵ میلیون سال) در نظر گرفته شد. براساس نتایج شبکه عصبی میزان TOC در این سازند از ۰/۴۵ تا ۴ درصد وزنی در نوسان است که این بازه متغیر ناشی از چندین پیشروی و پسروی تراز آب دریا در زمان ته‌نشست سازند بوده، بطوریکه این نوسانات آب دریا، شرایط گوناگون محیطی را جهت غنی‌شدگی یا عدم غنی‌شدگی سازند پاینده از نظر میزان ماده آلی فراهم کرده است. شناسایی ۴ سکناس درجه سوم در ۲ چاه و ۵ سکناس در بقیه چاه‌ها، حاصل مطالعه چینه‌نگاری سازند پاینده در میدان مارون بود. تفسیر داده‌های ژئوشیمیایی در یک چهارچوب چینه‌نگاری سکناسی آشکار نمود که نوسانات میزان ماده آلی در همه چاه‌ها با تغییرات تراز آب دریا و سکناس‌های معرفی شده هم‌روند بوده به طوری که در بسته‌های رسوبی پیش‌رونده شاهد افزایش پتانسیل هیدروکربنی، و در بسته‌های پس‌رونده کاهش این پتانسیل مشاهده می‌شود. به نظر می‌رسد که بهترین شرایط محیطی جهت تولید و حفظ مواد آلی در زمان ائوسن پسین فراهم بوده که بوجود آمدن این شرایط محیطی، معلول افزایش تراز آب دریا در این زمان است. با بالا آمدن سطح آب دریا، میزان ورود مواد آلی ازدیاد یافته و از سوی دیگر، در نتیجه افزایش مساحت تحت پوشش لایه حداقل اکسیژن، شرایط احیای لازم جهت حفظ مواد آلی نیز فراهم گشته است. اما در اواخر ائوسن فوقانی بر اثر رخداد فاز پیرنه و خشکی‌زایی ناشی از آن، پسروی آب دریا رخ داده و پتانسیل هیدروکربنی سازند نیز به شدت کاهش یافته است. انطباق بسته‌های رسوبی معرفی شده وجود یک زبانه (با سنگ‌شناسی غالب شیلی و غنای بالا) در یال شرقی میدان و زبانه‌ای دیگر (سنگ‌شناسی غالب آهکی و غنای پایین) در غرب میدان را آشکار کرد. از سوی دیگر، به سمت جنوب شرق میدان، به دلیل پایداری و عمیق‌تر بودن حوضه، بسته‌های TST و RST با مؤلفه تجمع همراه‌اند که این امر موجب افزایش نرخ رسوبگذاری و فرونشست حوضه و نهایتاً بالا رفتن ضخامت سازند در این راستا گشته است. در نهایت، با شناسایی و انطباق سکناس‌ها، امکان تشخیص بخش‌های غنی از ماده آلی در دیگر چاه‌های میدان و صرفاً از طریق شناسایی سکناس‌ها و بسته‌های هم‌ارز میسر گردید.

قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند تا از همکاری بی‌شائبه مرکز پژوهشی زمین‌شیمی و زمین‌شناسی نفت دانشگاه شهید چمران اهواز و بخش زمین‌شناسی شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب، تشکر و قدردانی نمایند.

نتایج حاصل از سنجش TOC از طریق شبکه عصبی طراحی شده آشکار کرد که میزان ماده آلی کل سازند پاینده در این میدان از ۰/۴۵ تا ۴ درصد وزنی متغیر است. همانطور که در لاگ پتروفیزیکی - ژئوشیمیایی - سکناسی چاه شماره ۲۰۴ مشخص است (شکل ۹)، از نظر میزان TOC، سازند پاینده را می-توان به ۳ بخش فوقانی و زیرین، با میانگین TOC کم و میانی، با میانگین TOC زیاد تقسیم کرد که بخش‌های بالایی و پایینی غالباً آهکی بوده و در بخش میانی، شیل گسترش بیشتری دارد. (شکل ۹) بوضوح نشان می‌دهد که تغییرات میزان ماده آلی (در بیشتر نقاط) با تغییرات منحنی INPEFA هم‌ارز می‌باشد، به طوری که هم‌زمان با انحرافات مثبت این منحنی، شاهد افزایش TOC بوده و با رخداد انحرافات منفی، از میزان این فاکتور نیز کاسته می‌شود. به همین ترتیب در بسته‌های پیش‌رونده شاهد افزایش پتانسیل هیدروکربنی سازند، و در بسته‌های پس‌رونده شاهد کاهش این پتانسیل هستیم. کاهش میزان ماده آلی در بسته RST بدین دلیل است که بر اثر افت سطح آب دریا، پراکندگی ماده آلی اتفاق افتاده و ماده آلی اکسیده می‌گردد. در بخش میانی سازند، هم‌زمان با افزایش پتانسیل هیدروکربنی سازند، سنگ‌شناسی شیلی غالب شده و از سوی دیگر شاهد افزایش زیاد نگاره گاما و منحنی INPEFA هستیم. این شرایط، اشاره به تراز بالاتر سطح آب دریا در زمان ته‌نشست و تشکیل این بخش (نسبت به بخش‌های بالایی و پایینی) و در نتیجه، وجود شرایط بهتر جهت تولید و حفظ مواد آلی (وجود رسوبات ریزدانه فراوان و شرایط غیراکسیدان) در این زمان دارد. پس از ترسیم لاگ‌های پتروفیزیکی - ژئوشیمیایی - سکناسی سازند پاینده برای تک تک چاه‌ها، بسته‌های معرفی شده با همدیگر مورد انطباق قرار گرفتند (شکل ۱۰). سکناس‌ها در سازند پاینده در تمامی چاه‌ها با بسته RST در ائوسن میانی شروع شده و با بسته TST در لیگوسن پیشین خاتمه می‌یابند. از سوی دیگر، نوسانات میزان ماده آلی و وضعیت سکناسی در همه چاه‌ها روند یکسانی را نشان می‌دهند که این به نوبه خود، حاکمیت شرایط تقریباً هم‌سان محیطی را در کل میدان آشکار می‌کند. بیشتر بسته‌های رسوبی معرفی شده در همه چاه‌ها قابل پیگیری بوده و تنها دو بسته در قسمت فوقانی بخش میانی سازند در برخی چاه‌ها وجود ندارد. همانطور که در (شکل ۱۰) مشخص است، بسته رسوبی مذکور در چاه‌های ۱۲۳ و ۲۰۴ (بخش جنوب شرقی میدان) با سنگ‌شناسی غالب شیلی و مقادیر بالای ماده آلی قابل پیگیری است. از سوی دیگر بیشترین ضخامت آن در چاه شماره ۲۰۴ دیده شده و با حرکت به سمت شمال غرب، از ضخامت آن کاسته می‌شود. این نوع روند، وجود یک زبانه را آشکار می‌کند که در محل چاه شماره ۴۳ ناپدید می‌گردد. مشابه این زبانه در چاه ۴۵ نیز مشاهده می‌شود با این تفاوت که در این چاه، سنگ‌شناسی آن غالباً آهکی بوده و مقادیر TOC نیز پایین است. همانطور که در (شکل‌های ۹ و ۱۰) مشخص است، ۲ بسته پیش‌رونده سکناس‌های ۳ و ۴ چاه‌های ۱۲۳، ۴۵ و ۲۰۴ را یک بسته پس‌رونده کم‌ضخامت از هم جدا می‌کند. مرز سکناسی پوشاننده‌ی این بسته پس‌رونده شواهد خاصی مبنی بر کاهش عمق بسیار شدید نظیر تغییر سنگ‌شناسی حاد را ارائه نمی-دهد، بنابراین این پسروی چندان بزرگ نبوده و در نتیجه، تغییر شدیدی نیز در پتانسیل هیدروکربنی سازند ایجاد نکرده است. این در حالی است که منحنی INPEFA بیشترین میزان کاهش را در این محل نشان داده که این به وضوح آشکار می‌کند که این منحنی بزرگی تغییرات سطح آب دریا را مشخص نخواهد کرد و صرفاً نوع نوسان را هویدا می‌کند. در بیشتر سکناس‌های معرفی شده، بیشترین پتانسیل هیدروکربنی در مرز MFS و کمترین پتانسیل در مرز MRS دیده می‌شود که این خود انطباق کامل پتانسیل هیدروکربنی سازند را با تغییرات محیطی آشکار می‌کند. در تمامی چاه‌ها در محدوده مرز ائوسن -



شکل ۱۰. انطباق سکانسی سازند پابده در راستای طولی میدان مارون

منابع

- شایسته، م.، ۱۳۸۱. بررسی علل آلودگی نفت آسماری بوسیله هیدروژن سولفور در بخشی از میدان مارون، گزارش شماره پ-۵۲۰۷، اداره کل زمین شناسی گسترشی، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب، ۵۲ صفحه.
- علیزاده، ب.، آدابی، م. و تژه، ف.، ۱۳۸۵. ارزیابی پتانسیل هیدروکربورزایی سنگهای منشاء احتمالی در میدان نفتی مارون با استفاده از دستگاه پیرولیز راک - ایول ۶، مجله علوم دانشگاه تهران، شماره ۳، صفحه ۲۶۷-۲۷۴.
- میرزاقلی پور، ع. و حقی، ع.، ۱۳۶۹. مطالعه زمین شناسی میدان نفتی مارون، گزارش شماره پ-۴۲۱۰، اداره کل زمین شناسی گسترشی، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب، ۵۵ صفحه.
- Al-Qahtani.F.A., 2000, Porosity distribution prediction using Artificial Neural Networks. Msc. Thesis, organtown Virginia University.
- Alizadaeh.B., Najjari.S., Kadkhodaie-Ilkhchi.A, 2011, Artificial neural network modeling and cluste analysis for organic facies and burial history estimation using well log data: A case study of the South Pars gas field, Persian Gulf, Iran. Computers & Geosciences (2011), DOA: 10.10.16/j.cageo.2011.11.024.
- Barry.J.K. and Lisa.M.P., 1997, Source rocks in a sequence stratigraphy framework, AAPG Studies in Geology #37.
- Beers.R.F., 1945, Radioactivity and organic content of some Paleozoic shales. AAPG Bulletin, v. 26, p. 1 – 22.
- Behar.F., Beaumont.V., Pentea.do.B., 2001, Rock-Eval 6 Technology: Performances and Developments. Oil and Gas Science and Technology-Rev. IFB, v. 56, p. 111-134.
- Bordenave.M.L. and Burwood.R., 1990, Source rock distribution and Maturation in the Zagros Orogenic Belt: Provenance of the Asmari and Bangestan reservoir oil accumulations. Organic Geochemistry, v. 16, p. 369-387.
- Catuneanu.O., 2006, Principles of sequence stratigraphy. Elsevier, New York, 375p.
- Cyclog User Guide, 2004, Version 3.2, ENRES INTERNATIONAL COMPANY. Symposium, paper D.
- Embry.A.F. and Johannessen.E.P., 1992, T-R sequence stratigraphy, facies analysis and reservoir distribution in the uppermost Triassic-Lower Jurassic succession, western Sverdrup Basin, Arctic Canada. In: Vorren, T.O., Petroleum Potential. Norwegian Petroleum Society, Special Publication 2, p. 121-146.
- Fertle.H., 1988, Total organic carbon content determined from well logs: SPE Formation Evaluation 15612, p. 407– 419.
- Herron.S.L., 1988, Source rock evaluation using geochemical information from wireline logs and cores (abs): AAPG Bulletin, v. 72, 1007.
- Hertzog.R., Colson.L., Seeman.B., O'Brian.M., Scott.H., 1989, Geochemical logging with spectrometry tools: SPE Formation Evaluation 4, p. 153– 162.
- Huang.Z. and Williamson.M.A., 1996, Artificial neural network modeling as an aid to source rock characterization. Marine and Petroleum Geology, Vol. 13, No. 2, p. 277-290.
- Hunt.J.M., 1996, Petroleum Geochemistry and Geology. 2nd Edition.W.H. Freeman and Company, New York, 743 p.
- Hunt.J.M., and Jaieson.G.W., 1956, Oil and organic matter in source rock of petroleum: AAPG Bulletin, v. 40, p. 477– 488.
- Hussain.F.A., 1987, Source rock identification in the state of Kuwait using wireline logs: SPE 15747, p. 477– 488.
- James.G.A. and Wynd.J.G., 1965, Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 49(12), p. 2182–2245.
- Kadkhodaie-Ilkhchi.A., Rahimpour-Bonab.H. and Rezaee.M.R., 2009, A committee machine with intelligent systems for estimation of total organic carbon content from petrophysical data, Computers and Geosciences 35 (2009) p. 457-474.
- Kamali.M.R. and Mirshady.A.A., 2004, Total organic carbon content determined from well logs using $\Delta\log R$ and neuro fuzzy techniques. Journal of Petroleum Science and Engineering 45, p. 141–148.
- Kotorba, M. j., Wieclaw, D., kosakowski, P., Zacharski, j., Kowalski, A., 2003, Evaluation of Source rock and Petroleum potential of middle Jurassic strata in the South-eastern part of Poland".Prezeglad Geologiczny,51,1031-1040.
- Luffel.D.L., 1992, Evaluation of Devonian shale with new core and log analysis methods: SPE 21297, p. 1192– 1197.
- Magoon.L.B., 1988, The petroleum system-a classification scheme for research, exploration, and resource assessment, in L.B. Magoon, ed., Petroleum systems of the united states: USGS Bulletin 1870: p. 2-15.
- Meijun.L., Yunlong.J., Ligu.H., 2003, Geochemical-Sequence Stratigraphy and Its Application Prospects in Lake Basin. Chinese Journal of Geochemistry, v.22, p. 164-172.
- Mitchum.R.M., Vail.P.R., Thompson, S., 1977, Seismic stratigraphy and Global changes of sea level, Part 2: Depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis. In : Payton, C.E., (Edt.), Seismic stratigraphy – Application to hydrocarbon exploration. AAPG, Memoir No.26, p. 53-62.
- Mohaghegh.S., Arefi.R., Bilgesu.H.I., Ameri.S., Rose.D., 1994, Design and development of an artificial neural network for estimation of formation permeability. SPE 28237, Proceeding of SPE Petroleum Computer

- Conference, Dallas TX.
- Pasley.M.A., Gregory.W.A., Hart,G.F., 1991, Organic matter variation in transgressive and regressive shales. *Organic Geochemistry* 17, p. 483–509.
- 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* v.74, n.12, p. 1777-179.
- Peters.K.E. and Cassa.M.R., 1994, Applied source rock geochemistry. In: *The petroleum system - from source to trap*: Magoon, L.B. Dows, W.G (eds.), *AAPG Memoir* 60, p. 93-117.
- Schmoker.J.W., 1981, Determination of organic-matter content of Appalachian Devonian shales from gamma-ray logs: *AAPG Bulletin*, v. 65, p. 2165–2174.
- Serra.O.L., 1986, *Fundamentals of Well-Log Interpretation: The Acquisition Logging Data*, v. 1, Elsevier. 679 p.
- Sloss.L.L., 1963, Sequences in the Cratonic interior of North America. *Geological Society of America Bulletin*, v. 74, p. 93-114.
- Swanson.V.E., 1960, Oil yield and uranium content of black shales: *USGS professional paper* 356-A, p. 1–44.
- Van Wagoner.J.C., Mitchum.R.M., Campion.K.M., Rahmanian.V.D., 1990, Siliciclastic sequence stratigraphy in welllogs, cores, and outcrops: Concepts for high-resolution correlation of time and facies. *AAPG Methods in Exploration Series* No.7, 55 p.
- Worthington.P.F., 1990, Sediment cyclicity from logs In *From Hurst, A., Lovell, M. A. & Morton, A. C., 1990, Geological Applications of Wireline Logs Geological Society Special Publications* No. 48, p. 123-132.

Archive of SID