پیش‌گویی داده‌های ژئوشیمیایی از نگارهای چاه‌پیمایی و نشان‌گرهای لرزه‌ای با استفاده از روش بهینه‌سازی کلنی مورچگان در میدان نفتی منصوری

هدی عبدی‌زاده [۱*]، علی کدخدائی [۲]، علی احمدی [۲] و محمد حسین حیدری‌فرد [۳]

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

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

۳- گروه زمین‌شناسی، شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۲۰

چکیده

محتوای کل کربن آلی مهم‌ترین فاکتور ژئوشیمیایی جهت ارزیابی سنگ منشأ محسوب می‌شود. با در نظر گرفتن کمبود داده‌های محتوای کل کربن آلی در مناطق اکتشافی و پرهزینه و وقت‌گیر بودن آنالیز راک- ایول، توسعه یک روش نوین برای تخمین مستقیم این پارامتر از لاگ‌های چاه‌پیمایی و داده‌های لرزه‌ای هدف این مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه، داده‌های لرزه‌ای ۲ بعدی و داده‌های پتروفیزیکی سازند پابده از ۴ چاه میدان نفتی منصوری مورد استفاده قرار گرفت. همچنین روش $\Delta Log\ R$ جهت پیش‌گویی محتوای کل کربن آلی از داده‌های پتروفیزیکی استفاده شد. مقادیر کل کربن آلی محاسبه شده به‌عنوان ورودی آنالیز چند نشان‌گری برای یافتن ارتباط منطقی با نشان‌گرهای لرزه‌ای مورد استفاده قرار گرفت. در این مطالعه وارون‌سازی لرزه‌ای براساس الگوریتم شبکه عصبی به دلیل دقت بالا اجرا شد و امپدانس صوتی به‌دست آمده به‌عنوان نشان‌گر بیرونی استفاده شد. سپس شبکه عصبی احتمالاتی با استفاده از نشان‌گرهای پیشگویی شده حاصل از رگرسیون چندگانه آموزش داده شد. متعاقباً کل کربن آلی با ضریب تطابق ۷۵٪ توسط نشان‌گرهای لرزه‌ای تخمین زده شد. در مرحله بعدی پژوهش، روش بهینه‌سازی کلنی مورچگان غیرخطی به‌عنوان یک ابزار هوشمند جهت تخمین و تولید یک مقطع لرزه‌ای کل کربن آلی از نشان‌گرهای لرزه‌ای مورد استفاده قرار گرفت. کلنی مورچگان غیرخطی ضرایب وزنی را برای نشان‌گرهای لرزه‌ای محاسبه نمود. در انتها با استفاده از این ضرایب و داشتن نشان‌گرهای لرزه‌ای، یک مقطع لرزه‌ای کل کربن آلی تولید شد.

کلمات کلیدی: کل کربن آلی، نگارهای چاه‌پیمایی، وارون‌سازی لرزه‌ای، شبکه عصبی احتمالاتی، بهینه‌سازی کلنی مورچگان

*مسؤول مکاتبات

آدرس الکترونیکی abdizadehhoda@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

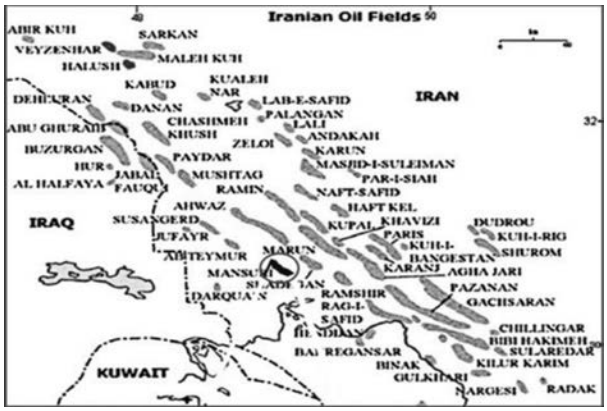
مقدمه

یافتن راه‌کارهای کاربردی برای کاهش هزینه‌های اکتشاف و تسریع ارزیابی‌های اولیه سنگ منشأ می‌تواند به‌عنوان کمکی مؤثر در اکتشافات نفتی در نظر گرفته شود. یکی از پارامترهای اصلی سنگ منشأ که بر تولید اقتصادی هیدروکربن اثر می‌گذارند مقدار کل کربن آلی[1] می‌باشد. این پارامتر می‌تواند از روش‌های ژئوشیمیایی مانند پیرولیز راک- ایول تخمین زده شود اما به دلیل هزینه بالای آن و وجود ناپیوستگی در برداشت مغزه‌ها، تنها تعداد محدودی از نمونه‌ها با این روش آنالیز می‌شوند. تاکنون محققین متعددی سعی نموده‌اند تا با توجه به تأثیر ماده آلی بر روی پاسخ نگارهای چاه‌پیمایی، با تلفیق نگارهای چاه‌پیمایی و داده‌های ژئوشیمیایی، پارامتر ارزشمند محتوای کل کربن آلی را تخمین بزنند. [۱] با استفاده از نگارهای تخلخل (سونیک، چگالی و نوترون) و گاما یک مدل فیزیکی برای تعیین پاسخ نگار به ویژگی‌های سنگ منشأ ارائه نمودند. [۲] از روش هوشمند نرو- فازی برای تخمین مقدار محتوای کل کربن آلی سازند پابده استفاده کرده و عملکرد آن را با روش $\Delta \text{Log R}$ مقایسه نمودند. [۳] مدلی پیشرفته و بهینه برای تخمین محتوای کل کربن آلی با تلفیق سیستم‌های هوشمند مختلف و مفهوم ماشین گروهی ابداع نمودند. بهینه‌سازی کلنی مورچگان[2] [۴] یکی از جدیدترین و مقتدرترین روش‌ها برای بهینه‌سازی تقریبی است که به عنوان یک روش نوین الهام گرفته از طبیعت برای حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی مطرح شده است [۵]. منشأ بهینه‌سازی کلنی مورچگان رفتار جستجوگر مورچه‌های واقعی است. در سال‌های اخیر، صنعت نفت از بهینه‌سازی کلنی مورچگان در حل مسائل بهینه‌سازی استفاده می‌کند [۶]. از بهینه‌سازی کلنی مورچگان جهت تعیین تعداد بهینه عملگرهای فازی و تفکیک‌کننده فشار و حداکثر تولید نفت در مخازن نفتی بهره بردند. جزئیات بیشتر درباره بهینه‌سازی کلنی مورچگان را می‌توان در [۷ و ۸] مشاهده نمود. روش‌های ژئوفیزیک اکتشافی اغلب اطلاعات با ارزشی از چگونگی رفتار سیالات و خواص فیزیکی درون زمین در اختیار ما قرار می‌دهند. در دو دهه اخیر صنعت نفت شاهد افزایش چشم‌گیری در به کارگیری روش‌های آماری و سیستم‌های هوشمند برای تخمین پارامترهای مخزنی با استفاده از نشان‌گرهای لرزه‌ای بوده است. تاکنون مطالعات موردی متعددی با به‌کارگیری آنالیزهای چند نشان‌گری بر روی سنگ منشأ صورت گرفته است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: [۹] برای اولین بار در دنیا موفق به برآورد کل محتوای کربن آلی از داده‌های لرزه‌ای شدند. [۱۰] با استفاده از نمودارهای چاه‌پیمایی و آنالیزهای چند نشانگری لرزه‌ای توانستند محتوای کل کربن آلی را در افق شیلی با دقت قابل قبولی مدل‌سازی کنند [۱۱]. برای انجام آنالیزهای چند نشان‌گری و تخمین مقادیر تخلخل و آب اشباع شدگی با استفاده از داده‌های لرزه‌ای در میدان نفتی ابوذر از یک سیستم استنتاج فازی گروهی استفاده کردند.

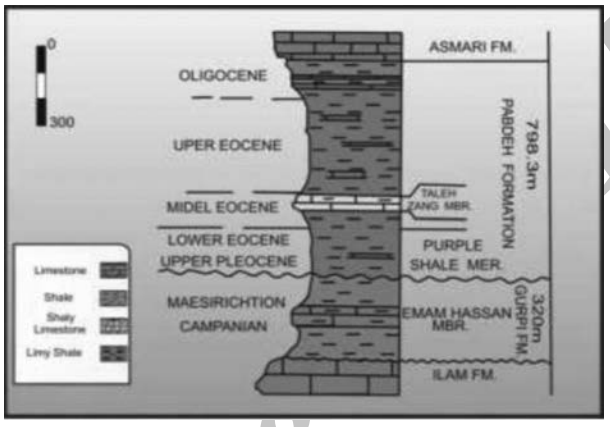
این مطالعه بر روی سازند پابده در میدان نفتی منصوری انجام شده است. این ساختمان در ۴۵ km جنوب اهواز قرار دارد و از روند زاگرس تبعیت کرده و تقریباً در مرز صفحه عربی و زاگرس قرار گرفته است (شکل ۱). این میدان در افق آسماری دارای طول حدود ۴۲ km و به‌طور متوسط عرض ۴/۵ km می‌باشد. براساس نقشه‌های حاصل از پیمایش لرزه‌نگاری و نقشه‌های ساختمانی زیرزمینی تهیه شده، می‌توان میدان نفتی منصوری را تاقدیسی کشیده با دامنه‌های ملایم و کم شیب در راستای شمال غرب- جنوب شرق در نظر گرفت. مقطع نمونه پابده در تنگ پابده در جنوب شرق کوه پابده واقع در شمال میدان نفتی لالی است (شکل ۲). در برش نمونه از پایین به بالا شامل بخش‌های شیل ارغوانی، شیل و آهک رسی، آهک رسی همراه با نودول‌های چرتی، شیل‌های تیره با لایه آهکی پراکنده در قاعده و آهک‌های رسی لایه نازک با تناوبی از شیل می‌باشد.

1. Total Organic Carbon (TOC)
2. Ant Colony Optimization (ACO)

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی میدان نفتی منصوری و میادین نفتی همجوار آن [۲۰].



شکل ۲- برش نمونه سازند پابده در تنگ پابده می‌باشد [۲۱]

در این مطالعه سعی شد تا با تلفیق نگارهای چاه‌پیمایی و داده‌های لرزه‌ای دو بعدی، با کم‌ترین خطای ممکن، مقادیر کل کربن آلی در امتداد خطوط لرزه‌ای موجود تخمین زده شود.

مواد و روش‌ها

وارون‌سازی لرزه‌ای

از آنجایی‌که وارون سازی یکی از ابزارهای استخراج اطلاعات ارزنده از داده‌های لرزه‌ای می‌باشد، توجه به تکنیک‌های وارون‌سازی لرزه‌ای به‌طور پیوسته و یکنواخت در طی سال‌های اخیر افزایش یافته است. هدف اصلی وارون‌سازی لرزه‌ای تبدیل داده‌های انعکاس لرزه‌ای به پارامتری قابل اندازه‌گیری و توصیف‌کننده مخزن (یا سازند مورد مطالعه) می‌باشد. وارون‌سازی پس از برانبارش[1] فرآیند محاسبه مدل امپدانس زیر سطحی با استفاده از داده‌های لرزه‌ای بر انبارش شده می‌باشد. به‌عبارت دیگر وارون‌سازی با به کارگیری داده‌های لرزه‌ای، زمین‌شناسی ایجادکننده این پاسخ‌های لرزه‌ای را تعیین می‌کند [۱۲]. مدل اساسی که وارون‌سازی بر پایه آن صورت می‌گیرد مدل واهامیخت[2] می‌باشد. واهامیخت فرآیند تغییر شکل موج بر اثر گذر از یک فیلتر خطی مانند زمین را بررسی می‌کند و به‌صورت معادله ۱ نشان داده می‌شود:

$$S = W*r + n \qquad (1)$$

وارون‌سازی لرزه‌ای به عنوان فرآیند تعیین ضریب بازتاب جهت محاسبه امپدانس صوتی، در نظر گرفته می شود در طی فرآیند وارون‌سازی لرزه‌ای پس از ایجاد لرزه نگاشت مصنوعی، موجک لرزه‌ای در محدوده افق‌های لرزه‌ای تعیین شده، استخراج

1. Post Stack Seismic Inversion
2. Deconvolution
3. Converlution

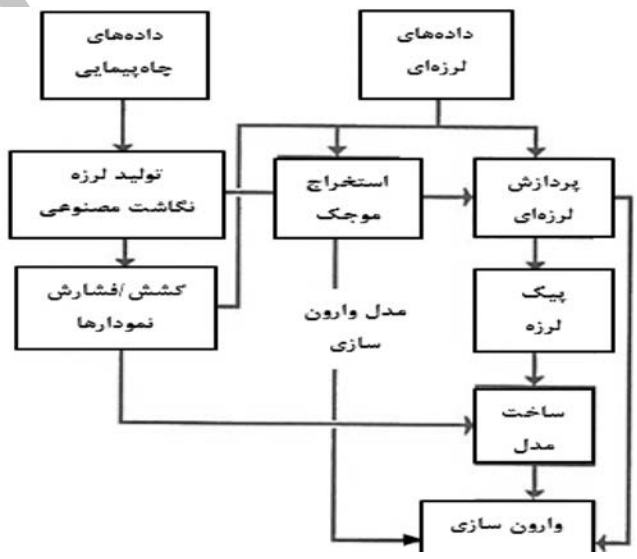
Archive of SID

www.SID.ir

می‌گردد و سپس با استفاده از الگوریتم‌های مختلف وارون‌سازی، مقطع داده‌های لرزه‌ای به نگارهای امپدانس صوتی تبدیل می‌شود. نمودار نمادین مراحل مختلف وارون‌سازی در شکل ۳ نشان داده شده است. الگوریتم‌های وارون‌سازی لرزه‌ای شامل وارون‌سازی بر پایه مدل، وارون‌سازی باند محدود، وارون‌سازی خارهای پراکنده و وارون‌سازی لرزه‌ای با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌باشند [۱۲]. از میان شبکه‌های عصبی طراحی شده در مطالعات علوم‌زمین به‌ویژه مطالعات نفت و گاز کاربرد داشته‌اند می‌توان به شبکه عصبی احتمالاتی[1] [۱۲] اشاره نمود. شبکه عصبی احتمالاتی حالت خاصی از شبکه‌های عصبی تابع پایه شعاعی می‌باشد [۱۳]. در این روش هر خروجی جدید به‌عنوان ترکیب خطی از داده‌های آموزشی در نظر گرفته می‌شود. وقتی شبکه احتمالاتی آموزش می‌یابد یک‌سری از سیگماها[2] را پیدا می‌کند که خطای تخمین را کمینه کند.

الگوریتم بهینه‌سازی کلنی مورچگان

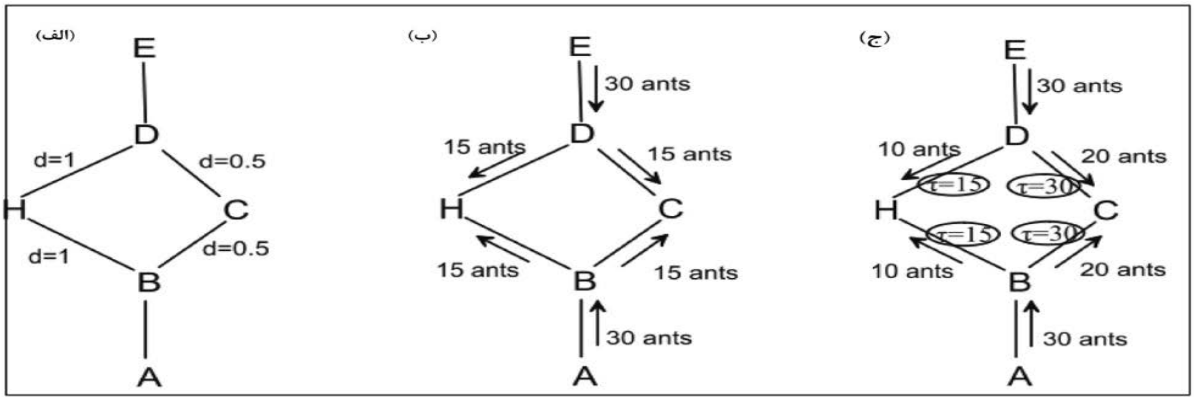
روش بهینه‌سازی کلنی مورچه‌ها که برگرفته از زندگی واقعی مورچه‌ها در طبیعت می‌باشد، در سال ۱۹۹۲ توسط مارکو دوریگو ارائه شد [۱۴]. الگوریتم کلنی مورچه‌ها از هوش مصنوعی جمعی بهره برده و بر این اصل بنا شده که تعاملات محلی و ساده اعضای یک دسته جمعیت با محیط، منتهی به یک رفتار جمعی هوشمندانه می‌شود. نکته حائز اهمیت در زندگی کلنی مورچگان، توانایی سازگاری مورچه‌ها با تغییرات محیط پیرامونشان می‌باشد. به‌عنوان مثال زمانی که کوتاه‌ترین مسیر به دلیل وجود یک مانع بسته شده باشد، مورچه‌ها کوتاه‌ترین مسیر جدید را پیدا می‌کنند. شکل ۴ نشان می‌دهد که چطور مورچه‌های مصنوعی کوتاه‌ترین مسیر را انتخاب می‌کنند [۸]. فاصله مسیرهای DH =BH برابر با یک و DC = BC برابر با ۰/۵ می‌باشند (شکل ۴ الف). فرض کنیم در هر واحد ۳۰ مورچه از A به B و ۳۰ مورچه از E به D می‌روند و هر مورچه با سرعت ۱ در هر واحد گام برمی‌دارد، و هنگام گام برداشتن اثر فرومون با شدت ۱ بر جا می‌گذارد. در t =0 هیچ اثر فرومونی وجود ندارد، ۳۰ مورچه در B و ۳۰ مورچه در D با احتمال یکسان مسیرها را انتخاب می‌کنند. بنابراین ۱۵ مورچه از هر گره به سمت H و ۱۵ مورچه به سمت C خواهند رفت (شکل ۴ ب). بعد از یک واحد، چون فواصل B–H–D= 2 و B–C– D =1 می‌باشند، شدت فرومون روی مسیر B–H–D برابر با ۱۵ بوده در حالی‌که روی مسیر B–C–D برابر با ۳۰ می‌باشد.



شکل ۳- نمودار نمادین مراحل مختلف وارون‌سازی لرزه‌ای [۱۲]

1. Probabilistic Neural Network (PNN)
2. Sigma

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۴- نمودار کلنی مورچه برای پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر: الف) فواصل مسیر، ب) هنگامی‌که t=0 باشد، هیچ اثر فرومونی روی مسیرها وجود ندارد و مورچه‌ها مسیرهای B–H–D و D B–C را با احتمال یکسان انتخاب می‌کنند. ج) هنگامی‌که t = 1 باشد شدت فرومون روی مسیر D B–C– بیشتر از مسیر B–H–D است و اکثر مورچه‌ها تمایل دارند مسیر D B–C– را انتخاب کنند.

بنابراین هنگامی‌که ۳۰ مورچه از A به B و یا از E به D حرکت می‌کنند، به طور میانگین، ۲۰ مورچه مسیر C و ۱۰ مورچه مسیر H را انتخاب می‌کنند. از این رو بیشتر مورچه‌ها تمایل به انتخاب مسیر کوتاه‌تر D B–C را دارند (شکل ۴ ج). این فرآیند ادامه می‌یابد تا زمانی‌که سرانجام همه مورچه‌ها مسیر کوتاه‌تر B-C-D را انتخاب کنند. الگوریتم کلی بهینه‌سازی کلنی مورچگان در شکل ۵ نشان داده شده است. بر اساس این شکل روند الگوریتم بهینه‌سازی کلنی مورچه توسط سه عمل برنامه‌ریزی شده مدیریت می‌شود [۱۴]: مرحله اول به طور عمده شامل شروع اثر فرومون است. در مرحله دوم، هر مورچه یک راه حل کامل برای مسئله براساس قانون تغییر حالت احتمالی ایجاد می‌کند. مرحله سوم مقدار فرومون به روز می‌شود. قانون به روز رسانی جهانی فرومون از لحاظ دو جنبه کاربردی می‌باشد. ابتدا، جزء فرومون تبخیر شده و سپس هر مورچه مقداری فرومون متناسب با شایستگی راه‌حلش بر جا می‌گذارد. این فرآیند تا مشخص شدن معیار توقف تکرار می‌شود [۱۵].

بحث و نتایج

در این مطالعه به منظور تخمین محتوای کل کربن آلی از نگارهای چاه‌پیمایی و داده‌های لرزه‌ای ابتدا اطلاعات مربوط به چاه‌های ۱۴، ۲۰، ۲۵ و ۲۸ از میدان منصوری شامل نگارهای چاه‌پیمایی، مختصات چاه، عمق و ضخامت سازند مورد مطالعه، داده‌های شوت-کنترل و داده‌های ژئوشیمیایی تهیه شد و در بخش ژئوویو نرم‌افزار HRS وارد گردید. دلیل انتخاب چاه‌های نامبرده، در دسترس بودن نگارهای صوتی و چگالی از سازند پابده می‌باشد. در این مطالعه از روش Δlog R جهت محاسبه داده‌های ژئوشیمیایی استفاده شد. این روش توسط [۱۶] جهت ارزیابی سنگ منشأ و نیز محاسبه درصد محتوای کل کربن آلی پیشنهاد شد. این روش تأثیر مواد آلی بر پاسخ نگارها را از طریق برهم‌اندازی نگارها (نگار مقاومت ویژه و تخلخل) و به منظور تعیین غنای مواد آلی و بلوغ آن بررسی می‌نماید. اطلاعات لرزه‌ای به کار رفته در این مطالعه شامل داده‌های لرزه‌ای پس از بر انبارش دو بعدی می‌باشد. مختصات چاه‌ها بر روی خط لرزه‌ای ۱۱۸۶- چاه ۱۴ در شکل ۶ نشان داده شده است.

Archive of SID

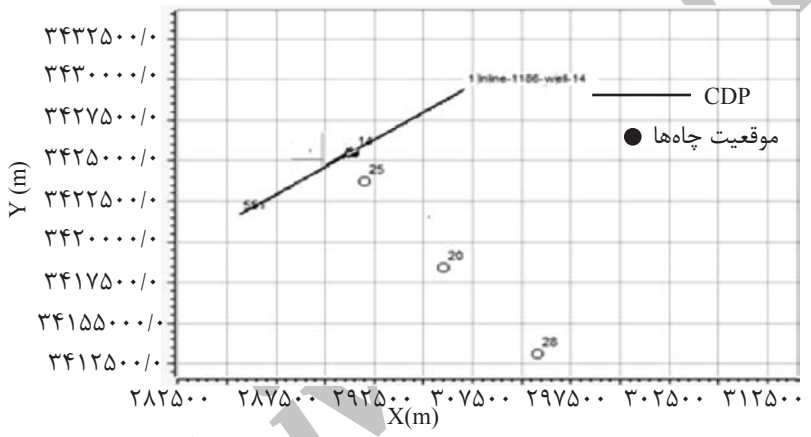
www.SID.ir

مرحله ۱: فرآیند آغازی: شروع اثر فرومون

مرحله ۲: ساخت راه حل: برای تکرار هر مورچه ساخت راه حل با استفاده از اثر فرومون

مرحله ۳: به روز رسانی اثر فرومون تا توقف معیارها

شکل ۵- الگوریتم کلی ACO



شکل ۶- مختصات چاه‌ها بر روی خط لرزه‌ای ۱۱۸۶- چاه ۱۴.

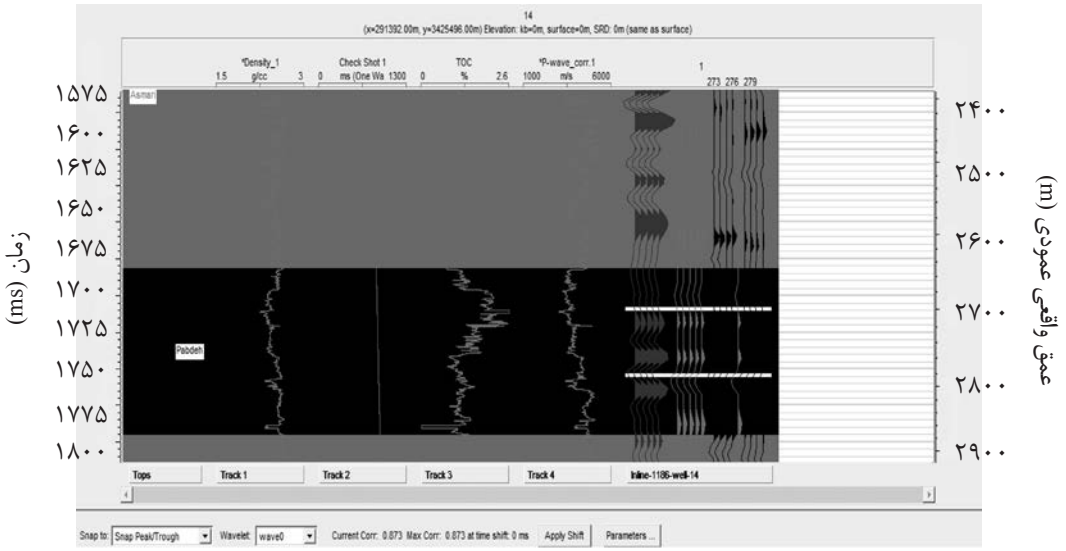
تطابق چاه با مقطع لرزه‌ای

در مرحله اول مطالعه، داده‌های چاه با داده‌های لرزه‌ای تطابق داده شد. لرزه نگاشت مصنوعی برای چاه‌های ۱۴، ۲۰، ۲۵ و ۲۸ ساخته شد.

به منظور ساخت نگار امپدانس صوتی سرعت صوت در مقدار چگالی کل ضرب شد، سپس ضریب بازتاب محاسبه شده و با همامیخت موجک لرزه‌ای، لرزه نگاشت مصنوعی ایجاد گردید. هرچه موجک لرزه‌ای استخراج شده مناسب‌تر باشد، ارتباط بهتری حاصل می‌شود. در این مطالعه استخراج موجک از داده‌های چاه صورت گرفت. پس از استخراج موجک در تک تک چاه‌ها یک موجک لرزه‌ای میانگین استخراج گردید تا بهترین تطابق در محل همه چاه‌ها حاصل شود.

برای تبدیل عمق به زمان از نگارهای چاه، داده‌های شوت- کنترل چاه‌های ۱۴، ۲۰ و ۲۸ استفاده شد. از افق‌های لرزه‌ای برای ایجاد تطابق ما بین چاه‌ها استفاده می‌شود. در شکل ۷ نمونه‌ای از ارتباط چاه با لرزه برای چاه ۱۴ نشان داده شده است که طبق آن میزان تطابق بین لرزه نگاشت مصنوعی (پررنگ‌تر) و رد لرزه مرکب (کم‌رنگ‌تر)، ۰/۸۷ می‌باشد. پس از ایجاد مدل امپدانس صوتی الگوریتم‌های مختلف وارون‌سازی لرزه‌ای موجود در نرم‌افزار HRS مورد استفاده قرار گرفتند.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۷- نمونه‌ای از تطابق داده‌های لرزه‌ای و نگارهای چاه‌پیمایی در چاه ۱۴ میدان منصوری

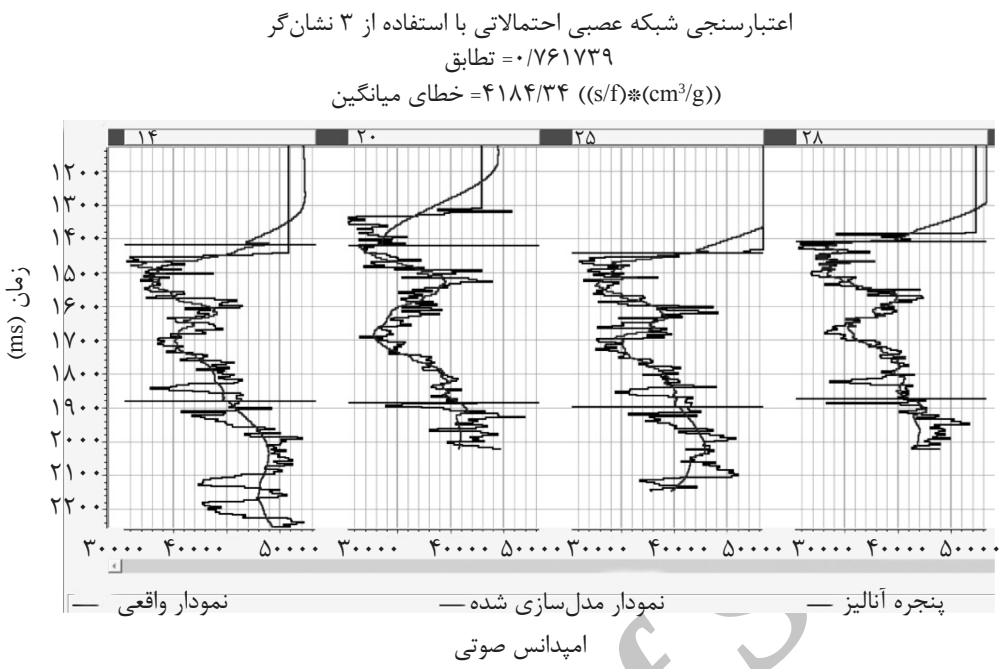
نتایج وارون‌سازی لرزه‌ای نشان داد که شبکه عصبی بهترین نتیجه تخمین امپدانس صوتی را در میدان نشان می‌دهد. در شکل ۸ امپدانس صوتی واقعی و وارون‌سازی شده با استفاده از شبکه عصبی در چاه ۱۴ نشان داده شده است. براساس این شکل میزان تطابق ۷۶٪ می‌باشد.

تعیین نشان‌گرهای لرزه‌ای بهینه

به‌طور معمول، هدف از به‌کارگیری روش‌های زمین آماری و مدل‌های هوشمند، یافتن روابط خطی و غیرخطی موجود بین داده‌های ورودی و خروجی می‌باشد. به همین منظور باید ارتباط منطقی بین پارامتر ورودی و هدف وجود داشته باشد. دراین بخش از تحقیق، ارتباط فیزیکی بین داده‌های ورودی (نشان‌گرهای لرزه‌ای) و داده‌های خروجی (پارامتر ژئوشیمیایی) از طریق آنالیز رگرسیون چندگانه حاصل شد. آنالیز رگرسیون چندگانه یک روش ساده و عملی برای یافتن بهترین ورودی‌ها جهت پیش‌گویی پارامتر هدف می‌باشد. از این رو، نشانگرهای چندگانه براساس آنالیز رگرسیون انتخاب شدند و در ساخت مدل شبکه عصبی مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج آنالیز رگرسیون برای پیشگویی کل کربن آلی در جدول ۱ نشان داده شده است. براساس جدول ۱، افزودن نشان‌گرهای لرزه‌ای پیش‌گویی را بهبود می‌بخشد. این همیشه به این معنی نیست که نشان‌گرهای بیشتر علائم درست را برای رسیدن به نگار هدف پیش‌گویی می‌کنند. خطای اعتبارسنجی می‌تواند به‌عنوان یک معیار اندازه‌گیری جهت جلوگیری از افزایش نشان‌گرها به مجموعه داده‌های ورودی مطرح شود [۱۷]. اغلب نتیجه اعتبارسنجی به شکل نمودار نشان داده می‌شود. همان‌طور که ذکر شد با افزایش تعداد نشان‌گرها در یک نقطه این نمودار افزایش نشان می‌دهد و تعداد بهینه نشان‌گرها تعیین می‌شود. نمودارهای اعتبارسنجی مربوط به میدان مورد مطالعه در شکل ۹ نشان داده شده است. براساس این شکل در میدان منصوری ۴ نشان‌گر بهینه تعیین گردید. همچنین براساس جدول ۱، چهار نشان‌گر فرکانس غالب، انتگرال قدرمطلق دامنه، نتیجه وارون‌سازی و پوش دامنه می‌توانند به‌عنوان ورودی‌های بهینه در پیش‌گویی کل کربن آلی انتخاب شوند. نشان‌گر فرکانس غالب میرائی فرکانس ناهنجار را نشان می‌دهد و به موجب آن می‌توان حضور زون‌های هیدروکربن‌دار را نشان داد [۱۸].

Archive of SID

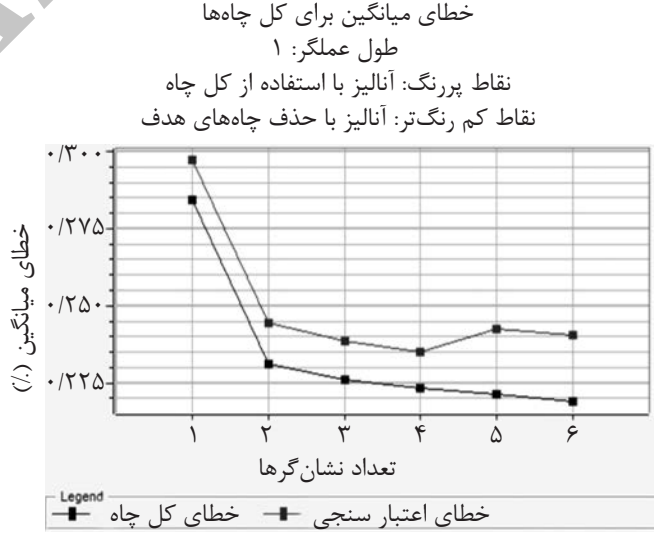
www.SID.ir



شکل ۸- مقایسه امپدانس صوتی واقعی (نمودار پررنگ‌تر) و وارون‌سازی شده (نمودار کم‌رنگ‌تر) با استفاده از PNN در چاه‌های ۱۴، ۲۰، ۲۵ و ۲۸ میدان نفتی منصوری. همان‌طور که در این شکل قابل مشاهده است نتایج تخمین تطابق ۷۶٪ را نشان می‌دهد.

جدول ۱- لیست نشان‌گرهای چندگانه جهت پیش‌گویی کل کربن آلی. فرکانس غالب، انتگرال قدرمطلق دامنه، نتیجه وارون‌سازی، پوش دامنه

خطای اعتبارسنجی (٪ وزنی)	خطای آموزش (٪ وزنی)	نشان‌گر لرزه‌ای نهایی	هدف	شماره نشان‌گر
۰/۲۹۷۳۱۶	۰/۲۸۴۴۵۱	فرکانس غالب	کل کربن آلی	۱
۰/۲۴۴۳۸۳	۰/۲۳۱۱۵۴	انتگرال قدرمطلق دامنه	کل کربن آلی	۲
۰/۲۳۸۴۳۸	۰/۲۲۵۸۷۶	نتیجه وارون‌سازی	کل کربن آلی	۳
۰/۲۳۴۸۳۴	۰/۲۲۳۴۰۷	پوش دامنه	کل کربن آلی	۴



شکل ۹- نمودار اعتبار سنجی برای داده‌های میدان منصوری. نمودار خطای اعتبار سنجی کم‌رنگ‌تر نشان داده شده است. این نمودار پس از اضافه شدن هر نشان‌گر، در یک نقطه افزایش نشان می‌دهد و بدین صورت تعداد بهینه نشان‌گرها تعیین می‌شود.

Archive of SID
www.SID.ir

انتگرال قدر مطلق دامنه مجموع دامنه‌های رد لرزه در یک بازه پنجره می‌باشد [۱۹] و همانند نشان‌گر انتگرال آنومالی‌های دامنه ایجاد شده توسط تغییرات سنگ‌شناسی و تخلخل را نشان می‌دهد [۱۱]. امپدانس صوتی حاصل از وارونسازی لرزه‌ای[1] در اصل حاصل‌ضرب سرعت صوت در چگالی کل می‌باشد. با توجه به اینکه در اثر افزایش ماده آلی سازند، سرعت عبور صوت[2] و چگالی سازند هر دو کاهش می‌یابند، می‌توان گفت که مقدار ماده آلی تابع معکوسی از امپدانس صوتی می‌باشد. پوش دامنه شاخص مهم تغییرات لیتولوژی و تجمعات مایع و گاز است [۱۸]. در این مطالعه با بررسی مقادیر طول عملگر مختلف بهترین نتایج با کم‌ترین خطا، طول عملگر ۱ به‌دست آمد.

طراحی شبکه عصبی احتمالاتی جهت تخمین محتوای کل کربن آلی با استفاده از نشان‌گرهای لرزه‌ای

در این مرحله برای بررسی روابط غیرخطی موجود بین داده‌های ورودی و خروجی یک مدل شبکه عصبی احتمالاتی برای داده‌های خروجی با استفاده از نشان‌گرهای لرزه‌ای انتخاب شده از آنالیز رگرسیون ایجاد گردید. سپس با استفاده از مدل شبکه عصبی ایجاد شده و با استفاده از ۴ نشان‌گر لرزه‌ای بهینه، کل مقطع لرزه‌ای به مقادیر محتوی کل کربن آلی تبدیل شد. براساس شکل ۱۰ میزان همبستگی بین مقادیر مطلوب (نمودار پررنگ‌تر) و پیش‌گویی شده (نمودار کم‌رنگ‌تر) با استفاده از نشان‌گرهای لرزه‌ای و خطای میانگین اعتبارسنجی در میدان منصوری با به‌کارگیری مدل PNN به‌ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۲۳ درصد وزنی می‌باشد. مقطع لرزه‌ای نشان‌دهنده توزیع مقادیر محتوای کل کربن آلی تخمین زده شده برای سازند پابده در اطراف چاه‌های میدان منصوری در شکل ۱۱ نشان داده شده است. مقیاس تیره و روشن در کنار مقطع نشان‌دهنده مقادیر TOC براساس درصد وزنی است که دارای محدوده تغییرات ۲-۰/۳ می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که در قاعده سازند پابده تهی شدگی از مقادیر TOC مشاهده می‌شود.

اجرای کلنی مورچگان جهت تخمین محتوای کل کربن آلی با استفاده از نشانگرهای لرزه‌ای

در این بخش یک طرح کلی برای تخمین محتوای کل کربن آلی و تولید یک مقطع لرزه‌ای با استفاده از روش کلنی مورچگان ارائه گردید. بدین منظور ابتدا در بخش ایمرج داده‌های آموزشی با فرمت ASCII برای کلنی مورچگان با استفاده از شبکه عصبی احتمالاتی حاصل شد. مجموعه داده‌ها شامل ۳۹۱ داده آموزشی از چاه‌های ۱۴، ۲۰، ۲۵ و ۲۸ جهت ساخت مدل استفاده شد. نرمالایز کردن امر مهمی است که می‌تواند جهت تولید بهتر داده، بر روی داده‌ها اعمال شود. این کار به خصوص برای تولید محتوای کل کربن آلی مفید است. پس از انتخاب داده‌های ورودی، داده‌ها بین ۰ و ۱ براساس معادله زیر نرمالایز شدند. با فرض اینکه برای اجرای کلنی مورچگان غیرخطی n پارامتر ورودی X_i وجود دارد، می‌توان از معادله ۲ جهت تخمین نهایی کل کربن آلی استفاده نمود:

$$t(x_1,x_2,\ldots,x_n)= \alpha_1.x_1^{\beta 1}+ \alpha_2.x_2^{\beta 2}+\ldots+ \alpha_n.x_n^{\beta n}+ \alpha_{n+1} \quad (۲)$$

α_1، α_2، ...α_n ضرایب معادله و α_{n+1} ثابت معادله می‌باشند و β_1 ، β_2 ، β_n توان‌های معادله غیرخطی هستند. تابع هدف توسط کلنی مورچگان طبق معادله ۳ بهینه‌سازی شد:

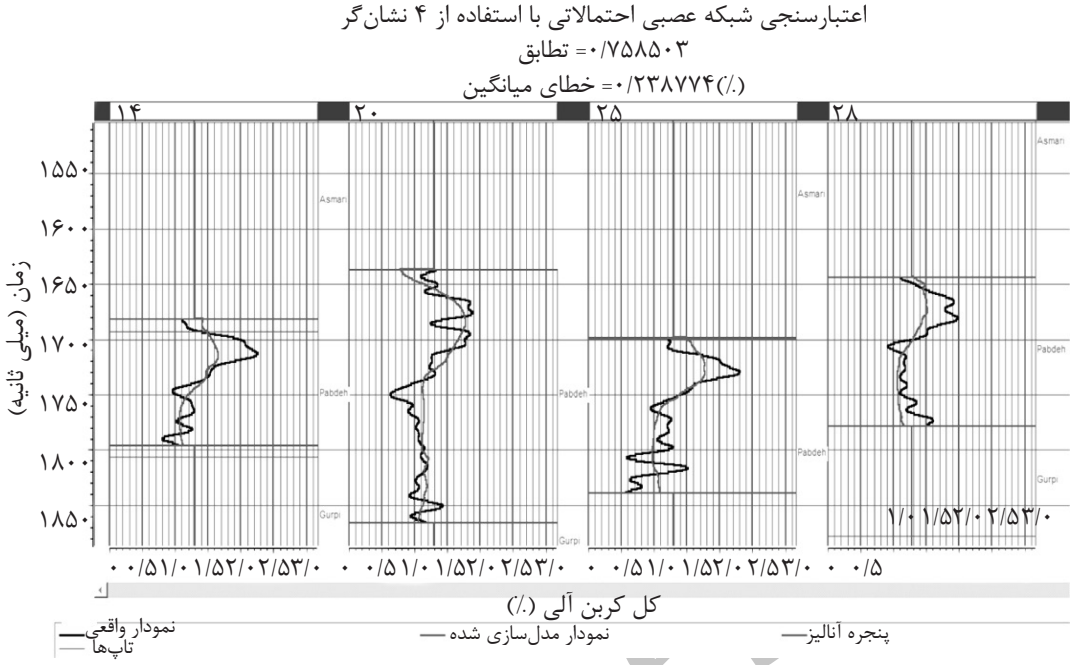
$$MSE = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}\left(y_j - t(x_{ij})\right)^2 \quad i = 1,2,\ldots n \quad (۳)$$

MSE [3] میانگین مربع خطا، m تعداد داده‌های پیش‌گویی شده و n تعداد پارامترهای ورودی برای پیش‌گویی محتوای کل کربن آلی می‌باشد. در این مطالعه برای اجرای کلنی مورچگان غیرخطی ابتدا ۱۰۰ مورچه تولید شد و مقدار فرومون اولیه ۰/۲ در نظر گرفته شد.

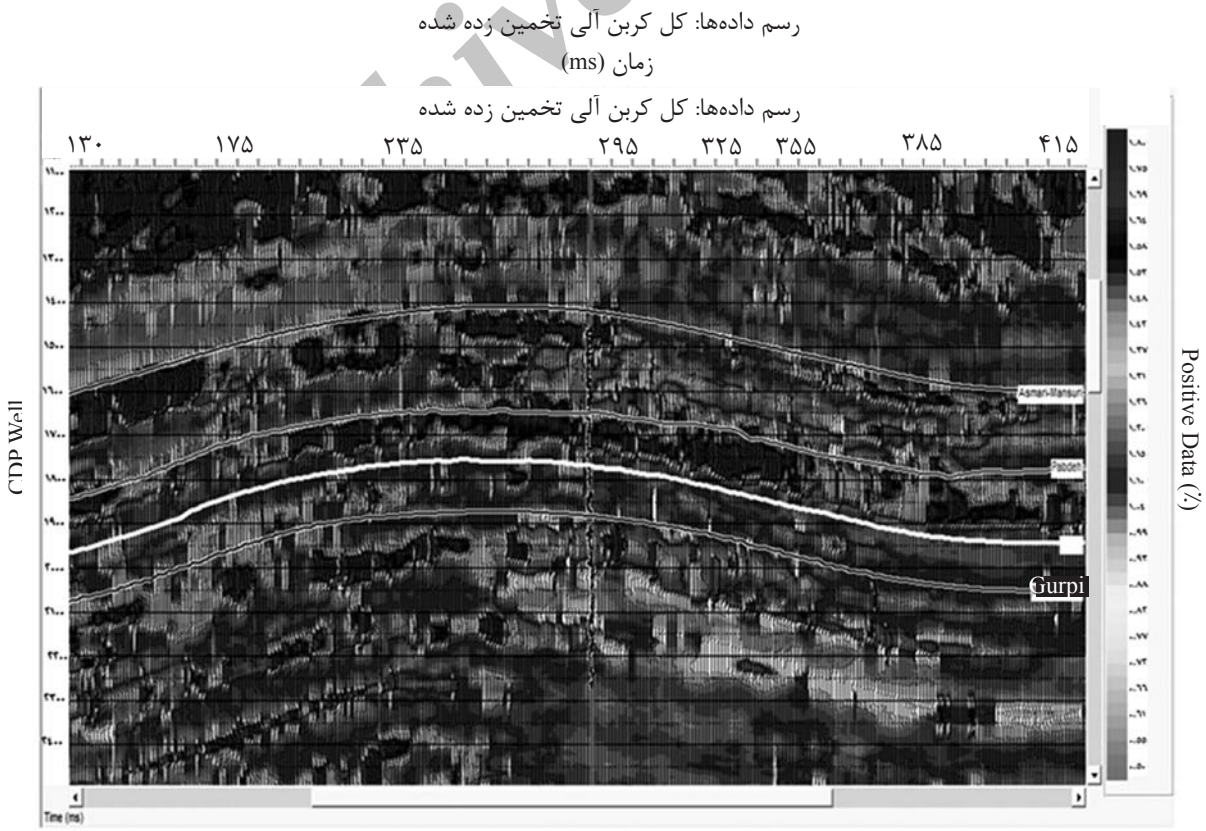
1. Inversion Result
2. DT
3. Mean Squared Error

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱۰ تطابق بین TOC مطلوب (نمودار پررنگ‌تر) و TOC تخمین زده شده (نمودار کم‌رنگ‌تر) با استفاده از نشان‌گرهای لرزه‌ای در میدان منصوری با به‌کارگیری روش PNN برای داده‌های اعتباری. همان‌طور که در این شکل قابل مشاهده است نتایج تخمین، تطابق ۷۵٪ را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱ مقطع لرزه‌ای نشان‌دهنده تغییرات مقادیر TOC تخمین زده شده توسط PNN در سازند پابده در چاه ۱۴ میدان منصوری. مقیاس تیره و روشن در کنار مقطع نشان‌دهنده مقادیر TOC براساس درصد وزنی است.

www.SID.ir

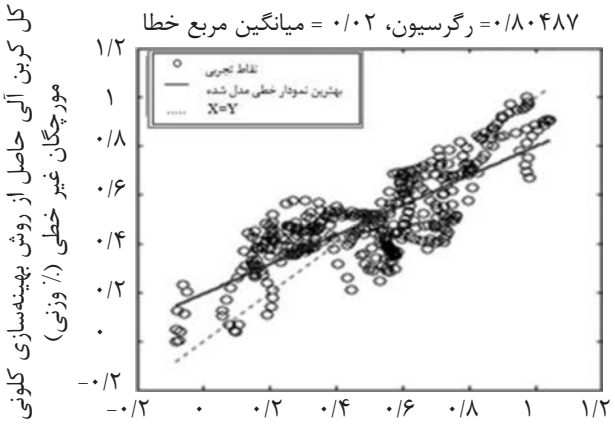
کلنی مورچگان غیرخطی برای پیش‌گویی محتوی کل کربن آلی با استفاده از نشان‌گرهای لرزه‌ای، از معادله ۵ استفاده نمود:

$$TOC_{CAO(nlin)} = \alpha_1 \times (Do.Fr)^{\beta 1} + \alpha_2 \times (In.Ab.Am)^{\beta 2} + \alpha_3 \times (res)^{\beta 3} + \alpha_4 \times (Am.En)^{\beta 4} + \alpha_5 \quad (۴)$$

α_1، β_1، α_2، β_2، α_3، β_3، α_4 و β_4 مقادیر ضرایب وزنی و نمایی برای ورودی‌های لرزه‌ای شامل فرکانس غالب، انتگرال قدرمطلق دامنه، نتیجه وارون‌سازی و پوش دامنه هستند. α_5 ثابت معادله می‌باشد. $TOC_{CAO\ (nlin)}$ محتوای کل کربن آلی پیشگویی شده از روش کلنی مورچگان غیرخطی می‌باشد. بعد از اجرای الگوریتم کلنی مورچگان (شکل ۱۲)، ضرایب وزنی بهینه شده برای تولید آخرین خروجی (TOC) استفاده شدند. براساس شکل ۱۲ مقدار ضریب همبستگی و مقدار میانگین مربع خطا بین TOC واقعی و TOC پیش‌گویی شده از کلنی مورچگان برای داده‌های ورودی به‌ترتیب ۰/۸۰۴ و ۰/۰۲ حاصل شد. مقادیر مشتق شده از TOC برای α_1 و β_1، α_2 و β_2، α_3 و β_3، α_4 و β_4 و α_5 به‌ترتیب (۱/۰۸۶)، (۰/۹۸۹)، (۰/۸۸۵)، (۰/۹۴۷)، (۰/۳۱۳-)، (۰/۳۵۶)، (۰/۳۵۷)، (۰/۷۰۶) و (۰/۳۴۵) محاسبه شد. برای تولید یک مقطع لرزه‌ای از کلنی مورچگان غیرخطی، ابتدا در بخش ProMc نرم‌افزار HRS چهار نشان‌گر لرزه‌ای فرکانس غالب، انتگرال قدرمطلق دامنه، نتیجه وارون‌سازی و پوش دامنه با فرمت SEGY حاصل شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار VISTA که یک نرم‌افزار پیشرفته در پردازش داده‌های لرزه‌ای می‌باشد، نشان‌گرهای لرزه‌ای از فرمت SEGY به فرمت ASCII که برای انجام عملیات ساده‌تر است، تبدیل شد. سپس داده‌های تبدیل شده را به نرم‌افزار Mtlab برده و آنها را نرمالایز نموده و ضرایب وزنی به‌دست آمده در نشان‌گرها اعمال شد و TOC طبق معادله ۵ برای آنها محاسبه گردید:

$$TOC_{CAO(nlin)} = 1.086*(Do.Fr)^{0.989} + (-0.885)\times(In.Ab.Am)^{0.947} + (-0.313)\times(res)^{0.356} + 0.357\times(Am.En)^{0.706} + 0.345 \quad (۵)$$

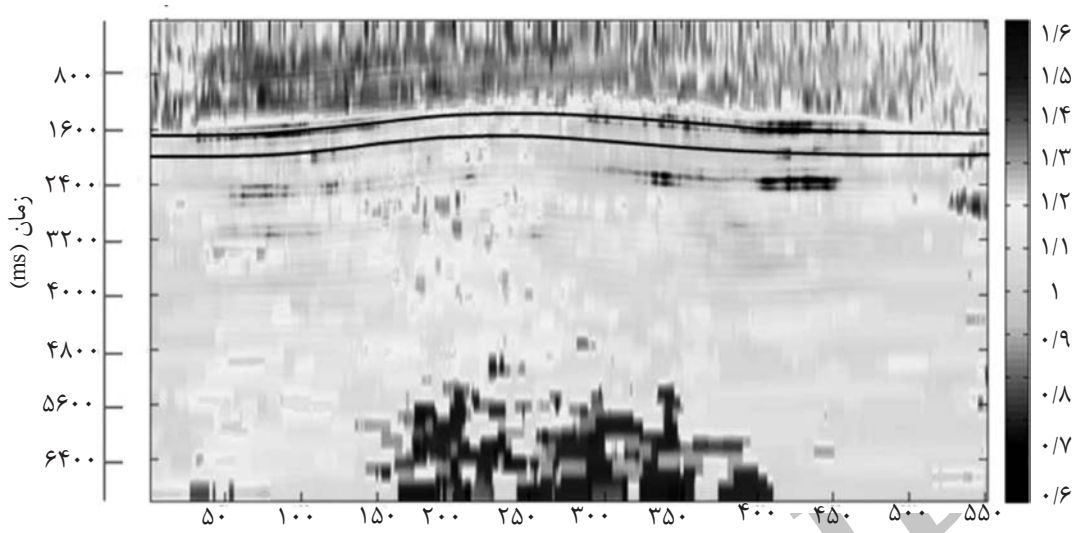
در انتها با استفاده از کلنی مورچگان غیرخطی برای ۵۵۱ رد لرزه یک مقطع لرزه‌ای TOC تولید شد. در شکل ۱۳ مقطع لرزه‌ای مقادیر محتوای کل کربن آلی پیش‌گویی شده با استفاده از روش بهینه‌سازی کلنی مورچگان نشان داده شده است. مقیاس تیره و روشن در کنار مقطع نشان‌دهنده مقادیر TOC براساس درصد وزنی است که دارای محدوده تغییرات ۱/۸-۰/۳ می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که در قاعده سازند پابده محتوای کل کربن آلی کاهش یافته است.



شکل ۱۲- تطابق بین TOC مطلوب و TOC پیش‌گویی شده با استفاده از روش ACO

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱۳- مقطع لرزه‌ای نشان‌دهنده تغییرات مقادیر TOC پیش‌گویی شده با استفاده از روش ACO. مقیاس تیره و روشن در کنار مقطع نشان‌دهنده مقادیر TOC براساس درصد وزنی است.

نتیجه‌گیری

هدف اصلی این مطالعه تخمین مقادیر محتوی کل کربن آلی از نشان‌گرهای لرزه‌ای با استفاده از روش بهینه‌سازی کلنی مورچگان برای سازند پابده در میدان نفتی منصوری بود. به همین منظور باید ارتباط منطقی بین پارامتر ورودی و هدف وجود داشته باشد. دراین بخش از تحقیق، ارتباط فیزیکی بین داده‌های ورودی (نشان‌گرهای لرزه‌ای) و داده‌های خروجی (پارامتر ژئوشیمیایی) از طریق آنالیز رگرسیون چندگانه حاصل شد. نشان‌گرهای چندگانه براساس آنالیز رگرسیون انتخاب شدند و در ساخت مدل شبکه عصبی مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج محتوی کل کربن آلی پیش‌گویی شده با استفاده از نشان‌گرهای لرزه‌ای با به‌کارگیری مدل شبکه عصبی احتمالی، نشان داد که میزان همبستگی بین داده‌های مطلوب و مقادیر پیش‌گویی شده در میدان منصوری ۷۵٪ می‌باشد که با میانگین خطای تخمین ۰/۲۳٪ وزنی همراه می‌باشند. همچنین در این مطالعه، الگوریتم کلنی مورچگان غیرخطی برای تخمین محتوی کل کربن آلی از نشان‌گرهای فرکانس غالب، انتگرال قدرمطلق دامنه، نتیجه وارون‌سازی و پوش دامنه ایجاد شد. مقدار ضریب همبستگی و مقدار میانگین مربع خطا بین داده‌های ورودی و خروجی به‌ترتیب ۰/۸۰۴ و ۰/۰۲ حاصل شد. الگوریتم کلنی مورچگان، مقادیر وزنی را برای α_1، β_1، α_2، β_2، α_3، β_3، α_4، β_4 و α_5 به‌ترتیب (۱/۰۸۶)، (۰/۹۸۹)، (۰/۸۸۵)، (۰/۹۴۷)، (-۰/۳۱۳)، (۰/۳۵۶)، (۰/۳۵۷)، (۰/۷۰۶) و (۰/۳۴۵) محاسبه نمود. در انتها با استفاده از ضرائب وزنی حاصل از کلنی مورچگان غیرخطی برای ۵۵۱ رد لرزه یک مقطع لرزه‌ای TOC تولید شد. نتایج این مطالعه نشان داد تخمین مقادیر عددی کل محتوی کربن آلی با استفاده از داده‌های لرزه‌ای، علاوه برکاهش هزینه‌های اکتشاف و جلوگیری از اتلاف وقت و انرژی، مشکل کمبود چاه‌های حفاری شده و محدودیت خرده‌های حفاری برای آنالیزهای آزمایشگاهی را از بین می برد. همچنین نشان داد روش بهینه‌سازی کلنی مورچگان می‌تواند به‌عنوان یک روش سریع و کم‌هزینه برای تخمین و ارزیابی محتوی کل کربن آلی مورد استفاده قرار بگیرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از شرکت مناطق نفت‌خیز جنوب به دلیل حمایت مالی، ارائه داده‌ها و اجازه برای نشر نتایج این تحقیق کمال تشکر را دارند.

Archive of SID
www.SID.ir

مراجع

[1]. Mendelson J. D. and Toksoz M. N., *"Source rock characterization using multivariate analysis of log data,"* In: Trans. SPWLA Ann. Logging Symposium 26, UU1-UU21, 1985.

[2]. Kamali M. R. and Mirshady A. A., *"Total organic carbon content determined from well logs using ΔlogR and neuro fuzzy techniques,"* Journal of Petroleum Science and Engineering, Vol. 45, pp. 141–148, 2004.

[3]. Kadkhodaie-Ilkhchi A., Rahimpour-Bonab H. and Rezaee M. R., A committee machine with intelligent systems for estimation of total organic carbon content from "*petrophysical data: an example from Kangan and Dalan reservoirs in South Pars Gas Field, Iran,"* Journal of Comput, Geosci., Vol. 35, pp. 459-474, 2009a.

[4]. Dorigo M. and Stützle T., "*Ant Colony Optimization. MIT Press, Cambridge,"* MA, USA p. 319, 2004.

[5]. Dorigo M., Caro G.D. and Gambardella L.M., "*Ant algorithms for discrete optimization,"* Artif Life, Vol. 5, No. 3, pp.137-172, 1999.

[6]. Razavi S. F. and Jalali-Farahani F., "*Optimization and parameters estimation in petroleum engineering problems using ant colony algorithm,"* Journal of Petroleum Science and Engineering, Vol. 74, pp. 147-153, 2010.

[7]. Blum C., Ant colony optimization, "*Introduction and recent trends,"* Physics of Life Reviews 2, pp. 353-373, 2005.

[8]. Dorigo M., Maniezzo V. and Colorni A., Ant System: *"Optimization by a colony of cooperating a gents,"* IEEE Trans. Syst. Man. Cybernet. Part B, Vol. 26, No. 1, pp. 29-41, 1996.

[9]. Løseth H., Wensasa L., Gading M., Duffaut K. and Springer M., "*Can hydrocarbon source rocks be identified on seismic data,"* Doi: 10.1130/G32328.1., Geology, Vol. 39, pp. 1167-1170, 2011.

[10]. Jianliang J., Zhaojun L., Qingtao M., Rong L., Pingchang S. and Yongcheng C., "*Quantitative Evaluation of Oil Shale Based on Well Log and 3-D Seismic Technique in the Songliao Basin,"* Northest China. Estonian Academy Publishers, Vol. 29, No. 2, pp. 128-150, 2012.

[11]. Kadkhodaie-Ilkhchi A., Rezaee M. R., Rahimpour-Bonab H., and Chehrazi A., *"Petrophysical data prediction from seismic attributes using committee fuzzy inference system,"* Computers and Geosciences, Vol. 35, No. 12, PP. 2314-2330, 2009b.

[12]. "*HRS User's Guide,"* 2007

[13]. "*MATLAB User's Guide,"* 2009

[14]. Dorigo M., Di Caro G., "*Ant colony optimization: a new metaheuristic*," In: Proceeding of the 1999 Congress on Evolutionary Computation, Vol. 2, pp. 1470–1477, 1999.

[15]. Toksarı M. D., "*Ant colony optimization for finding the global minimum,"* Applied Mathematics and Computation, Vol. 176, No. 1, pp. 308–316, 2006.

[16]. Passey O. R., Moretti F. U. and Stroud J. D., *"A practical modal for organic richness from porosity and resistivity logs,"* American Association of Petroleum Geologists Bulletin., Vol. 74, pp. 1777-1794, 1990.

[17]. Russell B. H., *"The application of multivariate statistics and neural networks to the prediction of reservoir parameters using seismic attributes,"* Ph.D. Dissertation, University of Calgary, Alberta, p. 392, 2004.

[18]. Taner M. T., Schuelke J. S., O'Doherty R. and Baysal E., "*Attributes revisited*," SEG (Society of Exploration Geophysicists) Expanded Abstracts 13, pp. 1104–1107, 1994.

Archive of SID

www.SID.ir

[19]. Chen Q. and Sidney S., *"Seismic attribute technology for reservoir forecasting and monitoring. The Leading Edge,"* Vol. 16, No. 5, pp. 445–456, 1997.

[۲۰]. حیدری خ.، "مطالعه جامع زمین‌شناسی مخزن آسماری در میدان نفتی منصوری،" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز، ص. ۱۲۵، ۱۳۸۱.

[21]. James G. A. and Wynd I. O., "*Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area,"* AAPG, Bulletin, Vol. 49, No. 12 , pp. 2182-2245, 1965.

Archive of SID

www.SID.ir