

تخمین نگار کربن آلی کل با استفاده از داده‌های ژئوشیمیایی و پتروفیزیکی توسط شبکه عصبی مصنوعی در میدان نفتی آزادگان

سیروس قلی‌پور^{۱*} علی کدخدائی^۲ و محمدرضا کمالی^۳

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

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

۳- پردیس پژوهش و توسعه صنایع بالادستی پژوهشگاه صنعت نفت، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۱۴

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۸

چکیده

یکی از پارامترهای مهم ژئوشیمیایی، مقدار کربن آلی کل (TOC) می‌باشد. این پارامتر جهت ارزیابی پتانسیل هیدروکربن‌زایی سنگ منشأ استفاده می‌شود و اندازه‌گیری این پارامتر مهم مستلزم انجام آزمایشات ژئوشیمیایی بر روی خرده‌های حفاری بوده که بسیار پرهزینه و وقت‌گیر می‌باشد و انجام آن بر روی تعداد محدودی نمونه صورت می‌گیرد. در حالی که ما اکثر چاه‌های حفاری شده در یک میدان نفتی، داده‌های پتروفیزیکی در اختیار می‌باشد. در این مقاله از فناوری شبکه عصبی مصنوعی جهت تخمین نگار TOC از داده‌های پتروفیزیکی استفاده شده است. در این مقاله با نظارت داده‌های TOC حاصل از مغزه‌های حفاری با کمک داده‌های پتروفیزیکی، جهت تخمین نگار TOC استفاده شده است، که مقدار ضریب همبستگی بین نگار TOC تولید شده با داده‌های TOC حاصل از پیرولیز راک ایول، ۷۱٪ بوده است که مقدار قابل قبولی می‌باشد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد هوش مصنوعی در تخمین TOC موفق است. سنگ‌های منشأ موجود در این میدان نفتی سازندهای کژدمی و سازند گدوان می‌باشد که جزء مهم‌ترین سنگ‌های منشأ در ایران می‌باشند. روش ارائه شده همراه با مثال موردی در یک حلقه از چاه‌های میدان آزادگان واقع در دشت آبادان توضیح داده شده است.

کلمات کلیدی: شبکه عصبی مصنوعی، TOC، داده‌های پتروفیزیکی، سازند کژدمی، سازند گدوان

مقدمه

آلی باشند [۱]. سنگ منشأ به عنوان سنگی معرفی می‌شود که توانایی تولید و خارج کردن هیدروکربور کافی جهت تشکیل تجمع از نفت یا گاز را داشته باشد. مهم‌ترین فاکتور کنترل کننده میزان نفت و گاز محتوای هیدروژن ماده آلی می‌باشد. مقدار ماده

سنگ‌های منشأ عموماً شیل‌ها و سنگ آهک‌هایی هستند که حاوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای از ماده

بالاتر، هیدروکربن و غنی‌شدگی بیشتر از خصوصیات فیزیکی نگارها در مقابل سنگ‌های منشأ می‌باشند. نگارهایی که عموماً جهت ارزیابی سنگ‌های منشأ مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل نگارهای اشعه گاما، چگالی، نوترون، صوتی و مقاومت می‌باشند [۴]. از ویژگی‌های ذکر شده، جهت تخمین نگار TOC با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده است. محققان مختلف در مطالعاتشان کارایی نگارها را در ارزیابی سنگ‌های منشأ مشخص کرده‌اند. به عنوان مثال نگار اشعه گاما برای شناسایی سنگ‌های غنی از ماده آلی مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به هزینه‌های بالای آنالیزهای ژئوشیمیایی و تهیه مغزه از چاه، بر آن شدیم تا با کمک نگارهای پتروفیزیکی و به وسیله شبکه عصبی یکی از پارامترهای ژئوشیمیایی به نام TOC همراه با لاگ آن را تخمین بزنیم.

زمین‌شناسی و موقعیت میدان آزادگان

میدان نفتی آزادگان بزرگترین میدان نفتی ایران و یکی از بزرگترین میادین نفتی جهان است، که در محدوده‌ای به وسعت ۲۰ در ۷۵ km در ۸۰ کیلومتری غرب اهواز در منطقه دشت آبادان واقع شده است. ظرفیت این میدان ۳۳ میلیارد بشکه تخمین زده شده بود اما در سال ۸۷، لایه جدید نفتی با ظرفیت ۲/۲ میلیارد بشکه در این میدان کشف شد. میدان آزادگان بزرگترین میدان نفتی توسعه نیافته در جهان محسوب می‌شود. از سازندهای مهم موجود در این میدان می‌توان به سازند آهکی فهلیان که به عنوان مخزن، سازند شیلی-آهکی گدوان به عنوان پوش سنگ و سنگ منشأ، سازند آهکی داریان با خاصیت مخزنی، سازند شیلی کژدمی با خاصیت سنگ منشأ و سازند آهکی سروک با خاصیت مخزنی اشاره کرد که هر یک از این سازندها دارای ویژگی خاص سنگ‌شناسی مربوط به خود می‌باشند و ضخامت آنها در قسمت‌های

آلی معمولاً به صورت مقدار کربن آلی کل (TOC) گزارش شده که به وسیله تکنیک راک ایول محاسبه می‌شود. در این تکنیک در ابتدا ۵۰ تا ۷۰ mg از پودر هر نمونه طی مرحله پیرولیز در دمای ۳۰۰ °C به مدت ۳ الی ۴ min حرارت داده می‌شود سپس دمای کوره با یک برنامه دمایی ۲۵ °C/min، تا دمای ۶۵۰ °C بالا می‌رود، که این عمل منجر به شکست حرارتی کروژن و تولید هیدروکربن می‌شود. سپس مرحله اکسیدان آغاز می‌شود که طی آن دمای نمونه تا دمای ۸۵۰ °C در یک اتمسفر مصنوعی سوزانده می‌شود تا تمام کربن موجود در نمونه خارج گردد [۲]. یکی از پارامترهایی که از این روش حاصل می‌شود و در این مطالعه با آن سروکار داریم TOC می‌باشد، که به صورت حاصل جمع کربن آلی پیرولیز شده و باقی مانده تعریف می‌شود. پارامترهای دیگری نیز حاصل می‌گردد. پیک اول S_1 ، که نشان دهنده میلی گرم هیدروکربن آزاد است، پیک دوم S_2 می‌باشد، که نشان دهنده میلی گرم هیدروکربن حاصل از کروژن می‌باشد. پیک سوم S_3 می‌باشد که نشان دهنده میلی گرم CO_2 در هر گرم سنگ می‌باشد و پیک آخر S_4 می‌باشد که نشان دهنده CO_2 حاصل از اکسیداسیون ماده آلی باقیمانده می‌باشد [۳]. در این مطالعه از ۱۴ نمونه داده آزمایشگاهی TOC جهت تخمین نگار کربن آلی کل استفاده شده است. این نمونه‌ها مربوط به سازندهای کژدمی و گدوان می‌باشند.

امروزه به دلیل هزینه بالای آنالیزهای ژئوشیمیایی و نیاز به داده‌های فراوان، بهره جستن از روش‌های غیر مستقیم جهت تخمین ویژگی‌های ژئوشیمیایی مورد توجه فراوان قرار گرفته است. امکان توصیف وضعیت مواد آلی از طریق نگارهای درون چاهی از خصوصیات فیزیکی آنها نشأت می‌گیرد، بدین معنی که ویژگی‌های فیزیکی آنها تفاوت قابل ملاحظه‌ای با خصوصیات کانی‌های سنگ میزبان‌شان دارند. چگالی کمتر، سرعت صوت کمتر یا زمان عبور صوت بالاتر، غالباً مقدار اورانیوم بیشتر، مقاومت

شبکه‌هایی هستند که دارای سه لایه ورودی، پنهان و خروجی هستند (شکل ۲). در این نوع شبکه‌ها از دو نوع تابع sigmoid و purlin برای آموزش شبکه استفاده می‌شود. فرآیند آموزش شبکه به نحوی است که ابتدا ورودی (اطلاعات نگارها) به نورون‌های لایه ورودی داده شده و پس از محاسبه اختلاف بین خروجی شبکه و خروجی مطلوب، خطای شبکه برگردانده شده و وزن‌ها مجدداً در جهت کاهش خطا، خود را با شرایط جدید سازگار می‌کنند. برای کاهش خطا و رسیدن به نتیجه مطلوب فرآیند آموزش چندین بار تکرار شده تا جایی که هدف نهایی حاصل گردد [۶].

واکنش نگارهای پتروفیزیکی در برابر سنگ‌های منشأ نگار گامای طبیعی

سنگ‌های منشأ دارای مقدار زیادی ماده رادیواکتیو نظیر اورانیوم هستند. این مواد رادیواکتیو بیشتر در سنگ‌های منشأ شیلی و آهکی تجمع پیدا می‌کنند.

مختلف میدان با هم تفاوت دارد. شکل ۱ ستون چینه‌شناسی مربوط به این میدان را نشان می‌دهد.

شبکه عصبی مصنوعی پس از انتشار خطا

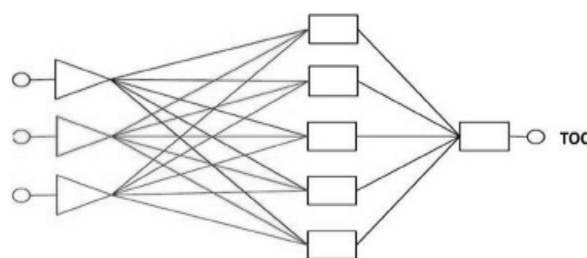
شبکه عصبی، یک سیستم پردازش اطلاعات است که در انجام وظایف خود مانند شبکه عصبی بدن عمل می‌کند و توانایی بسیار زیادی در انجام فرآیندهای یادگیری، آموزش و سازگار کردن ورودی‌ها و خروجی‌های مطلوب دارد [۵].

این شبکه‌ها شامل چندین عنصر ساده از قبیل نورون، دندریت و غیره هستند. هر نورون دارای ورودی است که در وزن مختص به خود ضرب می‌شود. هر نورون مصنوعی می‌تواند دارای ورودی‌های فراوان باشد در حالی که تنها یک خروجی دارد. این ورودی‌ها با هم جمع می‌شوند و سپس به تابع فعال شبکه شده و در نهایت خروجی به دست می‌آید. شبکه‌های پس از انتشار خطا

Age and Thickness of Stratigraphic Unit in well AZN-1						
Time Unit			Lithologic Unit		Formation Depth (m)	
Era	Series	Stage	Group	Formation	Of Rotary Table	
TERT.	Miocene		Fars	Aghajari	Ground surface	
				Gachsaran	1309	
	Oligo-Miocene			Asmari	1775.5	
				Pabdeh	2079	
MEZ.	Upper Cretaceous	Maastrichtian	Bange-stan	Upper Gurpi	2351	
		Campanian		Tongue-Tarbur	2439	
				Lower Gurpi	2492	
		Campanian		Ilam	2607	
	U. Cretaceous	Santonian		Lafan	2690.5	
	Middel Cretaceous	Cenomanian		Sarvak	2697	
		Albian		Kazhdumi	3334	
		Aptian		Darian	3537.5	
	Lower Cretaceous	Neocomian		Khami	Gadvan	3726
					Fahlian	4092
Garau			4357.5			
			Final Depth	4643		

Unconformity

شکل ۱- ستون چینه‌شناسی میدان آزادگان [۷]



لایه ورودی

لایه پنهان

لایه خروجی

شکل ۲- شبکه عصبی مصنوعی بر اساس داده‌های ورودی و خروجی

سرعت صوت در سنگ می شود. از این خاصیت می توان سنگ های منشأ حاوی ماده آلی را با کمک سایر خصوصیات که از نگارهای دیگر به دست می آوریم شناسایی کنیم [۱۰].

نگار نوترون

نگار نوترون اندیس هیدروژن موجود در سازند را اندازه گیری می کند. از آنجایی که سنگ های منشأ حاوی مقادیر زیادی هیدروژن و کربن می باشند، بنابراین این نگار مقدار هیدروژن موجود در سنگ منشأ را ثبت می کند و تخلخل بالایی را نشان می دهد [۱۱].

روش کار و بحث

تعیین همبستگی بین نگارهای پتروفیزیکی و TOC در این مرحله با کمک نرم افزار ژئولاگ نسخه ۱، ۶ و ۷ مقادیر ضرایب همبستگی بین نگارهای ورودی در شبکه عصبی مصنوعی و داده های TOC حاصل از پیرولیز راک ایبول را به دست آوردیم. داده های ورودی نرم افزار عمدتاً نمودارهای پتروفیزیکی، داده های مغزه و داده های ژئوشیمیایی می باشد. کلیه نمودارهای ترسیم شده در زیر بر اساس خصوصیات ذکر شده در بالا ترسیم شده اند. مقادیر ضریب همبستگی همراه با شکل های ۳ الی ۸ در زیر مشاهده می شوند.

رابطه های بین گامای کل و غنای ماده آلی وجود دارد. نگار گامای طبیعی این رابطه را بهتر نشان می دهد. به گونه ای که در لایه های حاوی ماده آلی که عناصر رادیواکتیو نیز وجود دارد، نگار گامای کل، این پارامترها را ثبت می کند.

نگارهای مقاومت

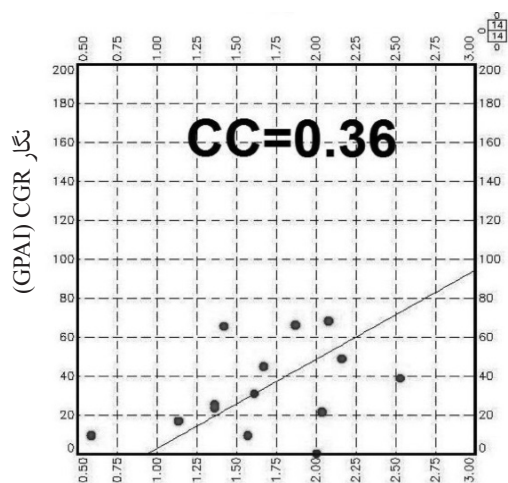
نگارهای مقاومت در برابر سنگ های منشأ دارای قرائت بالا می باشند، که علت آن وجود مواد هیدروکربنی مقاوم در برابر رسانایی جریان است. از این خاصیت نگار مقاومت می توان لایه های سنگ منشأ را شناسایی کرد [۸].

نگار چگالی

سنگ های منشأ دارای چگالی پایین تری نسبت به لایه های اطراف خود می باشند. در نتیجه از این خاصیت با کمک سایر نگارها می توان سنگ های منشأ را شناسایی کرد [۹].

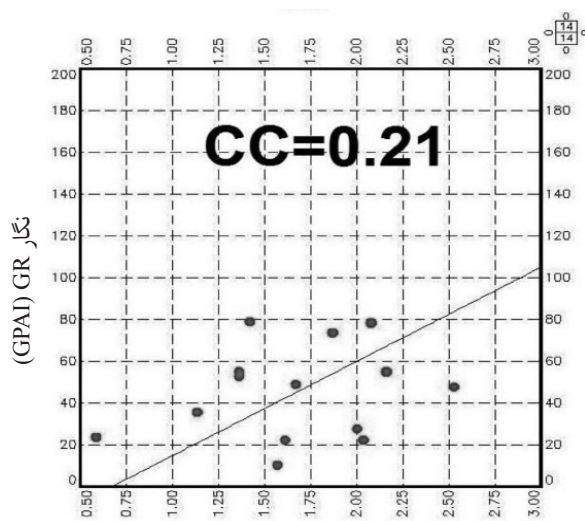
نگار صوتی

زمان عبور صوت در لایه های سنگ منشأ افزایش پیدا می کند و یا به عبارتی دیگر سرعت عبور صوت کاهش پیدا می کند. در سنگ های مختلف که دارای ماده آلی هستند، این زمان افزایش می یابد چون تخلخل و ماده آلی باعث کاهش



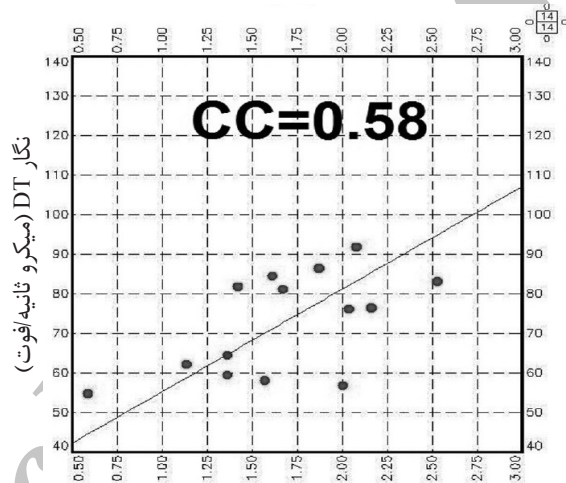
TOC واقعی حاصل از مغزه (درصد)

شکل ۳- نمودار متقاطع CGR در برابر کربن آلی کل



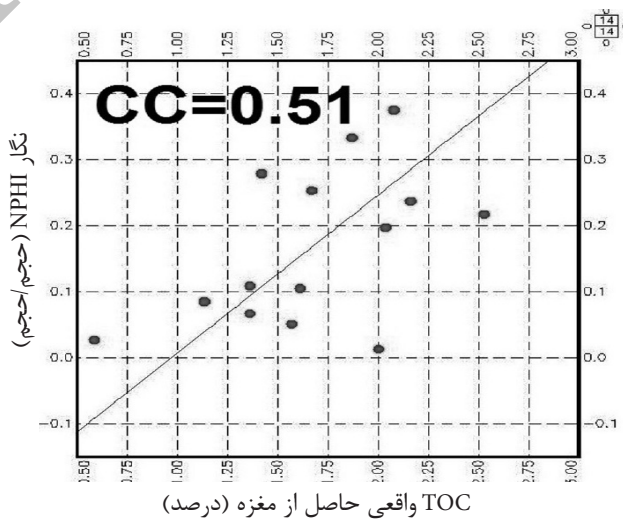
TOC واقعی حاصل از مغزه (درصد)

شکل ۴- نمودار متقاطع GR در برابر کربن آلی کل

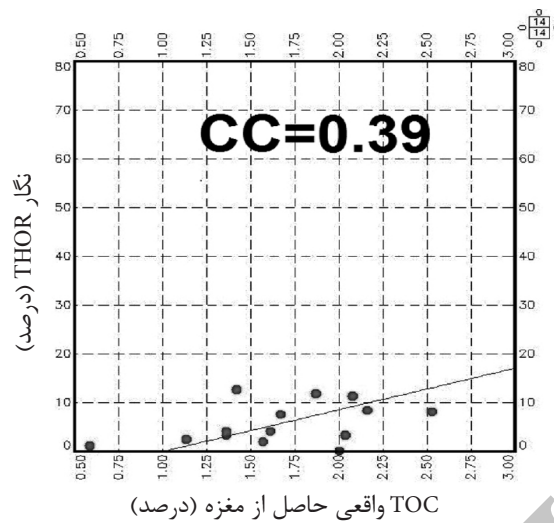


TOC واقعی حاصل از مغزه (درصد)

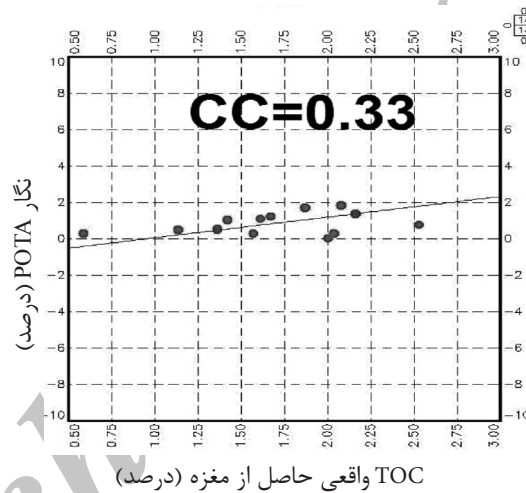
شکل ۵- نمودار متقاطع DT در برابر کربن آلی کل



شکل ۶- نمودار متقاطع NPHI در برابر کربن آلی کل



شکل ۷- نمودار مقاطع THOR در برابر کربن آلی



شکل ۸- نمودار مقاطع POTA در برابر کربن آلی کل

می‌کند. با استفاده از این نگارها می‌توان مقدار شیل لایه‌های مختلف چاه را محاسبه کرد. نگار نوترون (NPHI) نیز یک نگار هسته‌ای می‌باشد که اساساً مقدار هیدروژن درون لایه‌های مختلف چاه مخصوصاً لایه مخزن را محاسبه می‌کند که به آن شاخص هیدروژن^۱ می‌گویند. نگار صوتی (DT) سرعت عبور صوت در لایه‌های مختلف را ثبت و اندازه‌گیری می‌کند، به دو نگار نوترون و چگالی نگارهای تخلخل می‌گویند. نگارهای پتاسیم و توریم نیز مقدار دو عنصر رادیواکتیو پتاسیم و توریم را ثبت و اندازه‌گیری می‌کند. بیشترین مقدار ضریب

نگارهای پتروفیزیکی

جهت بررسی لایه‌های مخزن در زیر زمین مانند تخلخل، تراوایی، حجم نفت، حجم آب و خصوصیات سنگ‌شناسی، نگارهای پتروفیزیکی ابزار بسیار مفیدی هستند. نگارهای مورد استفاده در این مطالعه شامل نگارهای هسته‌ای گاما که شامل نگارهای گامای کل یا GR، نگار CGR و نگار SGR، نگار نوترون (NPHI)، نگار صوتی (DT)، نگار پتاسیم (POTA) و نگار توریم (THOR) است. نگارهای هسته‌ای گاما تشعشعات رادیواکتیویته درون چاه را ثبت می‌کنند. نگار CGR پرتوهای مربوط به دو عنصر هسته‌ای پتاسیم، توریم را ثبت می‌کند، نگار SGR علاوه بر پتاسیم و توریم، اورانیوم را نیز ثبت

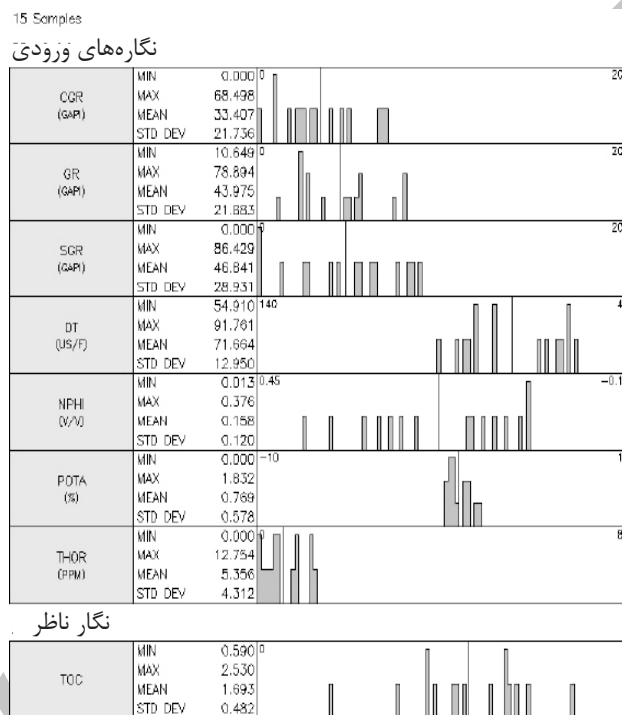
1. Hydrogen Index

بودند. لاگ ناظر نیز داده‌های TOC آزمایشگاهی بوده است. (شکل ۹). با کمک نگارهای ورودی و نگار ناظر به وسیله شبکه عصبی، داده‌های TOC مصنوعی را تولید کردیم. بعد از تولید کردن داده‌های مصنوعی، با ترسیم نمودارهای متقاطع مقادیر ضریب همبستگی داده‌های TOC تولید شده را در برابر نگارهای ورودی در شکل‌های ۱۰ الی ۱۵ به دست آوردیم که در شکل ۶ مدل شبکه عصبی تولید شده مشاهده می‌شوند.

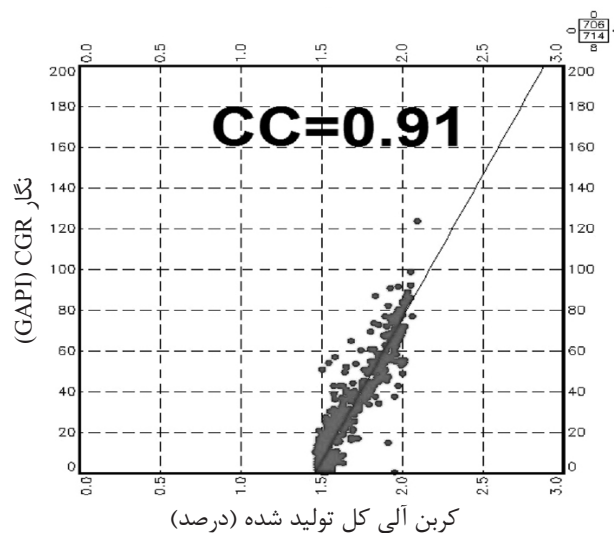
همبستگی داده‌های TOC همراه با نگار صوتی بوده است که مقدارش ۵۸٪ بوده است و کمترین مقدار ۱۰٪ بوده است که نگار TOC همراه با نگار SGR بوده است.

شبکه عصبی طراحی شده

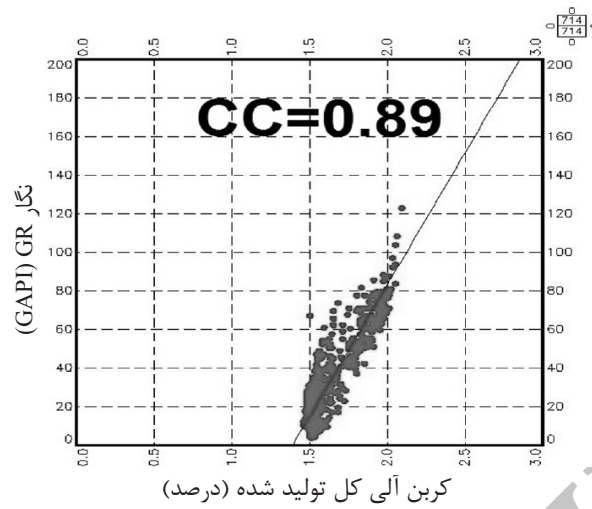
در این مرحله شبکه عصبی مورد نظر را با کمک نرم‌افزار ژئولاگ تولید کردیم. لاگ‌های ورودی که به شبکه عصبی داده شده، شامل CGR، SGR، GR، DT، NPHI و THOR



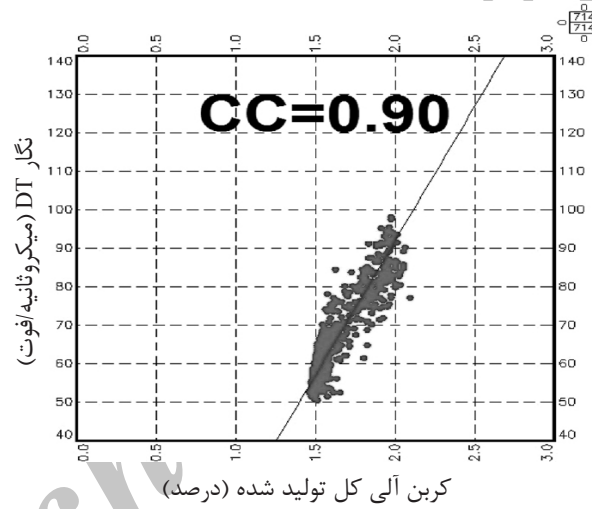
شکل ۹- مدل نگارهای ورودی همراه با نگار ناظر در شبکه عصبی مصنوعی



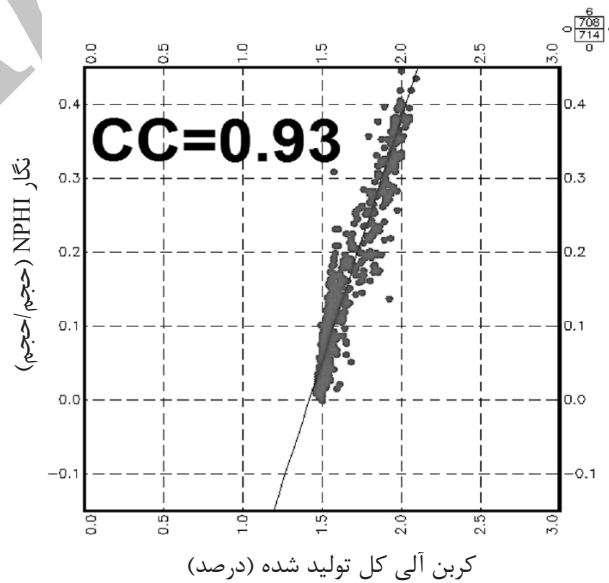
شکل ۱۰- نمودار متقاطع TOC تولید شده در برابر نگار CGR



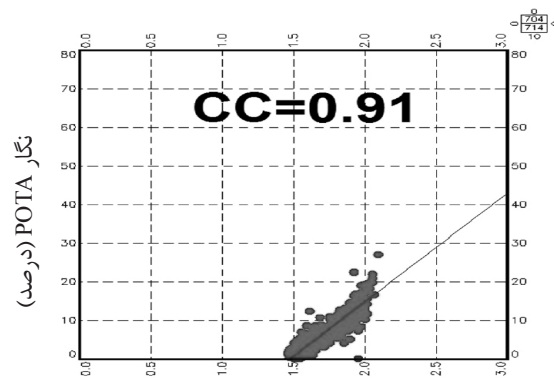
شکل ۱۱- نمودار متقاطع TOC تولید شده در برابر نگار GR



شکل ۱۲- نمودار متقاطع TOC تولید شده در برابر نگار DT

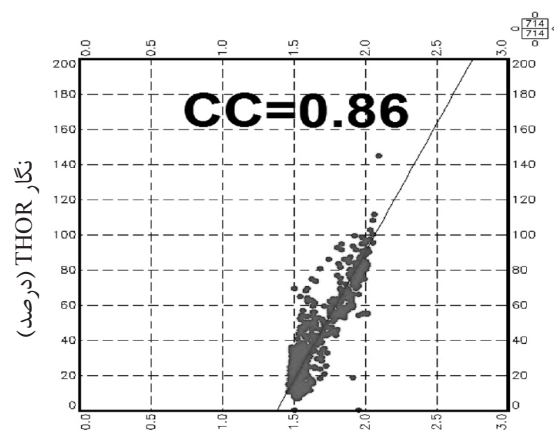


شکل ۱۳- نمودار متقاطع TOC تولید شده در برابر نگار NPHI



کربن آلی کل تولید شده (درصد)

شکل ۱۴- نمودار متقاطع TOC تولید شده در برابر نگار POTa



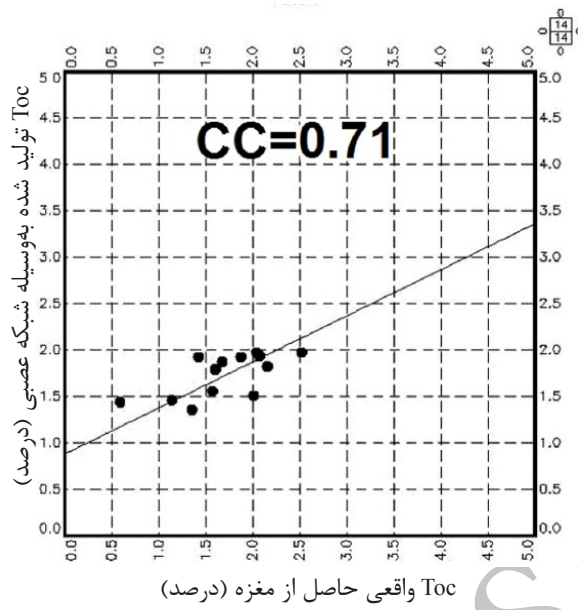
کربن آلی کل تولید شده (درصد)

شکل ۱۵- نمودار متقاطع TOC تولید شده در برابر نگار THOR

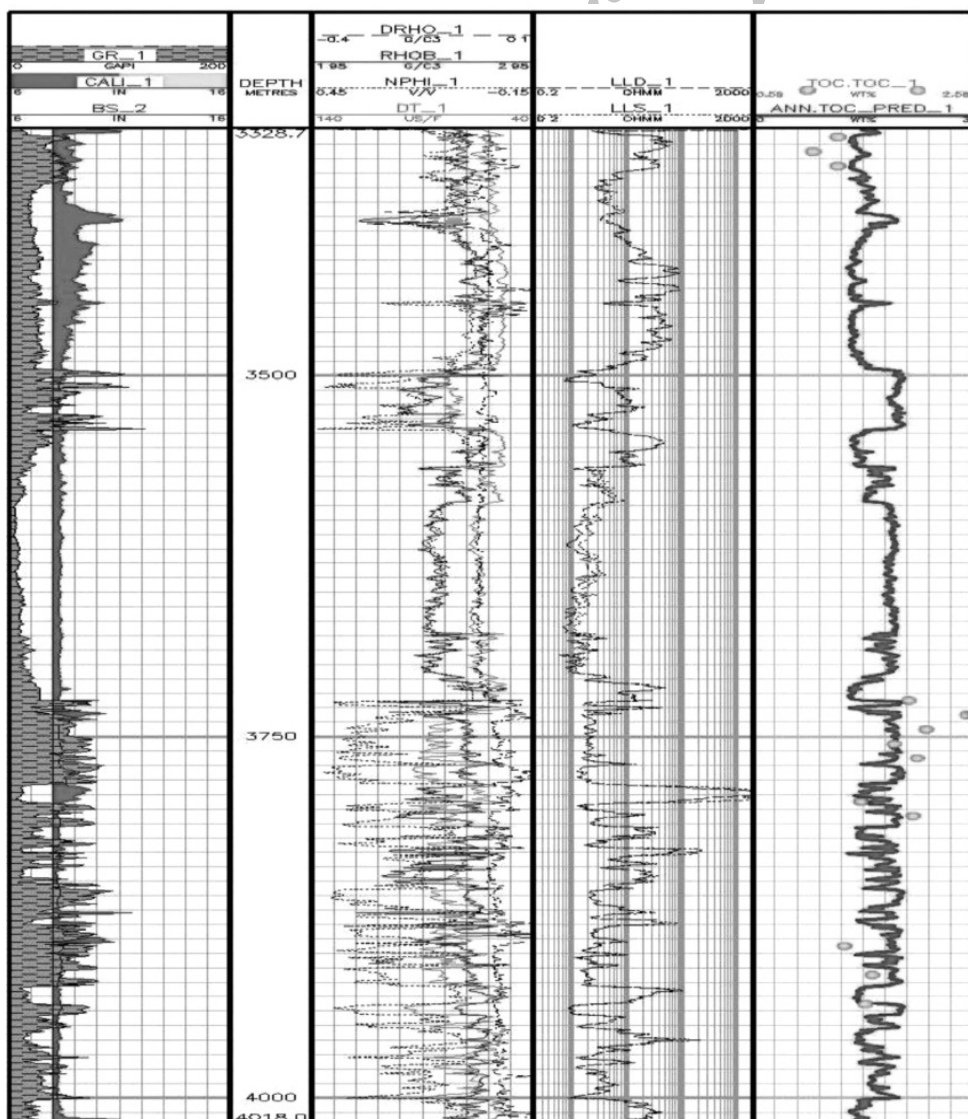
شده است. همراه این لاگ نیز داده‌های TOC حاصل از مغزه نیز به صورت نقطه‌ای و با رنگ سبز نشان داده شده‌اند. از مقایسه این دو بین داده‌های TOC واقعی و داده‌های می‌توان گفت که داده‌های TOC تولید شده در اکثر نقاط انطباق خوبی را با داده‌های واقعی نشان می‌دهند که این خود نشان از دقت کار و کارایی مناسب شبکه عصبی طراحی شده دارد.

همان‌گونه که در شکل ۱۷ مشاهده می‌شود با توجه به قابلیت‌های لایه شیلی در سنگ منشأ بودن دارند، مقادیر TOC در مقابل لایه شیلی افزایش پیدا می‌کند. این لایه‌های شیلی مربوط به دو سنگ منشأ کژدمی و گدوان می‌باشند که سنگ‌های منشأ این چاه می‌باشند. در شکل زیر نگارهای چگالی، نوترون، مقاومت، صوتی و گاماری نیز آورده شده که می‌توان با توجه به واکنش این نگارها در برابر سنگ‌های منشأ، این سنگ‌ها را شناسایی کرد.

ضرایب همبستگی در این نمودارها مقادیر بسیار خوبی را نشان می‌دهند که این خود کمک بسیاری در تخمین لاگ TOC به ما می‌کند. ضرایب همبستگی برای اکثر نمودارها بالای ۹۰٪ می‌باشد که می‌توان آن را عالی ارزیابی کرد. سپس در مرحله بعد بین مقادیر TOC واقعی و مقادیر TOC تولید شده توسط شبکه عصبی اعتبارسنجی برقرار کردیم. برای آنها نمودار متقاطع ترسیم کردیم و مقدار همبستگی بین آنها را به دست آوردیم. مقدار ضریب همبستگی بین این دو دسته داده ۷۱٪ به دست آمد نمودار متقاطع و مقدار همبستگی بین این دو دسته داده را می‌توان در شکل ۱۶ مشاهده کرد. پس از به دست آوردن ضریب همبستگی بین داده‌های TOC، با کمک شبکه عصبی نگار TOC مورد نظر را تخمین زدیم که این نگار در کنار سایر نگارها در یک ستون جداگانه و در سمت راست ارائه



شکل ۱۶- نمودار متقاطع TOC تولید شده در برابر نگار



شکل ۱۷- نگار TOC تخمین زده شده همراه با سایر نگارها

نتیجه گیری

مشاهده می‌شود که این نشان از دقت بالای شبکه عصبی طراحی شده دارد. در کل کارایی شبکه عصبی طراحی شده خوب و نگار کربن آلی کل تخمین زده شده دارای ضریب همبستگی ۷۱٪ با داده‌های TOC واقعی حاصل از مغزه بوده است.

تشکر و قدردانی

از حمایت‌های شرکت مهندسی و توسعه نفت (متن) تشکر و قدردانی می‌شود.

نتایج به دست آمده از شبکه عصبی مصنوعی، نتایجی قابل قبول با مقدار ضریب همبستگی بالا می‌باشد به طوری که در بالاترین مقدار ضریب همبستگی تا ۹۴٪ نیز که برای نگار NPHI می‌باشد، رسیده است که این مقدار بسیار خوب می‌باشد. نگار TOC تخمین زده شده انطباق خوبی در مقابل لایه‌های شیلی از خود نشان می‌دهد. در عمق‌های ۳۷۵۱ m و ۳۷۶۵ m انطباق ۱۰۰٪ داده‌های TOC واقعی با نگار کربن آلی کل تخمین زده شده

مراجع

- [۱]. خسرو تهرانی خ، "چینه‌شناسی ایران"، انتشارات امیرکبیر ۱۳۸۶.
- [۲]. درویش‌زاده ع، "زمین‌شناسی ایران"، انتشارات امیرکبیر ۱۳۸۲.
- [۳]. کمالی م. ر، شایسته م، "مبانی ژئوشیمی در اکتشاف نفت"، انتشارات پژوهشگاه صنعت نفت ۱۳۸۷.
- [۴]. کمالی م. ر، قربانی م. ب، "ژئوشیمی آلی از فیتوپلانکتون‌ها تا تولید نفت"، انتشارات آراین زمین ۱۳۸۵.
- [۵]. رضایی م، چهارزی ع، "اصول برداشت و تفسیر نگارهای چاه‌پیمایی" انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۵.
- [6.] Tissot B. and Welte D. H., *Petroleum formation and occurrence*, 2nd ed. Springer Verlag, Berlin 1984.
- [۷]. گزارش شرکت ملی نفت ایران سال ۱۳۸۶
- [8]. Hunt J. M., *Petroleum Geochemistry and Geology*, 2nd ed., W. H. Freeman and Company, New York, pp. 743, 1996 .
- [9]. Behar F., Beaumont V., and B., "Pentea do, rock-eval 6 technology: performances and developments," *Oil & Gas Science and Technology-Rev. IFB*, Vol. 56, No. 2, pp.111-134, 2001.
- [10]. Peters K. E., "Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis," *AAPG Bulletin*, Vol. 70, pp. 318– 329, 1986.
- [11]. Dellenbach J., Espitalie J., and Lebreton F., *Source rock logging*, Transactions of 8th European SPWLA Symposium, Paper D, 1983.
- [12]. Al-Qahtani F. A. "Porosity prediction using artificial neural network," M.Sc. Dissertation, Morgautwn Virginia University, 2000.
- [13]. Callan R., "The essence of neural networks: Southampton Institute," Prentice Hall Europe, 1999.
- [14]. Meyer B. L. and Nederlof M. H., "Identification of source rocks on wireline logs by density/resistivity and sonic transit time/ resistivity cross plots," *AAPG Bulletin*, Vol. 68, pp. 121– 129, 1984.
- [15]. Schmoker J. W., "Determination of organic-matter content of Appalachian Devonian shales from gamma-ray logs," *AAPG Bulletin*, Vol. 65, pp. 2165–2174, 1981.
- [16]. Serra O., "Fundamentals of well-log Interpretation," *The Acquisition Logging Data*, Vol. 1, Elsevier. pp. 679, 1986.