

تطابق بین داده‌های ژئوشیمیایی و پتروفیزیکی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و آنالیز خوشه‌ای در میدان نفتی آزادگان

سیروس قلی پور^۱، علی کدخدایی^۲، محمدرضا کمالی^۳ و محمدعلی طهمورثی^۱
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، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۳۰

چکیده

یکی از پارامترهای مهم ژئوشیمیایی، مقدار کربن آلی کل (TOC) است که جهت ارزیابی پتانسیل هیدروکربن‌زایی سنگ منشأ استفاده می‌شود. اندازه‌گیری این پارامتر مهم مستلزم انجام آزمایش‌های ژئوشیمیایی بر روی خرده‌های حفاری است که بسیار پرهزینه و وقت‌گیراند و برای تعداد محدودی نمونه انجام می‌شوند. در حالی که در اکثر چاه‌های حفاری شده در یک میدان نفتی داده‌های پتروفیزیکی در اختیار است. در این مطالعه از فناوری شبکه عصبی مصنوعی جهت تخمین نگار TOC از داده‌های پتروفیزیکی استفاده شده است. مقدار ضریب همبستگی بین نگار TOC تولیدشده از شبکه عصبی با داده‌های TOC حاصل از پیرولیز راک ایول ۷۱٪ است که مقداری قابل قبول است. سپس از نگار کربن آلی کل تخمین‌زده‌شده برای شناسایی رخساره‌های آلی با حداکثر تولید کربن آلی کل استفاده شده است. روش به‌کاررفته در این مطالعه آنالیز خوشه‌ای است که خود شامل دو روش MRGC و AHC است. نتایج حاصل از این دو روش با یکدیگر مقایسه شدند و براساس آزمون ارزیابی خوشه‌ای، بهترین روش برای خوشه‌بندی داده‌های پتروفیزیکی در رخساره‌های معین استفاده شد. نتایج نشان دادند که روش خوشه‌بندی MRGC نتایج بهتر و با دقت بالاتری را ارائه می‌دهد. همچنین استفاده از این روش جهت شناسایی رخساره‌های آلی نسبت به روش AHC برتری خاصی دارد و خوشه‌هایی با قابلیت تفکیک بهتری ارائه می‌دهد. روش ارائه‌شده 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، میدان نفتی آزادگان، داده‌های پتروفیزیکی، آنالیز خوشه‌ای

مقدمه

سنگ‌های منشأ عموماً شیل‌ها و سنگ آهک‌هایی هستند که حاوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای از ماده آلی باشند [۱]. سنگ منشأ به‌عنوان سنگی معرفی می‌شود که توانایی تولید و خارج کردن هیدروکربن کافی جهت تشکیل تجمعی از نفت یا گاز را داشته باشد. مهم‌ترین فاکتور کنترل‌کننده میزان نفت و گاز محتوای هیدروژن ماده آلی است. مقدار ماده آلی معمولاً به‌صورت مقدار کربن آلی کل (TOC) گزارش شده که با تکنیک راک ایول محاسبه می‌شود. در این تکنیک ابتدا ۵۰ تا ۷۰ mg از پودر هر نمونه طی مرحله پیرولیز در دمای ۳۰۰°C به مدت ۳ تا 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 شود [۲]. یکی از پارامترهایی که از این روش حاصل می‌شود و در این مطالعه مورد بحث است TOC است، که به‌صورت حاصل جمع کربن آلی پیرولیزشده و باقی‌مانده تعریف می‌شود [۳]. امروزه به دلیل هزینه‌های زیاد آنالیزهای ژئوشیمیایی و نیاز به داده‌های فراوان، بهره‌جستن از روش‌های غیرمستقیم جهت تخمین ویژگی‌های ژئوشیمیایی مورد توجه فراوان قرار گرفته است. امکان توصیف وضعیت مواد آلی از طریق نگارهای درون‌چاهی از خصوصیات فیزیکی آنها نشئت می‌گیرد، بدین معنی که ویژگی‌های فیزیکی آنها تفاوت قابل ملاحظه‌ای با خصوصیات کانی‌های سنگ میزبان‌شان دارد. چگالی کمتر، سرعت صوت کمتر یا زمان عبور صوت بالاتر، غالباً مقدار اورانیوم بیشتر، مقاومت بالاتر، هیدروکربن و غنی‌شدگی بیشتر از خصوصیات فیزیکی نگارها در مقابل سنگ‌های منشأ هستند. نگارهایی که عموماً برای ارزیابی سنگ‌های منشأ

استفاده می‌شوند شامل نگارهای اشعه گاما، چگالی، نوترون، صوتی و مقاومت هستند [۴]. از ویژگی‌های ذکرشده 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. به‌عنوان مثال از نگار اشعه گاما برای شناسایی سنگ‌های غنی از ماده آلی استفاده شده است. در دهه‌های اخیر استفاده از روش‌های کامپیوتری جهت تخمین TOC از طریق نگارهای پتروفیزیکی کاربرد فراوانی پیدا کرده است. در این مطالعه با استفاده از شبکه عصبی و آنالیز خوشه‌ای تغییرات TOC در سازندهای شیلی کژدمی و گدوان میدان آزادگان محاسبه و مقایسه آن با TOC واقعی بررسی شده است.

زمین‌شناسی منطقه و میدان آزادگان

میدان نفتی آزادگان بزرگ‌ترین میدان نفتی ایران و یکی از بزرگ‌ترین میداین 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 ۱۳۸۷ لایه جدید نفتی با ظرفیت ۲/۲ میلیارد بشکه در این میدان کشف شد. میدان آزادگان بزرگ‌ترین میدان نفتی توسعه‌نیافته در جهان محسوب می‌شود. از سازندهای مهم موجود در این میدان می‌توان به سازند آهکی فهلیان به‌عنوان مخزن، سازند شیلی-آهکی گدوان به‌عنوان پوش‌سنگ 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. هر یک از این سازندها ویژگی خاص سنگ‌شناسی مربوط به خود را دارند و ضخامت آنها در قسمت‌های مختلف میدان با هم تفاوت دارد.

باقی مانده تعریف می‌شود. در این مطالعه TOC ۱۶ نمونه مغزه حاصل از پیرولیز راک ایول در عمق‌های مختلف از دو سازند شیلی کژدمی و سازند شیلی آهکی گدوان استفاده شد. جدول ۱ مقادیر TOC مربوط به نمونه‌های دو سازند کژدمی و گدوان را در اعماق مختلف نشان می‌دهد.

شبکه عصبی مصنوعی

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 [۶]. 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 و سپس به تابع فعال شبکه می‌شوند و در نهایت خروجی به دست می‌آید. شبکه‌های عصبی شبکه‌هایی هستند که سه لایه ورودی، میانی و خروجی دارند.

شکل ۱ ستون چینه‌شناسی مربوط به این میدان را نشان می‌دهد.

روش‌های مطالعه

پیرولیز راک ایول

محتوای کربن آلی کل یکی از پارامترهای مهم در ارزیابی ژئوشیمیایی سنگ‌های منشأ حاوی هیدروکربن است. افزایش مقدار ماده آلی کل (TOC) احتمالاً نشان‌دهنده حضور سنگ منشأ و کاهش آن نشان‌دهنده کاهش گسترش سنگ منشأ است. پیرولیز راک ایول یکی از روش‌های استاندارد است که به صورت گسترده‌ای برای ارزیابی پتانسیل زایشی هیدروکربن استفاده می‌شود. نتایج حاصل از پیرولیز راک ایول را یک ریزپردازشگر محاسبه می‌کند و نتایج به صورت فهرست‌ها و نگارهای ژئوشیمیایی ارائه می‌شوند. نتایج حاصل از آنالیزها شامل شناسایی نوع ماده آلی، محاسبه پتانسیل باقی مانده در نمونه‌ها، محاسبه کربن آلی کل نمونه (TOC) و اندازه‌گیری بلوغ حرارتی هستند. یکی از پارامترهایی که از این روش به دست می‌آید و در این مطالعه از آن استفاده می‌شود TOC است که به صورت حاصل جمع کربن آلی پیرولیزشده و

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	
T E R T.	Miocene		Fars	Aghajari	Ground surface	
				Gachsaran	1309	
	Oligo-Miocene			Asmari	1775.5	
				Pabdeh	2079	
M E Z O Z O I C	Upper Cretaceous	Maastrichtian	Bange- stan	Upper Gurpi	2351	
		Campanian		Tongue-Tarbur	2439	
		Lower Gurpi		2492		
		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 و ضخامت لایه‌های مختلف میدان آزادگان در چاه شماره یک (AZN-1) [۵].

جدول ۱ داده‌های TOC حاصل از خرده‌های حفاری.

مقدار TOC (% wt)	عمق مربوطه (m)	شماره نمونه
۱/۳۶	۳۳۳۵	۱
۱/۱۴	۳۳۴۵	۲
۱/۳۶	۳۳۶۰	۳
۰/۵۹	۳۴۴۵	۴
۲	۳۷۳۰	۵
۲/۵۳	۳۷۴۰	۶
۲/۱۶	۳۷۵۰	۷
۱/۸۷	۳۷۶۰	۸
۲/۰۸	۳۷۷۰	۹
۱/۵۷	۳۸۰۰	۱۰
۲/۰۴	۳۸۱۰	۱۱
۱/۴۲	۳۹۰۰	۱۲
۱/۶۷	۳۹۲۰	۱۳
۱/۶۱	۳۹۴۰	۱۴
۲/۵۸	۴۰۶۰	۱۵
۰/۹۱	۴۰۷۸	۱۶

دارند [۸]. آنالیز خوشه‌ای شامل سه مرحله زیر است:

۱- پیدا کردن شباهت یا اختلاف بین هر جفت از مشاهدات موجود در مجموعه داده‌ها؛

۲- گروه‌بندی مشاهدات به‌صورت درخت خوشه‌ای پلکانی؛

۳- مشخص کردن محل برش روی درخت پلکانی.

روش استفاده‌شده در این مطالعه شامل آنالیز خوشه‌ای به‌وسیله MRGC^۱ است. هر یک از الگوریتم‌ها با روش‌های محاسباتی خاص خود، از روی داده‌های لاگ ورودی در چاه، خوشه‌هایی را تعیین و تفکیک می‌کنند. خوشه‌ها به‌صورت گراف‌هایی با الگوهای مشخص قابل مشاهده هستند. از بین دو روش خوشه‌سازی، روش MRGC به دلیل قابلیت‌های محاسباتی و نحوه خوشه‌بندی به‌عنوان یک روش برتر معرفی می‌شود. این روش بدون دخالت کاربر قادر به تفکیک رخساره‌های^۲ آلی است.

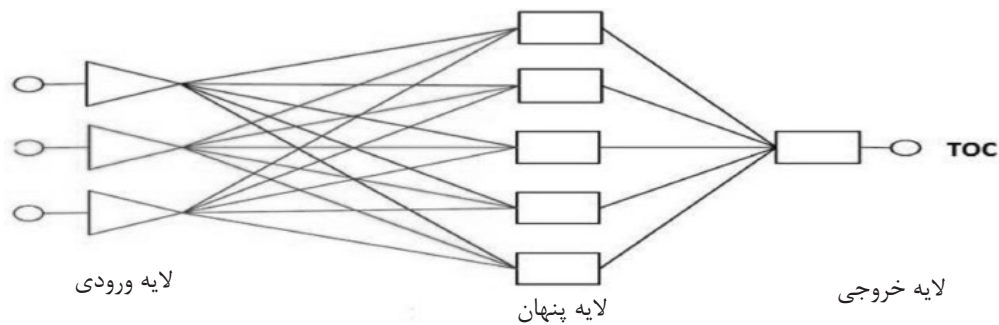
در این نوع شبکه‌ها اکثراً از دو نوع تابع sigmoid و purlin برای آموزش شبکه استفاده می‌شود. فرآیند آموزش شبکه به نحوی است که ابتدا ورودی (اطلاعات نگارها) به نورون‌های لایه ورودی داده و پس از محاسبه اختلاف خروجی شبکه و خروجی مطلوب، خطای شبکه برگردانده می‌شود و وزن‌ها مجدداً، در جهت کاهش خطا، خود را با شرایط جدید سازگار می‌کنند.

برای کاهش خطا و رسیدن به نتیجه مطلوب فرآیند آموزش چندین بار تکرار می‌شود تا هدف نهایی به دست آید [۷] (شکل ۲).

آنالیز خوشه‌ای یا خوشه‌سازی

هدف از آنالیز خوشه‌ای تقسیم‌بندی مجموعه داده‌ها به گروه‌های مشخص براساس اندازه‌گیری شباهت یا تفاوت گروه‌هاست که داده‌های موجود در هر گروه بیشترین شباهت را با یکدیگر و بیشترین تفاوت را با داده‌های موجود در گروه‌های دیگر

1. Multi-Resolution Graph-Based Clustering
2. Facies



شکل ۲ شبکه عصبی مصنوعی براساس داده‌های ورودی و خروجی.

سنگ تابع مقدار کانی‌های رسی سنگ است، اما اورانیوم به شکل درج‌ازا از آب دریا رسوب می‌کند یا به صورت تخریبی و به شکل قطعات سنگ از مکان دیگر به محیط رسوب‌گذاری سنگ منشأ وارد و در نهایت همراه با سنگ منشأ در یک محیط احیایی نهشته می‌شود و به هنگام نگاربرداری، نگار اشعه گاما مقدار بالایی از آن را نمایش می‌دهد. در نگار چگالی به دلیل کمتر بودن چگالی ماده آلی نسبت به ماتریکس سارنده سنگ، به صورت قابل توجهی افت نگار چگالی مشاهده می‌شود.

وجود سنگ منشأ باعث کاهش سرعت صوت در سازند و یا افزایش زمان عبور صوت می‌شود که باعث می‌شود نگار صوتی افزایش زمان عبور صوت را ثبت کند. در نگار نوترون نیز به دلیل وجود هیدروژن موجود در سنگ منشأ می‌توان افزایش نگار نوترون را مشاهده کرد. در مورد نگارهای مقاومت نیز یافته‌ها نشان می‌دهند که این نگارها بسته به بلوغ ماده آلی قرائت بالایی را در مقدار مقاومت نشان می‌دهند که هر چه بلوغ بیشتر باشد، مقدار مقاومت نیز بیشتر است [۹].

روش کار و بحث

تعیین همبستگی بین نگارهای پتروفیزیکی و TOC

در این مرحله با کمک نرم‌افزار ژئولاگ مقادیر ضرایب همبستگی بین نگارهای ورودی در شبکه عصبی مصنوعی و داده‌های TOC حاصل از پیرولیز راک ایول محاسبه شده است.

اما در روش‌های دیگر «کاربر» با به‌کارگیری اطلاعات زمین‌شناسی خود تعداد خوشه‌ها را تعیین می‌کند. بعد از تفکیک خوشه‌ها در روش MRGC بهترین خوشه‌ها با بالاترین مقدار ماده آلی کل (TOC) در هر چاه با توجه به نگارهای موجود در آن تعیین می‌شود. در کنار روش MRGC روش AHC^۱ نیز قرار داده شده که فقط برای نشان دادن برتری روش MRGC در تفکیک خوشه‌هاست.

پاسخ نگارهای مختلف در برابر لایه‌های سنگ منشأ

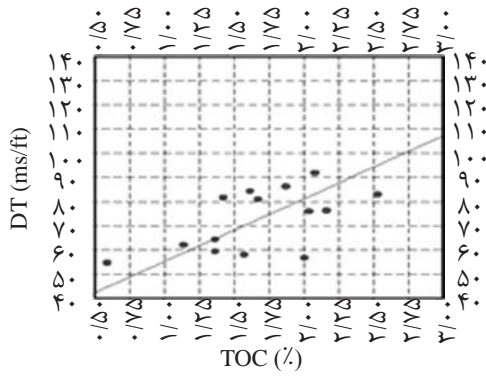
برای اکتشاف و شناخت یک منطقه نفت‌خیز عناصر و فرآیندهایی که موجب شکل‌گیری نفت و گاز شده‌اند باید مطالعه شوند. یکی از این عناصر سنگی است که نفت و گاز را به وجود آورده است و به نام سنگ منشأ شناخته می‌شود. مهم‌ترین ویژگی سنگ منشأ داشتن مواد آلی باقی‌مانده از جانوران گذشته است. برای یافتن سنگ منشأ در منطقه نفت‌خیز روش‌ها و آزمایش‌های مختلفی وجود دارند. هر کدام از نگارهای پتروفیزیکی پاسخ متفاوتی در برابر سنگ‌های منشأ از خود نشان می‌دهند.

از سنگ‌های رسوبی به شکل طبیعی اشعه گاما ساطع می‌شود که دارای سه منشأ است: ایزوتوپ عنصر پتاسیم، توریم و اورانیوم. اشعه گامای این ایزوتوپ‌های رادیو اکتیو مقدار انرژی خاصی دارند که قابل تفکیک در دستگاه‌های اندازه‌گیری است و مقادیر هر کدام از این عناصر در نگارهای گامای اسپکترا مشخص می‌شوند. پتاسیم و توریم اغلب در کانی‌های رسی دیده می‌شوند و مقدار آنها در

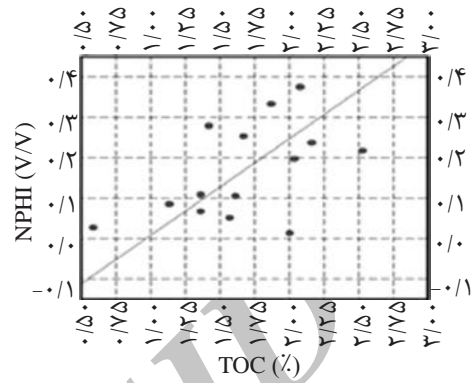
1. Adaptive Heuristic Critic

شکل‌های مربوطه در زیر ارائه شده‌اند (شکل‌های ۳ تا ۸).

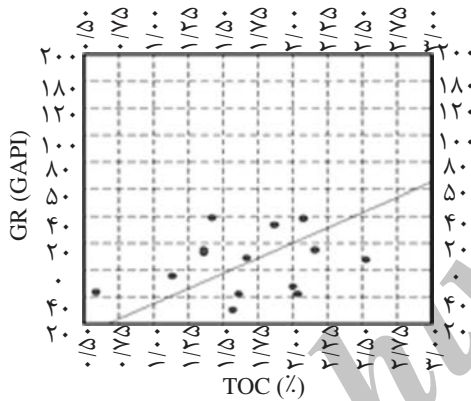
کلیه نمودارهای ترسیم‌شده در زیر براساس خصوصیات پاسخ نگارها در برابر سنگ منشأ ترسیم شده‌اند. مقادیر ضریب همبستگی همراه با



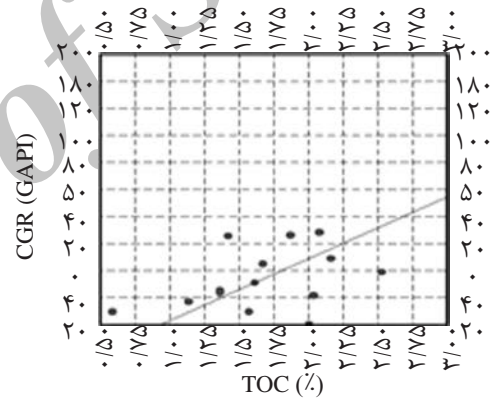
شکل ۴ نمودار TOC در مقابل نگار DT.



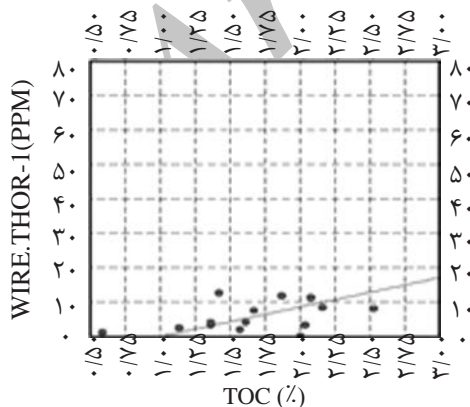
شکل ۳ نمودار TOC در مقابل نگار NPHI.



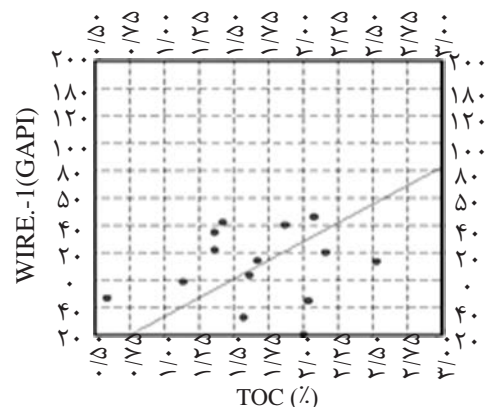
شکل ۶ نمودار TOC در مقابل نگار GR.



شکل ۵ نمودار TOC در مقابل نگار CGR.



شکل ۸ نمودار TOC در مقابل نگار THOR.



شکل ۷ نمودار TOC در مقابل نگار SGR.

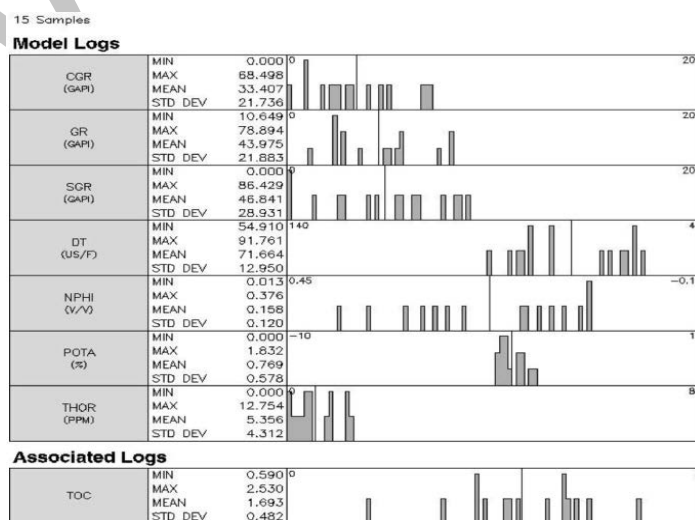
پس از تخمین داده‌های مصنوعی، با ترسیم نمودارهای متقاطع مقادیر ضریب همبستگی داده‌های TOC تخمین زده شده در برابر نگارهای ورودی محاسبه می‌شوند که این مقادیر در شکل‌های زیر ارائه شده‌اند (شکل‌های ۱۰ تا ۱۵)

ضرایب همبستگی در این نمودارها مقادیر بسیار خوبی را نشان می‌دهند که به تخمین نگار TOC بسیار کمک می‌کنند. ضرایب همبستگی برای اکثر نمودارها بالای ۹۰٪ هستند که می‌توان آن را عالی ارزیابی کرد. سپس در مرحله بعد بین مقادیر TOC واقعی و مقادیر TOC تخمین زده شده توسط شبکه عصبی اعتبارسنجی برقرار و برای آنها نموداری ترسیم شده است که دارای ضریب همبستگی مشخصی است. مقدار ضریب همبستگی بین این دو دسته داده ۷۱٪ است. نمودار و مقدار همبستگی بین این دو دسته داده را می‌توان در شکل ۱۶ مشاهده کرد. در نهایت با کمک TOC تخمین زده شده به وسیله شبکه عصبی نگار کربن آلی کل همراه با سایر نگارها ترسیم و در ادامه از این نگار برای مشخص کردن زون‌های ژئوشیمیایی با استفاده از آنالیز خوشه‌ای استفاده شده است.

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

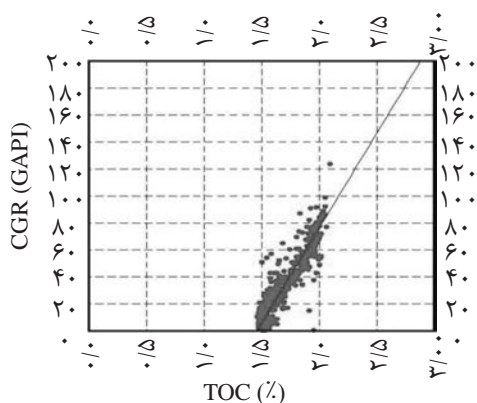
انتخاب ورودی‌های مناسب

شبکه عصبی مورد نیاز در این مطالعه با کمک نرم‌افزار ژئولاگ طراحی شده است. انتخاب درست نگارهای ورودی نقش مهمی را در مدل تهیه شده برای شبکه عصبی و آنالیز خوشه‌ای ایفا می‌کند. مقایسه نشان می‌دهد که نگارهای تخلخل نوترون، صوتی، SGR، CGR، GR و توریم بیشترین همبستگی را با TOC دارند. عموماً اندیس هیدروژن^۱ در مواد آلی به دلیل بالا بودن محتوای هیدروژن بالاست [۱۰]. بنابراین تخلخل نوترون در بازه‌های غنی از مواد آلی افزایش می‌یابد. زمان انتقال صوت تابعی از سنگ‌شناسی سازند، تخلخل و مدل توزیع سیال در سازند است. مقدار TOC با افزایش مقادیر DT GR، SGR، CGR و توریم افزایش پیدا می‌کند [۱۱]. مدل نگارهای ورودی برای شبکه عصبی و همچنین آنالیز خوشه‌ای شامل نگارهای ذکر شده به همراه نگار پتاسیم است. از داده‌های TOC مغزه نیز به عنوان نگار ناظر استفاده شده است. شکل ۹ مدل نگارهای ورودی برای شبکه عصبی و آنالیز خوشه‌ای را نشان می‌دهد:

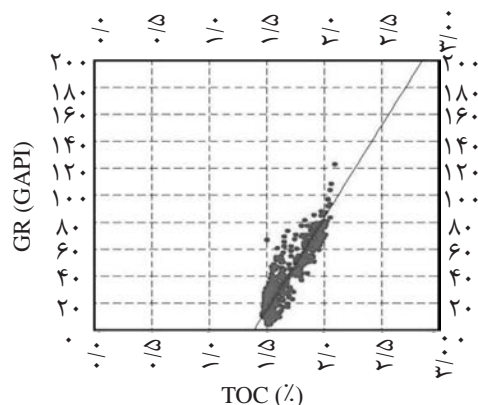


شکل ۹ مدل نگارهای ورودی برای شبکه عصبی و آنالیز خوشه‌ای.

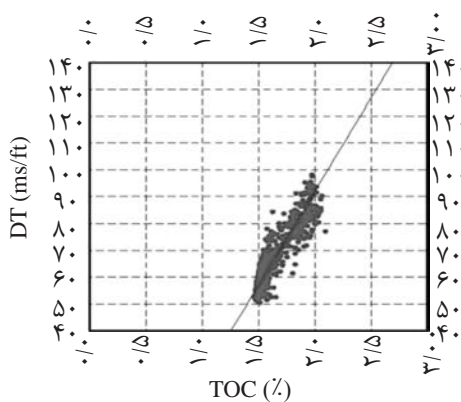
1. Hydrogen Index (HI)



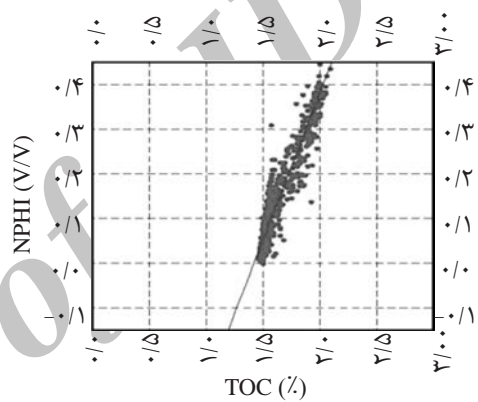
شکل ۱۱ نمودار TOC تخمین زده شده در مقابل نگار CGR.



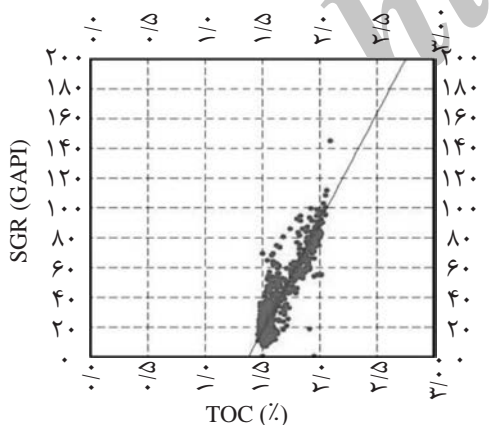
شکل ۱۰ نمودار TOC تخمین زده شده در مقابل نگار GR.



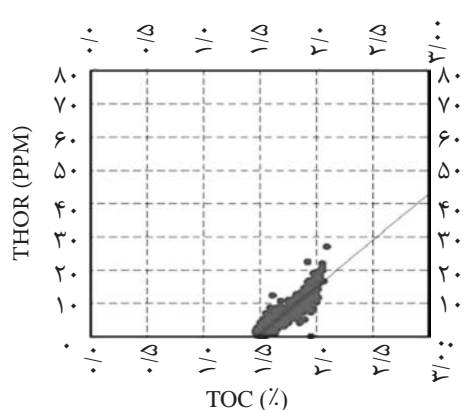
شکل ۱۳ نمودار TOC تخمین زده شده در مقابل نگار DT.



شکل ۱۲ نمودار TOC تخمین زده شده در مقابل نگار NPFI.



شکل ۱۵ نمودار TOC تخمین زده شده در مقابل نگار SGR.

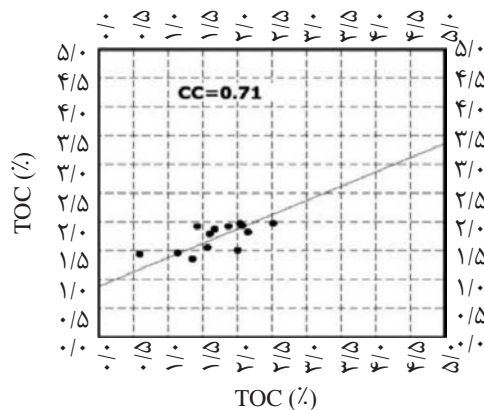


شکل ۱۴ نمودار TOC تخمین زده شده در مقابل نگار THOR.

داده‌ها، پیشنهاد بهترین تعداد خوشه‌ها به صورت خودکار، استفاده از دسته داده‌هایی با ترکیبات بسیار پیچیده، استفاده از کم‌ترین پارامترها و عدم حساسیت به تغییرات آنها و عدم محدودیت در نوع و تعداد داده‌ها و خوشه‌ها هستند.

آنالیز خوشه‌ای

ویژگی‌هایی که یک روش مناسب باید برای انجام عملیات خوشه‌سازی داده‌های نگار داشته باشد شامل قدرت شناسایی گروه‌های طبیعی داده‌های نگار، نداشتن دانش قبلی در ارتباط با



شکل ۱۶ نمودار TOC حاصل از مغزه در مقابل TOC تخمین زده شده.

ستون آخر نیز میزان TOC تخمین زده شده برای هر فاسیس مشخص شده است. در شکل ۱۸ به راحتی می توان برتری روش MRGC نسبت به AHC را در تفکیک خوشه ها مشاهده کرد.

به همین ترتیب می توان برای سایر رخساره ها براساس مقدار TOC آنها از بیشترین به کمترین مقدار به صورت زیر اولویت بندی کرد:

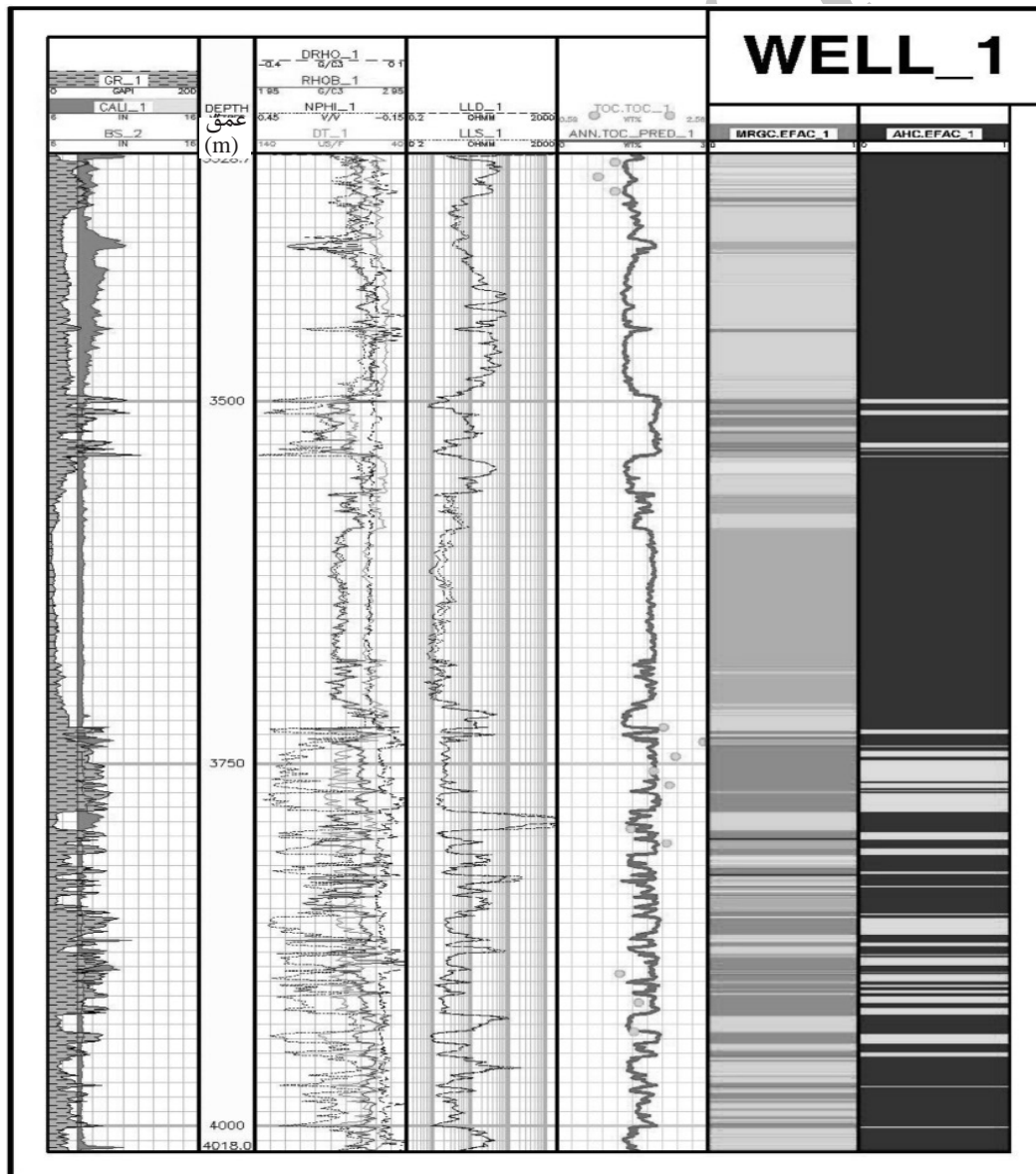
رخساره شماره ۷، رخساره شماره ۶، رخساره شماره ۱، رخساره شماره ۴، رخساره شماره ۳، رخساره شماره ۵ و رخساره شماره ۲. هر کدام از این رخساره ها دارای رنگ مخصوص به خوداند که این رنگ ها شناسایی آنها را در مدل ارائه شده آسان تر می کند. این رخساره ها را می توان در شکل ۱۸ مشاهده کرد.

در این شکل می توان رخساره هایی را دید که کربن آلی TOC تخمین زده شده آنها در ستون شماره ۵ ارائه شده است و به همراه آن داده های TOC مغزه نیز مشاهده می شوند. در یک ستون مجزا نیز فاسیس های مربوط به روش های MRGC و AHC با الگوهای متفاوت نمایش داده شده است که با استفاده از این الگوها به راحتی می توان پراکنندگی مقدار کربن آلی کل را برای سنگ های منشأ ارزیابی کرد.

روش MRGC یکی از محدود روش های غیر پارامتریک و بسیار مناسب برای مطالعه و تحلیل خوشه های داده های حاصل از نگارهاست که ویژگی های ذکر شده را دارد. در این مطالعه داده های ورودی اصلی آنالیز خوشه ای شامل نگارهای نوترون، صوتی، CGR، GR، SGR، توریم و پتاسیم است. افزایش میزان ناهمگنی در سنگ های منشأ افزایش تعداد خوشه ها را در پی خواهد داشت. نتایج نشان می دهند که تشخیص ۷ خوشه بیشترین تناسب را با مطالعات زمین شناسی اولیه در منطقه دارد. در این مرحله به وسیله آنالیز خوشه ای الکتروفاسیس های مربوط به نگارهای پتروفیزیکی استخراج شدند و تعداد الکتروفاسیس هایی که به وسیله روش MRGC تعیین شده اند ۷ مورد بوده است که هر کدام مقادیر متفاوتی کربن آلی داشتند. بیشترین مقدار کربن آلی مربوط به فاسیس شماره ۷ برابر با ۲/۲۹ است. کمترین مقدار کربن آلی نیز مربوط به فاسیس شماره ۲ برابر با ۱/۱ است. به طور دقیق تر از روش آنالیز خوشه ای برای تعیین زون های ژئوشیمیایی با مقادیر مختلف کربن آلی استفاده شده است و از این طریق به راحتی می توان مشخص کرد در کدام عمق سنگ منشأ محتوای کربن آلی بالاتر و در کدام عمق سنگ منشأ محتوای کربن آلی کمتری دارد. در شکل ۱۷ نیز تفکیک الکتروفاسیس های مربوط به آنالیز خوشه ای مشاهده می شود. در

	FACIES	WEIGHT	GR	NPHI	RHOB	LLD	POTA	THOR	TOC_PRED
1	1	213	25.52	0.37	2.39	2.78	1.58	9.41	1.52
2	2	757	62.68	0.31	2.60	3.80	1.19	10.45	1.10
3	3	287	81.72	0.21	2.51	3.03	0.28	4.76	1.35
4	4	1563	37.36	0.08	2.64	16.67	0.43	2.22	1.38
5	5	306	36.79	0.06	2.68	22.17	0.43	2.48	1.26
6	6	1257	14.53	0.17	2.49	1.20	0.18	1.33	2.03
7	7	1301	11.61	0.26	2.34	0.35	0.14	0.39	2.29

شکل ۱۷ فاسیس‌های مربوط به چاه.



شکل ۱۸ نمایش نگار TOC تخمین زده شده و TOC‌های واقعی همراه با فاسیس‌های سنگ منشأ.

کارایی شبکه عصبی طراحی شده خوب و نگار کربن آلی کل تخمین زده شده دارای ضریب همبستگی ۰/۷۱. با داده‌های TOC واقعی حاصل از مغزه بوده است. همچنین نتایج حاصل از آنالیز خوشه قابل قبول‌اند و نشان می‌دهند که تشخیص ۷ خوشه با کمک روش MRGC بیشترین تناسب را با مطالعات زمین‌شناسی اولیه سنگ‌های منشأ این میدان دارد و نیز می‌توان گفت که روش MRGC قابلیت بالاتری در تفکیک خوشه‌ها نسبت به روش AHC دارد. شبکه عصبی کمک شایانی در تخمین نگار TOC کرده است و استفاده از روش آنالیز خوشه‌ای برای مشخص کردن زون‌های ژئوشیمیایی در کنار نگار TOC بسیار خوب ارزیابی می‌شود.

تشکر و قدردانی

در پایان از حمایت‌های شرکت مهندسی و توسعه نفت (متن) کمال قدردانی و تشکر را داریم.

همراه با نگار TOC تخمین زده شده و رخساره‌های روش MRGC در ستون‌های جداگانه نیز نگارهای اشعه گاما، تخلخل و مقاومت ارائه شده‌اند تا با استفاده از پاسخ آنها شناسایی سنگ‌های منشأ آسان‌تر شود.

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از شبکه عصبی مصنوعی نتایجی قابل قبول با مقدار ضریب همبستگی بالا هستند به طوری که در بالاترین مقدار ضریب همبستگی تا ۰/۹۴ رسیده است (برای نگار NPFI) که مقداری بسیار خوب است. نگار TOC تخمین زده شده انطباق خوبی در مقابل لایه‌های شیلی از خود نشان می‌دهد. در عمق‌های ۳۷۵۱ و ۳۷۶۵ m انطباق ۰/۱۰۰ داده‌های TOC واقعی با نگار کربن آلی کل تخمین زده شده مشاهده می‌شود که این نشان از دقت بالای شبکه عصبی طراحی شده دارد. در کل

مراجع

۱- گزارش‌های شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۶.

- [2]. Tissot B. and D. H., *Petroleum Formation and Occurrence*, 2nd ed. Springer Verlag, Berlin 1984.
- [3]. Hunt J. M., *Petroleum Geochemistry and Geology*, : 2nd ed., W. H. Freeman and Company, New York, p. 743, 1996 .
- [4]. Behar F., Beaumont V., and Pentea B., "Rock-Eval 6 Technology, Performances and Developments," Oil & Gas Science and Technology, Rev. IFB, Vol. 56, No. 2, pp.111-134, 2001.
- [5]. Dellenbach J., Espitalie J., and Lebreton F., "Source Rock Logging", Transactions of 8th European SPWLA Symposium, paper D, 1983.
- [6]. Al-Qahtani F. A. "Porosity prediction using artificial neural network," M.Sc. Dissertation, Morgautwn Virginia University, 2000.
- [7]. Callan R., "The essence of neural networks," Southampton Institute. Prentice Hall Europe, 1999.
- [8]. Ward Jr., J. H., "Hierarchical grouping to optimize an objective function," Stat. Assoc., Vol. 48, pp. 236-244, 1963.
- [9]. 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.
- [10]. Schmoker J. W., "Determination of organic-matter content of Appalachian Devonian shales from gamma-ray logs," AAPG Bulletin, Vol. 65, pp. 2165-2174, 1981.
- [11]. 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.