Archive of SID

تعیین رخساره‌های الکتریکی مخزنی با استفاده از روش‌های خوشه‌سازی (MRGC، AHC، SOM و DYNCLUST) در بخش عرب در چاه 2S-05 میدان نفتی سلمان

امین ره‌سپار[۱*]، علی کدخدائی[۲] و مجید نبی بیدهندی[۳]

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

۲- گروه علوم زمین، دانشکده علوم، دانشگاه تبریز، ایران

۳- موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۱۵

چکیده

هدف از این پژوهش، معرفی بهترین روش خوشه‌سازی جهت تعیین رخساره‌های الکتریکی مخزنی در چاه‌های فاقد مغزه می‌باشد. تعیین رخساره‌های الکتریکی در اصل یک روش قطعی یا تحلیلی برای دسته‌بندی داده‌های چاه نگارهای پتروفیزیکی است که می‌تواند نشان دهنده تغییر ویژگی‌های زمین‌شناسی یا مخزنی باشد. رخساره‌های الکتریکی بر مبنای خوشه‌سازی داده‌ها تعریف می‌شود. مبنای خوشه‌سازی، قرار دادن داده‌های نمودارهای پتروفیزیکی مشابه در گروه‌های یکسان و تمایز آنها از سایر گروه‌ها می‌باشد. در این پژوهش، روش‌های مختلف خوشه‌سازی مورد بررسی قرار گرفته و با یکدیگر مقایسه شدند. از میان این روش‌ها، روش MRGC به عنوان بهترین روش معرفی شد. بدین منظور با استفاده از نرم‌افزار ژئولاگ، چهار روش خوشه‌سازی اعم از روش چند تفکیکی بر پایه گراف(MRGC)، روش سلسله مراتبی(AHC)، روش شبکه عصبی خود سازمانده(SOM) و روش پویا (DYNCLUST) جهت تعیین رخساره‌های الکتریکی مخزنی در چاه 2S-05 میدان سلمان به کار برده شد و تعداد ۹ رخساره الکتریکی در هر روش خوشه‌سازی تعیین گردید. رخساره‌های الکتریکی تولید شده توسط بهترین روش خوشه‌سازی(MRGC)، با استفاده از لاگ‌های GR، DT، RHOB و NPHI بر اساس کیفیت مخزنی از خوب به بد مرتب گردید. این مطالعات بر روی بخش عرب که اصلی‌ترین بخش مخزنی میدان سلمان می‌باشد و بیشترین تولید نفت(۷۰٪) از این بخش بوده است، انجام گرفت.

کلمات کلیدی: خوشه‌سازی، رخساره الکتریکی، نمودارهای پتروفیزیکی، بخش عرب، میدان سلمان

*مسؤول مکاتبات
آدرس الکترونیکی rahsepar.amin67@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

یکی از روش‌های رایج برای به دست آوردن اطلاعات دقیق از سازندهای مخزنی در اعماق زمین، عملیات چاه نگاری و تفسیر نمودارهای آن است. نمودارهای پتروفیزیکی، اطلاعات مفیدی را از خواص فیزیکی زمین در اعماق مختلف در اختیار ما قرار می‌دهند. امروزه با گسترش تکنولوژی سخت افزاری، عملیات چاه نگاری با دقت بالایی انجام می‌شود. اما برای تفسیر و ارزیابی داده‌های حاصل، به مهارت زیاد مفسر و اطلاعات آزمایشگاهی وقت گیر و پر هزینه نیاز است. بنابراین، طراحی مدلی که توانایی ارزیابی شاخص‌های پتروفیزیکی و خوشه‌سازی رخساره‌ها به کمک داده‌های چاه‌نگاری را داشته باشد و در عین حال نیاز به اطلاعات آزمایشگاهی را برطرف سازد، بسیار اقتصادی خواهد بود. به ویژه در مواردی که دسترسی به مغزه میسر نیست، کاربرد روش‌های خوشه‌سازی جهت تعیین رخساره‌های الکتریکی مخزنی برای مدیریت تولید مخازن هیدروکربنی منجر به کاهش هزینه‌های اکتشافی در صنعت نفت می‌شود. این تحقیق برپایه اطلاعات قابل دسترس از چاه‌های حفاری شده در میدان سلمان انجام شده است.

میدان نفتی سلمان در ۱۴۴ کیلومتری جنوب جزیره لاوان در مرز مشترک ایران و امارات متحده عربی واقع شده است(شکل ۱). میدان سلمان بین ایران و امارات متحده عربی مشترک بوده و یکی از میادین قابل توجه ایران از نظر ذخایر نفت و گاز به حساب می‌آید. میدان نفتی سلمان از یک تاقدیس نامتقارن به ابعاد تقریبی ۱۱ km در ۱۴ km تشکیل شده است. این میدان از نظر زمین‌شناسی به سه لایه تولید نفت تحتانی و فوقانی مربوط به دوره ژوراسیک و یک لایه مربوط به دوره کرتاسه تشکیل شده است. میدان سلمان یک لایه گازی به نام خوف نیز دارد. این میدان در سال ۱۳۴۴ توسط شرکت Lapco در خلیج فارس و منطقه لاوان(تحت پوشش شرکت نفت فلات قاره) کشف شد. و تولید آن از سال ۱۳۴۷ میلادی آغاز گردید. این میدان با میدان ابولبوخوش امارات متحده عربی دارای ذخایر مشترک است. سه چهارم مساحت این میدان در آب‌های ایران و یک چهارم آن در آب‌های امارات متحده عربی است و سهم ایران از این مخزن حدود ۶۷/۴٪ بر آورد شده است. میدان نفتی سلمان بر اساس آخرین آمارهای ارائه شده هم اکنون دارای ۴۴ حلقه چاه نفتی و ۱۰ حلقه چاه تزریق آب است.

روش کار

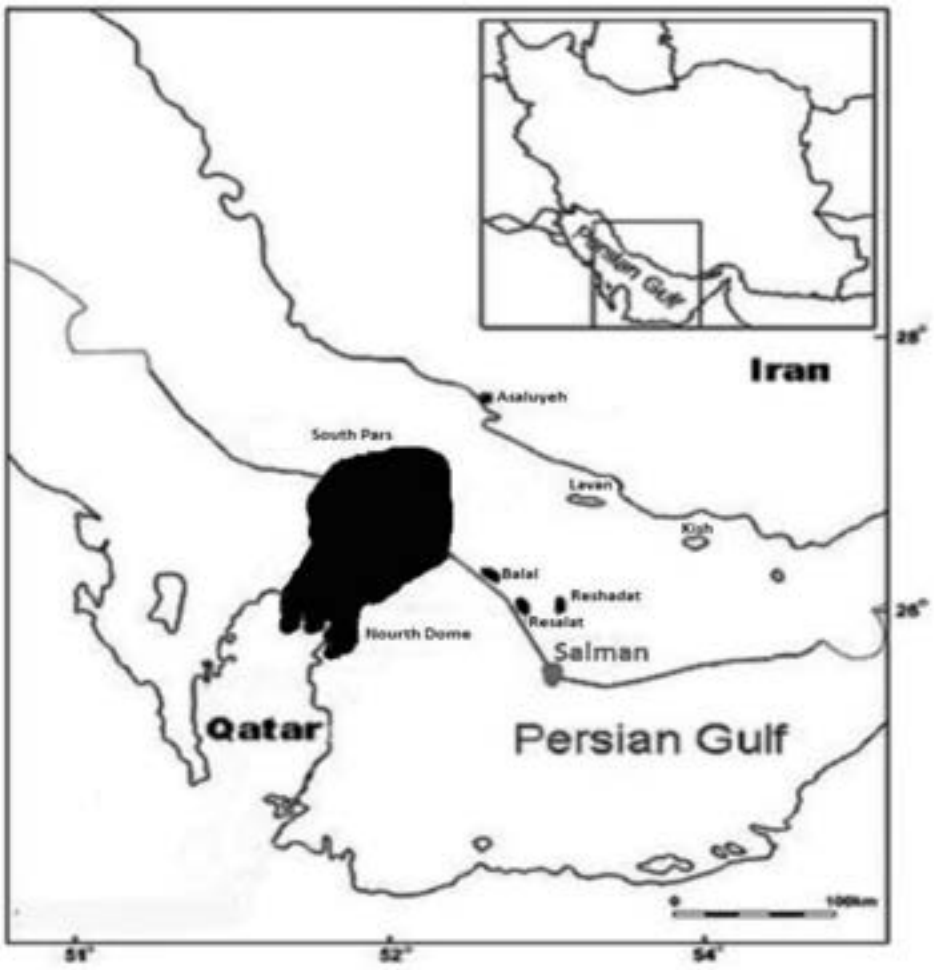
تعیین رخساره‌های الکتریکی با استفاده از روش خوشه‌سازی چند تفکیکی گرافیکی(MRGC)[1]

روش(MRGC) یکی از معدود روش‌های غیر پارامتریک و بسیارمناسب برای مطالعه و تحلیل خوشه‌ای داده‌های حاصل از چاه نگارها و مغزه‌های حفاری است. مزیت‌های این روش عبارتند از: قابلیت شناسایی گروه‌های داده‌های(نمودارهای پتروفیزیکی) مرتبط با رخساره‌های زمین‌شناسی، عدم نیاز به داشتن دانش اولیه از مجموعه داده‌ها، قابلیت کار با مجموعه داده‌های حقیقی متشکل از دسته داده‌های با ترکیب بسیار پیچیده، کم بودن پارامترها و عدم حساسیت به تغییرات آنها، پایدار بودن نتیجه با تغییر مقدار پارامترها، داشتن محدودیت در تعداد ابعاد نقاط و خوشه‌ها و تولید خودکار تعداد بهینه خوشه‌ها بدون دخالت ناظر[۱]. الگوریتم MRGC با روش‌های هوشمند، تعداد رخساره‌های الکتریکی را (خروجی) با توجه به داده‌های اولیه و محدود(ورودی) در هر چاه بدون دخالت ناظر ارائه می‌کند. این در حالی است که در روش‌های دیگر خوشه‌سازی، کاربر با در نظر گرفتن پارامترهایی از جمله مطالعات پتروگرافی و رخساره‌های رسوبی، تعداد الکتروفاسیس‌ها را(که حدس می‌زند به تعداد واقعی نزدیک باشد)، به نرم‌افزار ارائه کرده و سپس نرم‌افزار براساس اطلاعات وارد شده، الگوی پیشنهادی را معرفی می‌نماید. در واقع در هر سه

1. Multi Resolution Graph Based Clustering

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی میدان نفتی سلمان [۲].

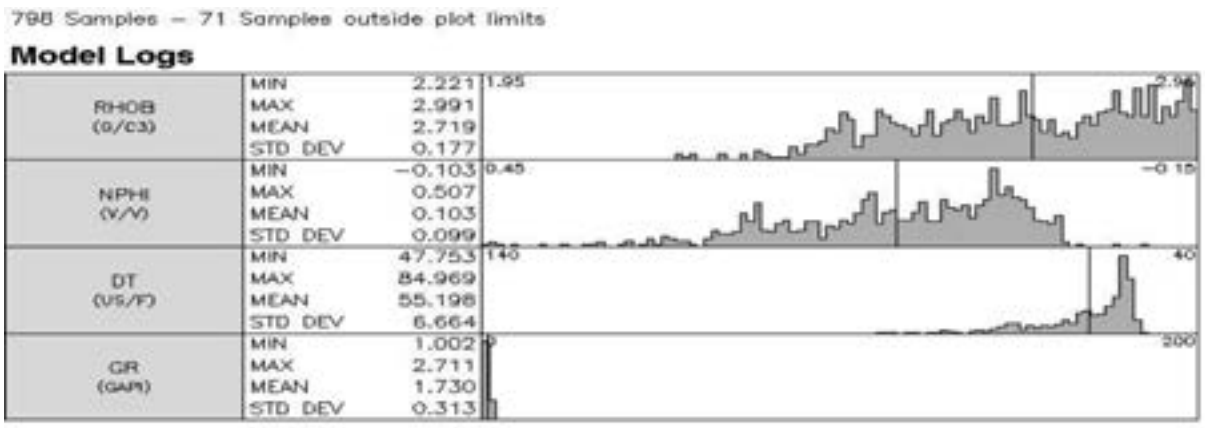
روش، داده‌های ورودی(نمودارهای-پتروفیزیکی) برای نرم‌افزار تعریف شده و طی محاسباتی، داده‌های خروجی(رخساره‌های الکتریکی) توسط نرم‌افزار تعیین می‌شود. تفاوت اصلی در این است که در روش MRGC، نرم‌افزار تعداد خوشه‌های مشخصی را به عنوان خروجی به ناظر معرفی می‌کند و کاربر با در نظر داشتن پیش زمینه علمی و مطالعاتی در این راستا، بهترین خوشه را شناسایی و انتخاب می‌نماید. اما در روش‌های دیگر، در ابتدا کاربر تعداد خوشه‌ها را برای نرم‌افزار تعریف کرده و بر این اساس، نرم‌افزار طی محاسباتی، الگوهای پیشنهادی خود را ارائه می‌نماید. پس از آن کاربر از بین الگوهای ارائه شده توسط نرم‌افزار، الگویی را که معرف بهترین خوشه است، انتخاب می‌کند.

برای تعیین رخساره‌های الکتریکی با این روش، ابتدا در قسمت FACIMAGE™ نرم‌افزار ژئولاگ از میان نمودارهای پتروفیزیکی، آن دسته از نمودارهایی که بیشترین ارتباط با هدف مورد نظر را داشتند (شامل: نمودار اشعه گاما(GR)، نمودار صوتی(DT)، نمودار چگالی(RHOB) و نمودار نوترون(NPHI) انتخاب گردیده و در مرحله بعد این داده‌ها آموزش داده شدند(شکل ۲ و ۳).

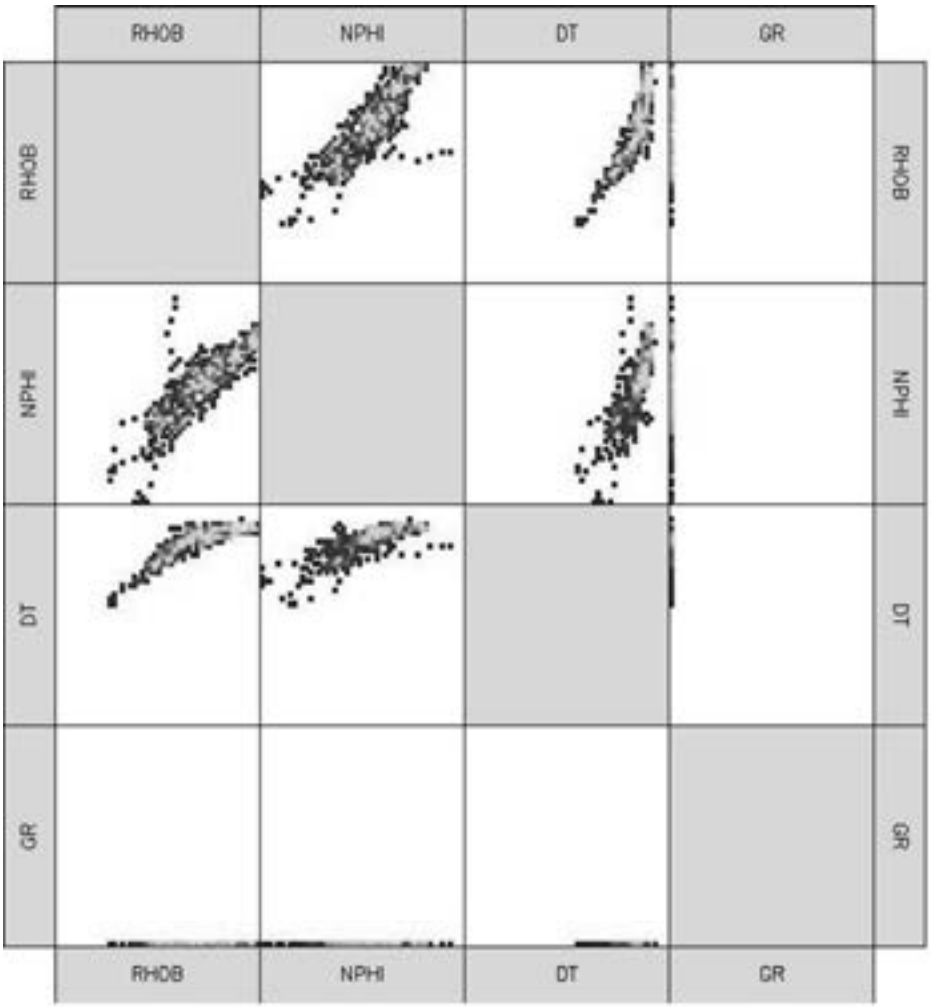
در ادامه، با استفاده از روش خوشه‌بندی به روش چند تفکیکی گرافیکی(MRGC)، تعداد خوشه‌های بهینه توسط نرم‌افزار مشخص گردید. به عبارت دیگر به طور خودکار رخساره‌های الکتریکی آزموده و خوشه‌بندی می‌شوند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲ نمودار فراوانی وگستره عددی نمودارهای پتروفیزیکی در مدل رخساره سنگی از بخش عرب.



شکل ۳ کراس پلات ایجاد شده برای چاه.

در این روش، کاربر هیچ‌گونه دخالتی در نحوه خوشه‌بندی ندارد و معرفی خوشه‌ها توسط نرم‌افزار به صورت هوشمند و با دقت بالا صورت می‌گیرد. بنابراین، کاربر تنها می‌تواند از بین خوشه‌های معرفی شده، خوشه‌ای که بهترین تفکیک را در رخسارها انجام داده، انتخاب نماید. در مخزن مورد مطالعه پس از خوشه بندی با روش MRGC و بررسی داده‌ها از بین خوشه‌های پیشنهاد شده توسط نرم‌افزار خوشه‌ای که دارای ۹ رخساره الکتریکی بود(شکل۴)، به عنوان مناسب‌ترین خوشه انتخاب گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

	NAME	COL	PAT	WEIGHT	RHOB	NPHI	DT	GR
1	FACIES_1			52				
2	FACIES_2			62				
3	FACIES_3			67				
4	FACIES_4			59				
5	FACIES_5			169				
6	FACIES_6			51				
7	FACIES_7			220				
8	FACIES_8			99				
9	FACIES_9			19				

شکل ۴ خوشه‌سازی با روش MRGC.

در ادامه با استفاده از روش KNN Facies Propagation[1] رخساره های تعیین شده در تمام قسمت‌های چاه توسعه داده شد.

تعیین رخساره‌های الکتریکی با استفاده از روش شبکه عصبی خود سازمان(SOM) [1]

شبکه عصبی خود سازمان ده(SOM) یک نوع شبکه عصبی مصنوعی است که از طریق یادگیری بدون نظارت برای تولید داده‌های رسته‌ای با استفاده از داده‌های ورودی استفاده می‌شود. نگاشت‌های خودسازمان‌ده با شبکه‌های عصبی مصنوعی دیگر، از این جهت تفاوت دارد که از یک تابع همسایگی برای حفظ کردن ویژگی فضای ورودی استفاده می‌کند. این خصوصیت باعث می‌شود که این نگاشت‌ها، برای دادن شهود از یک مجموعه داده با بعد زیاد مناسب باشند[۲]. این روش یک مدل بدون ناظر است و توانایی وسیعی در حل مسائل شناخت و طبقه‌بندی الگوها دارد. شبکه‌های بدون ناظر، فقط قادر به گروه‌بندی رخساره‌ها بوده و قابلیت تشخیص یا نام‌گذاری آنها را ندارد. این روش در مرحله اکتشاف میدان، در مناطقی که چاه‌های اکتشافی به تعداد زیاد وجود ندارد، به کار می‌رود. اطلاعات اضافی می‌توانند به شناخت طبقات کمک کند. انطباق اطلاعات چاه و نقشه تغییر رخساره‌ها، تخمینی از کیفیت مخزن در نواحی مختلف ارائه می‌نماید[۴].

در روش شبکه عصبی خود سازمان‌ده(SOM) پس از آموزش داده‌های نمودارهای پتروفیزیکی، شبکه خود سازمان‌ده(SOM) انتخاب می‌گردد. با توجه به تنوع بسیار کم لیتولوژیکی مخزن که به طور عمده از دولومیت، آهک، مقدار کمی انیدریت و مقدار بسیار ناچیز شیل می‌باشد و به علت این که بهترین روش خوشه‌سازی(MRGC)، تعداد ۹ خوشه را تولید کرده، به نظر می‌رسد که تعداد رخساره‌های الکتریکی کم باشد. بنابراین ابعاد خوشه‌سازی به روش شبکه عصبی خود سازمان‌ده ۳*۳ با ۹ خوشه انتخاب شده است(شکل۵).

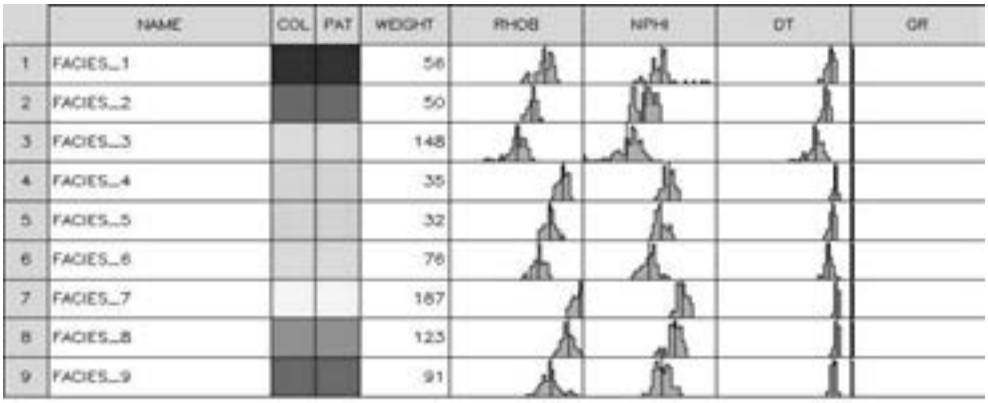
تعیین رخساره‌های الکتریکی با استفاده از روش سلسله مراتبی(AHC) [2]

خوشه‌سازی به روش سلسله مراتبی(AHC)، یک ابزار مفید و موثر برای زون‌بندی مخازن نفت و گاز و شناسایی زون‌های ژئوشیمیایی محسوب می‌شود. با استفاده از این روش، می‌توان در ابعاد نامتناهی فضایی خوشه ساخت. اما خوشه‌های ساخته شده حداکثر در ۳ بعد فضایی قابل مشاهده می‌باشد. مثلا اگر نمودار نوترون و چگالی را برای ساخت خوشه‌ها به کار ببریم، فقط در ۲ بعد فضایی خوشه تشکیل می‌شود. اما اگر مجموعه‌ای کامل از نمودارها شامل نوترون، چگالی، گاماری، صوتی و مقاومت را به کار ببریم، در پنج بعد فضایی خوشه‌ها ساخته خواهند شد که بیش از ۳ بعد آن را نمی‌توان مشاهده کرد

1. K-Nearest Neighbor Facies Propagation
2. Self-Organizing Map
3. Ascendant Hierarchical Clustering

www.SID.ir

Archive of SID

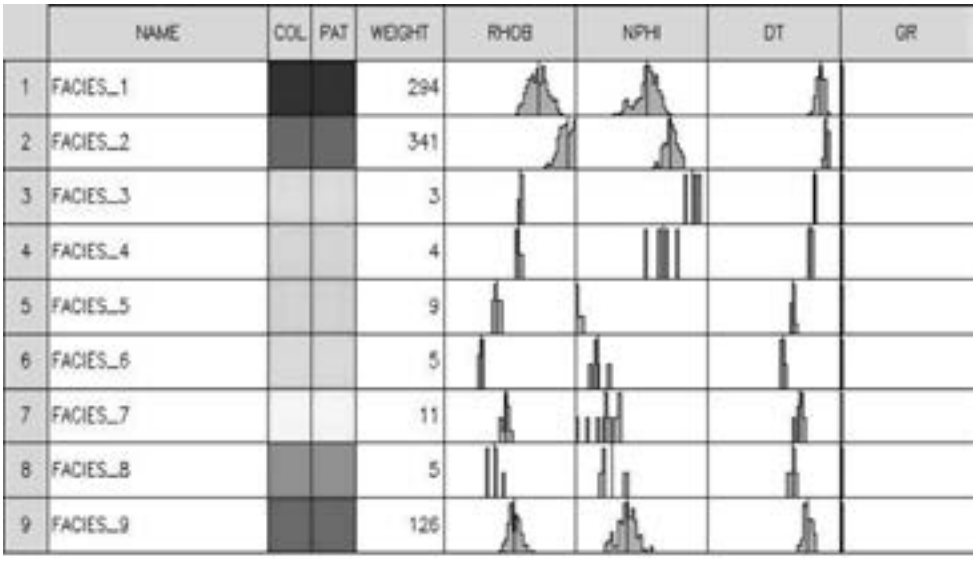


شکل ۵ خوشه‌سازی به روش SOM.

در روش خوشه‌سازی سلسله مراتبی(AHC) همانند روش شبکه عصبی، پس از آموزش داده‌های نمودارهای پتروفیزیکی، روش سلسله مراتبی(AHC) انتخاب شد. در این روش نیز به دلیل این که بهترین روش خوشه‌سازی(MRGC) تعداد ۹ خوشه را تولید کرده و لیتولوژی مخزن پیچیدگی زیادی ندارد، در ۹ خوشه رخساره‌های الکتریکی تولید شد(شکل۶).

تعیین رخساره‌های الکتریکی با روش پویا (DYNCLUST)[2]

روش خوشه‌سازی پویا از روش‌های شناخته شده برای رخساره‌های الکتریکی است که توانایی تعیین تعداد بهینه خوشه‌ها را ندارد. این روش به علت قابلیت تفکیک‌سازی کم در رخساره‌ها، نیاز به داشتن دانش قبلی از داده‌ها، محدودیت در نوع و تعداد داده‌ها، نداشتن قدرت شناسایی الگوهای طبیعی موجود در نگارها و عدم کارایی در لیتولوژی‌های پیچیده، کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش نیز مانند روش‌های قبلی، پس از آموزش داده‌های نمودارهای پتروفیزیکی، روش پویا(DYNCLUST) انتخاب می‌شود. به دلیل لیتولوژی غیر پیچیده و تولید ۹ خوشه توسط بهترین روش، به نظر می‌رسد همان ۹ خوشه برای این روش، بهترین انتخاب است(شکل ۷).

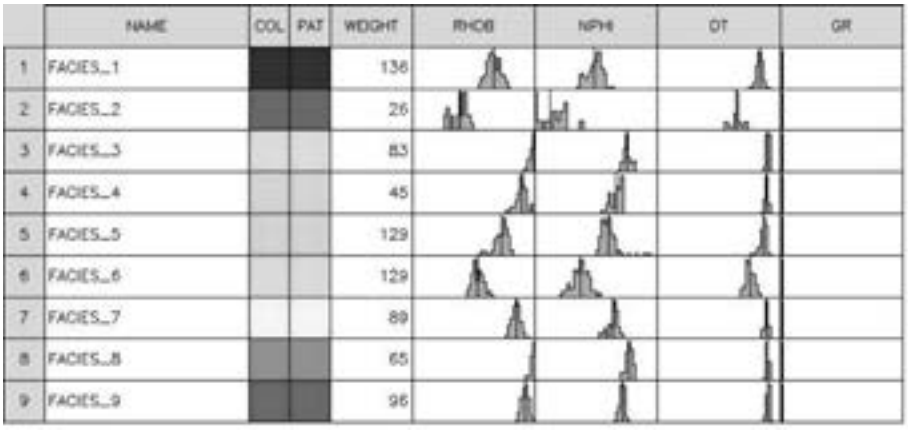


شکل ۶- خوشه‌سازی با روش AHC

1. Dynamic Clustering

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷ خوشه‌سازی با روش DYNCLUST.

نتایج و بحث

ترسیم رخساره‌های الکتریکی تولید شده توسط روش‌های خوشه‌سازی

پس از ترسیم چهار روش خوشه‌سازی مشاهده می‌گردد روش خوشه‌سازی MRGC به دلیل قابلیت‌های ساختاری خود، خوشه‌سازی دقیق‌تری انجام داده است. همان‌گونه که در شکل(۸) مشخص است، در تعیین رخساره‌های الکتریکی این چاه‌ها از نمودارهای نوترون(NPHI)، صوتی(DT)، چگالی(RHOB) و اشعه گاما(GR) استفاده شده است. از میان روش‌های استفاده شده، روش MRGC نتایج دقیق‌تر و منطقی‌تری ارائه داده است. به عنوان مثال می‌توان گفت، روش MRGC در برابر تغییرات اساسی نمودارهای پتروفیزیکی که نشان دهنده کاهش یا افزایش کیفیت مخزنی می‌باشد، حساسیت نشان داده و رخساره‌های الکتریکی جداگانه‌ای برای اینتروال‌های مخزنی ساخته است. تغییرات ناچیز نمودارهای پتروفیزیکی، ملاکی برای زون‌بندی مخزن نبوده و نشان دهنده تغییرات اساسی در کیفیت مخزنی نمی‌باشد لذا این روش در برابر تغییرات ناچیز نمودارهای پتروفیزیکی حساسیت نشان نداده و در مقابل این تغییرات، رخساره الکتریکی جداگانه‌ای به وجود نیاورده است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که روش MRGC قدرت تفکیک‌پذیری هوشمندانه و قابل قبول‌تری نسبت به سه روش دیگر دارد.

لازم به ذکر است لیتولوژی غالب منطقه، دولومیت، کلسیت و انیدریت تشخیص داده شد و بخش دولومیتی، سنگ مخزن بخش عرب را تشکیل داده است[۵]. روش MRGC بهترین حالت ممکن را برای تعیین رخساره‌های الکتریکی در این لیتولوژی به کار گرفته است. پس از آن، روش SOM در تعیین رخساره‌های الکتریکی نسبت به روش‌های DYNCLUST و AHC بهتر عمل کرده است، به طوری که می‌توان رخساره‌های الکتریکی تولید شده توسط روش MRGC و SOM را برای زون‌بندی مخزن به کار برد و بهترین و بدترین زون‌ها را از لحاظ کیفیت مخزنی شناسایی نمود.

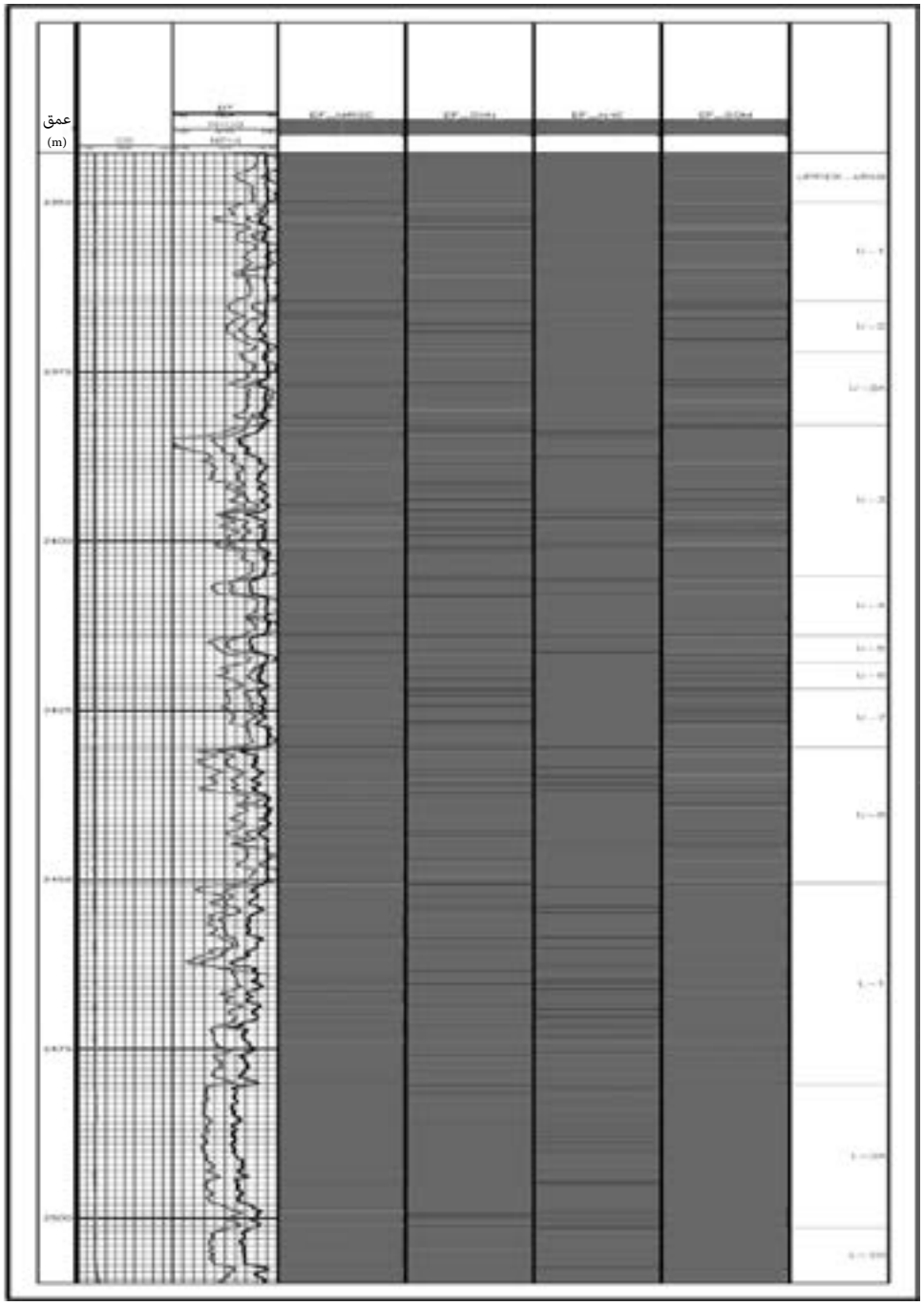
اولویت‌بندی رخساره‌های الکتریکی براساس کیفیت مخزنی

در بخش قبل، روش‌های مختلف خوشه‌سازی جهت تعیین رخساره‌های الکتریکی مخزنی توسط نرم‌افزار ژئولاگ به کار برده شد. از میان روش‌های مورد استفاده، روش MRGC بهترین روش خوشه‌سازی انتخاب گردید.

در این بخش، رخساره‌های الکتریکی تولید شده توسط روش MRGC مورد بررسی قرار گرفته و از لحاظ کیفیت مخزنی، اولویت‌بندی می‌شود. کیفیت یک مخزن به تخلخل، تراوایی، حجم و ظرفیت آن بستگی دارد. هر عامل زمین‌شناسی که باعث افزایش این پارامترها در مخازن شود، باعث افزایش کیفیت آن مخزن می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸ نمایش الکتروفاسیس‌های حاصل از، MRGC، DYNCLUST، AHC و SOM.

این عوامل می‌توانند فیزیکی یا شیمیایی باشند. در این مطالعه کیفیت مخزنی از روی داده‌های الکتریکی چاه نگاری‌های انجام شده در هر چاه بررسی می‌شود. نمودارهای پتروفیزیکی موجود برای این مطالعه در چاه‌های ذکر شده شامل نمودار اشعه گاما(GR) ، نمودارصوتی(DT)، نمودار چگالی(RHOB) و نمودار نوترون(NPHI) می‌باشد که در ادامه به اختصار معرفی می‌شود.

نمودار چگالی(RHOB)

نوع ویژه‌ای از نمودارهای رادیواکتیویته هستند که چگالی سازندها را ثبت می‌کنند. در این روش، پرتو گاما از منبع به سازند ساطع شده و توسط ثبت کننده دریافت می‌شود. از آنجایی که جذب و پراکندگی پرتو گاما در سازند تا درجه زیادی به تراکم مواد و یا به عبارت دیگر به تعداد الکترون‌های موجود

www.SID.ir

Archive of SID

در مسیر بستگی دارد، چگالی کل و در نتیجه تخلخل سنگ، توسط این نمودار اندازه‌گیری می‌شود. تخلخل با چگالی ارتباط دارد و هرچه تخلخل بیشتر شود، چگالی کاهش می‌یابد. نمودار چگالی رابطه معکوس با کیفیت مخزنی دارد به این صورت که کاهش نمودار چگالی، نشان دهنده تخلخل بیشتر سازند و کیفیت بالای مخزنی است[۶].

نمودار صوتی(DT)

این نمودار، عمق را در مقابل زمان اندازه‌گیری می‌کند. زمان اندازه‌گیری شده، مدت زمانی است که یک ضربه صوتی، طول معینی از یک سنگ (یک فوت) را طی می‌کند که به آن زمان عبور[1] گفته می‌شود و واحد آن میکروثانیه بر فوت است[۶]. به کمک ابزارهای نمودارگیری صوتی می‌توان تخلخل سازند را تعیین کرده و از تخلخل به دست آمده در ارزیابی سازند استفاده نمود. امواج صوتی امواج فشارشی یا برشی هستند که در زمین منتشر می‌شوند و نحوه انتشار آنها بستگی به خواص سنگ و سیال دارد[۷].

نمودار صوتی رابطه مستقیم با کیفیت مخزنی سازند دارد. بدین ترتیب که در سازند مورد مطالعه، افزایش DT معرف افزایش تخلخل و در نتیجه کیفیت مخزنی خوب سازند است.

نمودار نوترون(NPHI)

نوترون‌ها در هسته تمام عناصر غیر از هیدروژن وجود دارند. ترکیب آنها تقریبا مشابه اتم هیدروژن است، اما الکترون ندارند. وقتی نوترون‌ها از مواد رادیو اکتیو منتشر می‌شوند، دارای سرعت‌های بسیار زیادی هستند که در اثر برخورد با اتم‌های دیگر از سرعتشان کاسته می‌شود. اتم‌های دارای جرم مشابه نوترون، باعث کاهش سریع سرعت نوترون می‌شوند. بنابراین، سرعت نوترون‌ها در اثر برخورد با اتم‌های هیدروژن بسیار کم می‌شود. در نتیجه می‌توان محتوای هیدروژن سازند را به وسیله نمودارگیری نوترون تعیین نمود. در ابزار نمودارگیری نوترون، نوترون‌ها از منبع رادیواکتیو به سازندهای مجاور نفوذ کرده و با هسته‌های اتمی متفاوت در سازندها برخورد می‌کنند. اگر منبع نوترون رادیواکتیو مقابل سنگ‌های هیدروژن‌دار باشد، سرعت نوترون‌های منتشر شده در اثر برخورد با هسته اتم هیدروژن کم شده و جذب دیگر عناصر موجود در سنگ می‌گردد لذا ثبت کننده ابزار نمودارگیری، کاهشی را در شدت تشعشع نوترون برگشتی از سازند نشان می‌دهد.

آب، نفت، و گاز موجود در خلل و فرج سنگ‌ها، حاوی هیدروژن بوده و روی منحنی نوترون تاثیر می‌گذارند. مادامی که منافذ با مایع پر شده‌اند، وجود هیدروژن بیشتر نشانه تخلخل زیاد است. عکس این حالت نیز صادق است یعنی مایع کمتر به منزله هیدروژن کمتر و نشانه تخلخل کمتر می‌باشد[۶].

بنابراین در مطالعه نمودار نوترون، افزایش مقدار NPHI، نشان دهنده کیفیت بیشتر مخزن هیدروکربنی است.

نمودار اشعه گاما(GR)

ابزار نمودار اشعه گاما، رادیواکتیویته طبیعی سازند را اندازه‌گیری می‌کند. عناصر رادیواکتیویته تمایل دارند تا در رس‌ها و شیل‌ها تمرکز یابند. ماسه‌های تمیز و کربنات‌ها، ترازهای کم از اشعه گاما را نشان می‌دهند. در واقع پاسخ حاصل از دستگاه شمارش‌گر اشعه گاما، تابعی از غلظت وزنی کانی پرتوزا در سازند و نیز چگالی آن می‌باشد.

اندازه‌گیری پرتوزایی گامای طبیعی معمولا به منظور تعیین لیتولوژی(شناخت رس‌ها و شیل‌ها، نمک‌های تبخیری، کانی‌های سنگین پرتوزا) و ارزیابی تقریبی تراوایی به کاربرد می‌رود.

نمودار اشعه گاما رابطه معکوس با کیفیت مخزنی دارد، بدین ترتیب که کاهش اشعه گاما در نمودار، نشان دهنده کیفیت مخزنی خوب آن بخش از سازند است. مبنای شناخت بهترین رخساره با بالاترین کیفیت

1. Transit Time

www.SID.ir

Archive of SID

مخزنی، بررسی میزان نمودارهای اشعه گاما(GR)، صوتی(DT)، چگالی(RHOB) و نوترون(NPHI) می‌باشد. از میان این نمودارها، نمودار GR اهمیت بیشتری دارد و هرچه میزان آن برای هر زون کمتر باشد، مؤید کیفیت بالای آن زون مخزنی است[۶]. با این حال چون میزان GR برای تمامی رخساره‌های الکتریکی دارای مقدار کمتری است و میزان آن در رخساره‌های الکتریکی نزدیک به هم بوده و تفاوت زیادی با هم ندارد، رخساره‌های الکتریکی شباهت زیادی به همدیگر دارند در نتیجه از اولویت‌بندی رخساره‌های الکتریکی بر اساس میزان نموداراشعه گاما(GR) صرف نظر کرده و به بررسی سایر نمودارها در این مطالعه می‌پردازیم.

لازم به ذکر است که نمودار چگالی(RHOB) هر چه قدر برای یک محدوده عمقی مقدار کمتری را نشان دهد، به معنای چگالی کمتر و تخلخل بیشتر آن محدوده عمقی می‌باشد و رخساره از کیفیت مخزنی خوبی برخوردار است[۸].

هر چه میزان نمودار نوترون(NPHI) برای رخساره‌ای بیشتر باشد، نشان دهنده افزایش تخلخل و افزایش کیفیت مخزنی آن رخساره می‌باشد. همچنین هرچه میزان نمودار صوتی(DT) بالاتر باشد، بیان‌گر افزایش میزان تخلخل و کیفیت خوب آن رخساره است [۷].

بر این اساس رخساره‌های الکتریکی تولید شده با روش MRGC در چاه 2S-05 میدان سلمان بر اساس کیفیت مخزنی شان اولویت‌بندی شده‌اند که نتایج آن در جدول(۱) ارائه شده است.

زون‌های L-2A، L-2B و L-1 در بخش عرب با کیفیت‌ترین زون‌های مخزنی نسبت به دیگر زون‌ها می‌باشند. زیرا نمودارهای پتروفیزیکی تخلخل خوبی را برای این زون‌ها نشان می‌دهند. همچنین روش خوشه‌سازی MRGC این تغییرات در نمودارها را تشخیص داده و بهترین رخساره‌های الکتریکی را برای این زون‌ها معرفی کرده است.

جدول ۱- اولویت‌بندی رخساره‌های الکتریکی حاصل از روش MRGC: (ستون‌های میانی میزان هر لاگ در هر رخساره را نشان می‌دهد)

رتبه از لحاظ کیفیت مخزنی	RHOB (gr/cc)	NPHI (v/v)	DT (µs/ft)	GR (GAPI)	رخساره الکتریکی
۱	۲/۴۲	۰/۲۲	۶۸/۷۴	۲/۲۱	۱
۲	۲/۴۹	۰/۲۲	۶۵/۵۸	۱/۳۵	۲
۳	۲/۵۰	۰/۲۷	۶۲/۴۵	۱/۶۸	۳
۴	۲/۶۱	۰/۱۴	۵۵/۹۶	۱/۷۶	۴
۵	۲/۶۷	۰/۱۲	۵۴/۳۷	۱/۴۶	۵
۶	۲/۷۴	۰/۰۹	۵۲/۱۹	۲/۰۴	۶
۷	۲/۸۷	۰/۰۳	۵۰/۵۲	۱/۶۶	۷
۸	۲/۹۱	۰/۰۱	۵۰/۴۷	۲/۱۸	۸
۹	۲/۹۶	۰	۵۰/۷۰	۲	۹

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش عبارتند از:

۱- از بین روش‌های به کار رفته، روش MRGC به دلیل قابلیت‌های ساختاری خود از جمله قدرت تفکیک بالا و دقیق رخساره‌ها، قابلیت شناسایی گروه‌های داده‌های(نگارها) مرتبط با رخساره‌های زمین شناسی، عدم نیاز به دانش اولیه از مجموعه داده‌ها، قابلیت کار با مجموعه داده‌های حقیقی متشکل از دسته داده‌های با ترکیب بسیار پیچیده، کم بودن پارامترها و عدم حساسیت به تغییرات آنها، پایدار بودن نتیجه با تغییر مقدار پارامترها، داشتن محدودیت در تعداد ابعاد نقاط و خوشه‌ها و همچنین تولید خودکار تعداد بهینه خوشه‌ها بدون دخالت کاربر، به عنوان بهترین روش خوشه‌سازی معرفی شد.

۲- بهترین زون‌های مخزنی در بخش عرب L-2A ، L-2B و L-1 می‌باشد.

۳- برای مخازنی که دارای تنوع لیتولوژیکی محدودی هستند، استفاده از روش شبکه عصبی خود سازمان‌ده (SOM) می‌تواند مناسب باشد.

۴- در مخازنی که دارای تنوع لیتولوژیکی وسیعی می‌باشند، استفاده از روش خوشه‌سازی چند تفکیکی گرافیکی(MRGC) مناسب‌ترین روش می‌باشد و می‌تواند خوشه‌های منطقی‌تری را ایجاد نماید. روش چند تفکیکی گرافیکی(MRGC) در لیتولوژی‌های مختلف کارایی خوبی دارد.

منابع

[1]. Rabiller Ph. and Ye S. J., "*New tools for electrofacies analysis: multi resolution graph-based clustering*," SP-WLA 41st Annual Logging Symposium Transaction, pp. 4-7, Jun. 2000.

[2]. Aali J., Rahimpour-Bonab H., Kamali M. R., "*Geochemistry and origin of the world's largest gas field from Persian Gulf*," Iran: Journal of Petroleum Science and Engineering Vol. 50, pp. 161–175, 2006..

[3]. Saggaf M. M, Toksöz M. N, and Marhoon M. I., "*Seismic facices classification and identification by competitive neural networks*," Geophysics, Vol. 68, PP. 1984-1999, 2003.

[4]. Lippmann R. P, "*Pattern classification using neural networks*," IEEE Communications Magazine, 1989.

[۵]. نیک‌نژاد ع.، موحد ب.، کدخدائی ع.، تعیین پارامترهای پتروفیزیکی سازند عرب در میدان سلمان، اولین کنفرانس و نمایشگاه تخصصی نفت، تهران،۱۳۹۲.

[۶]. رضایی م. ر.، زمین‌شناسی نفت، انتشارات علوی، ۱۳۹۰

[۷]. قاسم‌العسکری م. ک.، اصول پتروفیزیک، انتشارات ستایش،۱۳۹۰

[۸]. سرا اُ.، چاه‌نگاری، ویراست سوم، ترجمه غلامحسین نوروزی، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۸۸.

www.SID.ir