

خوشه بندی رخساره های الکتریکی مخزن با استفاده از الگوریتم MRGC

مجید باقری^{۱*} و هادی رضایی^۲

^۱استادیار گروه فیزیک زمین، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران، majidbagheri@ut.ac.ir

^۲دانش آموخته کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران

چکیده

امروزه تعیین رخساره های الکتریکی در سازندهای مخزنی یکی از مطالعات رایج در زمینه توصیف خصوصیات مخزن است. کاربرد فراوان این رخساره ها و قابلیت آنها برای تعیین پارامترهای مخزنی خاص با توجه به نوع داده های ورودی، این روش را به یکی از توانمندترین ابزارها در مطالعات مخزنی تبدیل کرده است. از رخساره ها در مواردی مانند تفکیک بخشهای مخزنی از غیرمخزنی، جایگزین گروه های سنگی در مدل های مخزنی و تطابق سازندی در سطح میدان استفاده میگردد. روش خوشه بندی چند تفکیکی برپایه گراف (Multi-resolution graph-based clustering Multi-resolution graph-based) یا همان MRGC مؤثرترین خروجی ها را در شناسایی رخساره های الکتریکی در مخازن کربناته نتیجه می دهد. در این روش، معایب دیگر روش های خوشه بندی مانند آگاهی قبلی در مورد تعداد خوشه ها و پارامترهای اولیه حذف شده است. در این تحقیق که مربوط به یکی از مخازن گازی کربناته در خلیج فارس می باشد با استفاده از نگارهای DT، NPHI، RHOB و PEF مربوط به چاه های میدان، تعداد چهار رخساره الکتریکی در میدان مورد نظر شناسایی شده است.

واژه های کلیدی: رخساره الکتریکی، خوشه سازی، پارامترهای مخزنی، گروه های سنگی، تطابق سازندی

Reservoir electro-facies clustering using MRGC algorithm

Bagheri, M^{*1}, Rezaei, H²

^{1,2} Institute of Geophysics, University of Tehran, PO Box 14115-6466, Tehran, Iran

Email: majidbagheri@ut.ac.ir, h.rezaei72@yahoo.com

Abstract

Nowadays, the determination of electro facies in reservoir formations is one of the common studies in describing reservoir properties. The abundant use of these facies and their ability to determine specific reservoir parameters according to the type of input data, has made this method one of the most powerful tools in reservoir studies. The application of these facies are in some cases such as the separation of reservoir segments from non-reservoirs, alternative rock groups used in reservoir models and formation matching at field level. Multi Resolution Graph-based Clustering (MRGC) has the most effective results in identifying electrical facies in carbonate reservoirs. In this method, other disadvantages of clustering methods such as previous knowledge about the number of clusters and early parameters have been eliminated. In this research, which is related to one of the carbonate gas reservoirs in the Persian Gulf, four electric facies have been identified by using DT, NPHI, RHOB and PEF well logs of the field.

Keywords: Electro facies, Clustering, Reservoir parameters, Rock groups, Formation matching

۱ مقدمه

خوشه بندی داده ها پایه و اساس الگوریتم های مدل سازی و دسته بندی محسوب میشود. هدف از این فرایند تعریف گروه های طبیعی و اساسی کوچک از یک گروه بزرگ داده ها محسوب میشود. تعیین رخساره ها یا لکتريکی در سازندهای مخزنی از مطالعات رایج در زمینه توصیف خصوصیات مخازن هیدروکربنی به حساب می آید. کاربرد فراوانی رخساره ها و قابلیت آنها برای تعیین پارامترهای مخزنی خاص، با توجه به نوع داده های ورودی این روش را به یکی از توانمندترین ابزارها در مطالعات مخزنی تبدیل کرده است [۳]. از رخساره ها در مواردی مانند تفکیک بخشهای مخزنی از غیرمخزنی، جایگزین گروه های سنگی در مدل های مخزنی و تطابق سازندگی در سطح میدان استفاده میگردد [۵]. اهمیت این داده ها به گونه ایست که از آن ها به عنوان مغزه مجازی نامبرده میشود [۴]. تعیین این رخساره ها ممکن است به صورت استخراج لیتولوژی از برخی نمودارها یا بر اساس شکل نمودارها (مانند استفاده از شکل نمودار گاما در تشخیص سنگ شناسی) صورت گیرد، اما متداول ترین روش، استفاده ترکیبی از مشخصه های فیزیکی اندازه گیری شده در روی نمودارهای مختلف است [۶]. الگوی دسته بندی رخساره ها بر اساس نمودارهای چاه پیمایی در تمام روشهای دسته بندی بر این اساس تکه داده های موجود در یک گروه بیشترین شباهت را با هم و کمترین شباهت را با داده های گروه های دیگر داشته باشند. در نتیجه این شباهت های درون گروهی و تفاوت های بین گروهی، سبب دسته بندی محدوده های قرائت نمودارهای مورد استفاده خواهد شد و این محدوده های دسته بندی شده در توالی مورد ارزیابی، موجب تفکیک رخساره های زمین شناسی و مخزنی میشوند.

۲ روش تحقیق

روشهای مختلفی برای دسته بندی داده ها ارائه شده است که آنها را میتوان به دو گروه کلی مبتنی بر ناظر و بدون ناظر تقسیم بندی کرد [۱]. از گروه اول می توان به شبکه های عصبی پس انتشار خطا و منطق فازی و از گروه دوم نیز به شبکه های عصبی خودسامانده، طبقه بندی سلسله مراتبی صعودی، خوشه سازی پویا و خوشه سازی گراف پایه با توان تفکیک چندگانه را نامبرد. در بین این روش ها خوشه سازی گراف پایه با توان تفکیک چندگانه مؤثرترین نتایج را در شناسایی رخساره های الکتریکی در مخازن کربناته نتیجه میدهد. در این روش، معایب دیگر روش های خوشه بندی مانند آگاهی قبلی در مورد تعداد خوشه ها و پارامترهای اولیه حذف شده است. روش خوشه سازی گراف پایه با توان تفکیک چندگانه برای آنالیز ساختارهای پیچیده و دسته بندی گروه های داده ها در اشکال، اندازه و چگالی های متفاوت بسیار مناسب است. روش خوشه بندی چند تفکیکی برپایه (MRGC) با معرفی دو پارامتر NI (شاخص همسایگی) و KRI (شاخص معرف هسته) نتایج بهتری نسبت به روش های دیگر ارائه می دهد [۷]. شاخص همسایگی پارامتریستکه بر اساس هر نمونه وزن دار X نسبت به همه نمونه های Y تعریف می شود. دو نقطه نزدیک به هم در صورتی که شاخص همسایگی بالایی داشته باشند به راحتی از هم قابل تفکیک اند. به این ترتیب خوشه ها (رخساره های الکتریکی) تشکیل می گردد.

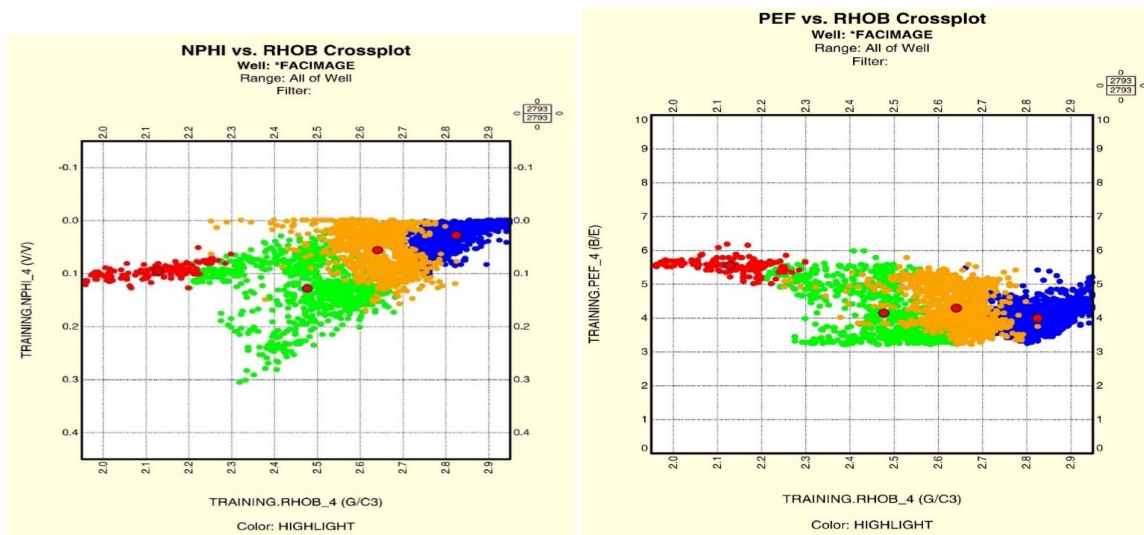
۳ تخمین رخساره های الکتریکی

با توجه به مزایای روش خوشه بندی MRGC نسبت به سایر روشهای خوشه سازی، در مطالعه حاضر از این روش برای تعیین رخساره های الکتریکی استفاده شده است. با استفاده از ماژول فاسیمیچ موجود در نرم افزار ژئولاگ می توان رخساره های الکتریکی مخزن مورد مطالعه را با وارد کردن نگاره های ورودی بدست آورد. نگاره های ورودی در هر چهار چاه با نام های SP-A، SP-B، SP-C و SP-D شامل نگاره های DT، NPFI، RHOB و PEF می باشند. جدول ۱ تعداد رخساره های (خوشه ها) را که به روش MRGC دسته بندی شده اند همراه با مشخصات مربوط به هر کدام از آن ها نشان می دهد. تفاوت بین هر دسته یا رخساره با توجه به خصوصیات هر کدام از رخساره ها به خوبی قابل مشاهده است. این تفاوت علاوه بر رنگ بندی متفاوت برای هر رخساره، در نمودار فراوانی هر نگاردر هر کدام از رخساره ها و میانگین قرائت آنها در هر رخساره مشخص شده است. در نتیجه در توالی مورد مطالعه تعداد ۴ رخساره شناسایی شده است.

جدول ۱. رخساره های دسته بندی شده در توالی مورد مطالعه.

| NAME | COL | PAT | WEIGHT | NPHI | DT | RHOB | PEF |
|----------|--------|--------|--------|------|----|------|-----|
| FACIES_1 | Blue | Blue | 1033 | | | | |
| FACIES_2 | Orange | Orange | 875 | | | | |
| FACIES_3 | Green | Green | 742 | | | | |
| FACIES_4 | Red | Red | 143 | | | | |

بعد از مرتب کردن نگارهای مد نظر و استفاده از روش MRGC رخساره های الکتریکی در محل چهار چاه مورد نظر حاصل خواهد شد. جهت نام گذاری رخساره ها از عدد ۱ برای رخساره آبی رنگ، عدد ۲ برای رخساره نارنجی رنگ، عدد ۳ برای رخساره سبز رنگ و از عدد ۴ برای رخساره قرمز رنگ استفاده خواهد شد. شکل ۱ به ترتیب نمودار تقاطعی NPHI برحسب RHOB و PEF برحسب RHOB را نشان می دهد. همانطور که از شکل ۱ مشخص است نمونه های مختلف مربوط به رخساره های مختلف با رنگ های مختلف در قسمت های متفاوتی از نمودار تقاطعی قرار گرفته است. تفسیر رخساره های مختلف با استفاده از اطلاعات مغزه و ستون زمین شناسی در محل چاه نوع هر کدام از رخساره ها را می تواند مشخص کند.

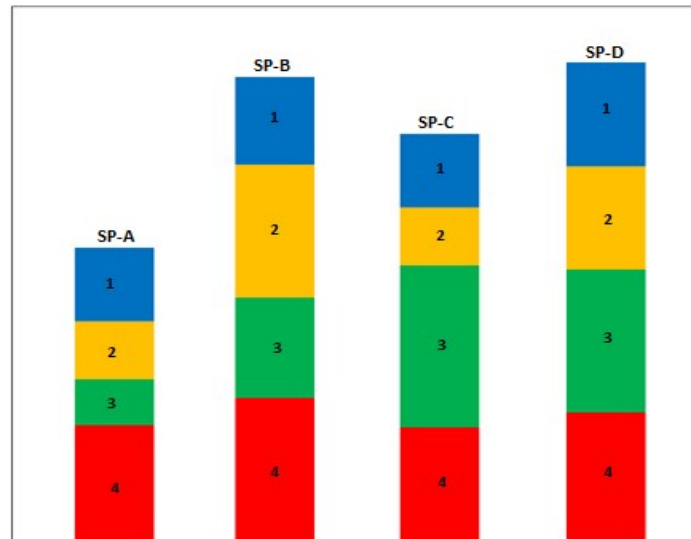


شکل ۱. نمودار تقاطعی NPHI برحسب RHOB و PEF برحسب RHOB. رنگ های مختلف رخساره های الکتریکی مختلف حاصل شده از خوشه بندی نگارها با استفاده از روش MRGC را نشان می دهد.

جدول ۲. درصد هر رخساره در هر کدام از چاه ها.

| نام چاه | رخساره شماره ۱ (درصد) | رخساره شماره ۲ (درصد) | رخساره شماره ۳ (درصد) | رخساره شماره ۴ (درصد) |
|---------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| SP-A | ۲۲.۵۴ | ۲۱.۵ | ۱۶.۹ | ۳۹.۰۴ |
| SP-B | ۱۷.۸۷ | ۲۷.۶۳ | ۲۳.۳۵ | ۳۱.۱۴ |
| SP-C | ۱۷.۳۷ | ۱۵.۶ | ۳۹.۶۶ | ۲۷.۳۷ |
| SP-D | ۲۰.۸۸ | ۲۰.۱۴ | ۳۲ | ۲۷ |

جدول ۲ میزان هر رخساره برحسب درصد در چاه های مختلف را نشان می دهد. همچنین شکل ۲ مقایسه درصدی و نسبی رخساره های بدست آمده توسط روش MRGC در هر کدام از چهار چاه موجود را نشان می دهد.



شکل ۲. مقایسه توزیع نسبی رخساره های بدست آمده از روش MRGC در چاه های SP-A، SP-B، SP-C و SP-D.

۴ نتیجه گیری

یکی از مهمترین اطلاعاتی که از مخازن زیرسطحی در اختیار قرار میگیرد، اطلاعات نمودارهای چاهپیمایی است. با استفاده از تلفیق اندازهگیری های این نمودارها، میتوان اطلاعات باارزشی از مخزن بهدست آورد. از طرفی اهمیت روش های خوشه سازی در مواردی مانند تفکیک بخشهای مخزن یا غیرمخزنی، جایگزین گروههای سنگدردمدلهای مخزنی و تطابق سازندیدر سطح میدان، امری انکارناپذیر است. روش خوشه سازی گراف پایه با توان تفکیک چند گانه به جهت ویژگی های منحصر به فرد آن مانند عدم نیاز به آگاهی از تعداد خوشه ها و پارامترهای اولیه جهت خوشه بندی، یکی از روش های رایج در خوشه سازی نگارهای چاه پیمایی به حساب می آید. در مطالعه حاضر اطلاعات بهدست آمده از نمودارهای RHOB، NPHI، DT و PEF از چهار چاه در یکی از میداین گازی خلیج فارس به صورت ورودی روش خوشه بندی گراف پایه با توان تفکیک چندگانه مورد استفاده قرار گرفته که چهار رخساره الکتریکی در این میدان شناسایی شده است. در ادامه پس از مرتب سازی رخساره ها در محل هر چاه، درصد هر رخساره در محل هر کدام از چاه ها محاسبه شده است. از این رخساره ها می توان به عنوان ورودی مدل های آماری جهت تخمین پارامترهای پتروفیزیکی مانند تخلخل و تراوایی بهره گرفت.

منابع

- رحیمی بهار، ع. الف. و پرهام، س.، ۱۳۹۱ تجزیه و تحلیل رخساره های الکتریکی بر اساس رخساره های رسوبی، نشریه علمی پژوهشی رخساره های رسوبی، دانشگاه فردوسی مشهد ش. ۵ (۱)، ص ۶۱-۷۴.
- Archie, G.E., 1942. The electrical resistivity log as a means of determining some reservoir characteristics. Trans. AIME 146, 54-62.
- Mamgain G., Bahuguna V.K. and Lal Ch., Reservoir Group, "Improved permeability estimates in carbonate reservoirs using electrofacies characterization: a Case study of Mumbai high south pushpasharma", KDMIPE, Dehradun, India, GEOIndia, 2011.
- Rabiller, P., 2005, Facies prediction and data modeling for reservoir characterization, 1th Ed., RabillerGeoconsulting.
- Rosenbaum, J.H., 1974. Synthetic microseismograms, logging in porous formation. Geophysics 39, 14-32.
- Tavakoli, V., Amini, A., 2006, Application of multivariate cluster analysis in log facies determination and reservoir zonation, case study of Marun Field, South of Iran. JUST Vol. 32(2), 173-180.
- Ye, S. J., and Rabiller, P., 2000, A new tool for electrofacies analysis: Multi-Resolution Graph Based Clustering: SPWLA 41st Annual Logging Symposium, Dallas, Texas, USA, Jun 4-7.