Archive of SID

نشریه مهندسی منابع معدنی
Journal of Mineral Resources Engineering
(JMRE)

دوره دوم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، صفحه ۶۹ تا ۷۷
Vol. 2, No. 2, Summer 2017, pp. 69-77

کاربرد مطالعات ژئوشیمیایی و آماری پیشرفته در تعیین خانواده‌های نفتی خلیج فارس

احمد رضا ربانی[1*]، علیرضا بنی اسد[2]

۱- استاد، دانشکده مهندسی نفت دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۲- دانشجوی دوره دکترای مهندسی اکتشاف نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(دریافت ۱۳۹۵/۰۲/۱۰، پذیرش ۲۳ /۱۳۹۶/۰۶)

چکیده

آنالیزهای خوشه‌ای سلسله مراتبی و مولفه‌های اساسی از جمله روش‌های آماری هستند که اغلب برای بررسی گروهی از متغیرها توسط متخصصان ژئوشیمی استفاده می‌شوند. در راستای تعیین خانواده‌های نفتی در پهنه ایرانی خلیج فارس تعداد ۳۳ نمونه نفتی از میادین متفاوت برداشت شد و مورد آنالیزهای پیشرفته کروماتوگرافی گازی، کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنجی جرمی و طیف‌سنجی جرمی ایزوتوپ پایدار کربن قرار گرفت. از میان پارامترهای حاصله تعداد ۱۶ پارامتر به عنوان داده‌های ورودی در تحلیل‌های خوشه‌ای سلسله مراتبی و مولفه‌های اساسی انتخاب شد. نتایج به دست آمده بیانگر وجود حداقل چهار خانواده نفتی متفاوت در پهنه ایرانی خلیج فارس است. این خانواده‌ها به صورت مناسبی از لحاظ مکانی و زمانی از یکدیگر تفکیک شده‌اند. خانواده‌های نفتی شماره یک و دو به ترتیب در غرب و شرق خلیج فارس سن ژوراسیک تا کرتاسه پایینی و خانواده‌های نفتی شماره سه و چهار در غرب و شرق خلیج فارس سن کرتاسه بالایی تا ترشیری را دارند.

کلمات کلیدی

خلیج فارس، خانواده‌های نفتی، ژئوشیمی نفت، تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی، تحلیل مولفه‌های اساسی.

[*] نویسنده مسئول و عهده دار مکاتبات **Email: rabbani@aut.ac.ir**

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

مطالعات تطابقی ژئوشیمیایی شامل تعداد زیادی از نمونه‌ها، آنالیزهای متفاوت و تنوع وسیعی از مقادیر و نسبت‌های محاسبه شده، به دلیل پیچیدگی‌های ساختاری و ذاتی بیش از حد داده‌ها، می‌تواند بسیار زمان بر شده و حتی منجر به برداشت‌هایی دور از واقعیت شود. از این‌رو روش‌های آماری به عنوان راه حلی در راستای سرعت بخشیدن به مطالعات و کاهش خطاهای احتمالی ناشی از دیدگاه‌های متفاوت مورد استفاده قرار گرفت [۳-۱]. آنالیزهای خوشه‌ای سلسله مراتبی[۱] (HCA) و مولفه‌های اساسی[۲] (PCA) از جمله روش‌های آماری هستند که غالبا برای بررسی گروهی متغیرها توسط متخصصان ژئوشیمی استفاده می‌شوند [۵،۴]. مهم‌ترین کاربردهای روش‌های یاد شده را می‌توان در تجزیه و تحلیل نمونه‌ها با متغیرهای فراوان، تعیین ارتباط بین آن‌ها و شناخت ساختارهای پیچیده، شاخص‌سازی و کاهش ابعاد داده‌ها دانست. این روش‌ها به ویژه در شرایطی که ابعاد داده‌ها زیاد و ترکیب ساختاری آن‌ها پیچیده باشد، کاربرد دارند. در این تحقیق به بررسی و چگونگی کاربرد این روش‌ها در مطالعه ژئوشیمیایی و تعیین خانواده‌های نفتی در قسمت ایرانی خلیج فارس با استفاده از ۳۳ نمونه نفتی برداشت شده از میادین این منطقه پرداخته می‌شود (شکل ۱).

در راستای تعیین خانواده‌های نفتی حوضه نفتی خلیج فارس، سی و سه نمونه نفتی از مخازن میادین موجود در بخش ایرانی خلیج فارس نمونه‌برداری شده، در آزمایشگاه تحقیقات ژئوشیمیایی دانشگاه صنعتی امیرکبیر و دانشگاه فنی کراکف لهستان مورد آنالیزهای ژئوشیمیایی و تکمیلی شامل کروماتوگرافی گازی و کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنجی جرمی و همچنین آنالیزهای ایزوتوپی برش‌های اشباع، آروماتیک، رزین و آسفالتن به همراه کل نفت قرار گرفت که شرح روش آزمایش در مرجع شماره [۶] آمده است. نتایج حاصل از این مطالعات به عنوان پارامترهای ورودی مطالعات آماری استفاده شد.

۲- تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی

خوشه‌بندی (تحلیل خوشه‌ای) برای حل مسایلی با n نمونه و P متغیر مطرح می‌شود و یک گروه ناهمگن را به چندین زیر گروه همگن تقسیم می‌کند که شامل حداکثرسازی تفاوت بین گروه‌ها و حداقل‌سازی تفاوت درون آن‌ها است [۷]. تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی یکی از پرکاربردترین روش‌های تحلیل خوشه‌ای است. در این روش خوشه‌های نهایی به صورت درختی نشان داده می‌شود که به این درخت سلسله مراتبی، دندروگرام[۳] می‌گویند. معیار خوشه‌بندی در این روش فاصله است که روش اقلیدسی تعیین فاصله $(d_{st}^2=(x_s-x_t)(x_s-x_t)')$ رایج‌ترین روش محاسبه آن است.

این روش حالت خاصی از تانسور مینکوسکی[۴] است که در آن مقدار p برابر با ۲ در نظر گرفته شده است. نمونه‌هایی که از لحاظ فاصله به هم نزدیک‌ترند در یک خوشه ادغام شده و مواردی که نسبت به یکدیگر فاصله بیشتری دارند، در خوشه‌ای متفاوت قرار می‌گیرند. ادغام نمونه‌های با کمترین فاصله با روش‌های مختلفی انجام می‌گیرد که روش افزایشی[۵] [۸] در این تحقیق استفاده شده است $d(r,s)=\sqrt{\frac{2n_rn_s}{(n_r+n_s)}}\,\|\bar{x}_r-\bar{x}_s\|_2$.

۳- تحلیل مولفه‌های اساسی *(PCA)*

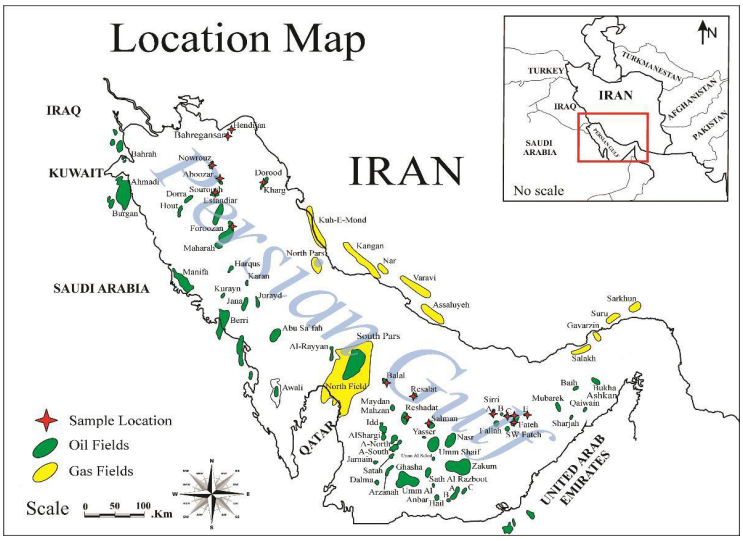
اگر در هر مجموعه داده n متغیر وجود داشته باشد و هر متغیر دارای p بعد باشد. از آنجا که درک و تجسم فضای چندبعدی دشوار است می‌توان از تحلیل مولفه‌های اساسی برای کاهش ابعاد نمونه‌ها و درک بهتر از ترکیب و دسته‌بندی نمونه‌ها استفاده کرد. این تحلیل یکی از با ارزش‌ترین نتایج کاربرد جبر خطی است که برای اولین بار در سال ۱۹۰۱ توسط کارل پیرسون[۶] ارایه شد. تحلیل مولفه های اساسی با استفاده از بردارهای ویژه و مقادیر ویژه ماتریس کوواریانس یا ماتریس همبستگی متغیرهای اصلی، حداکثر تغییرپذیری را شناسایی می‌کند و با تعریف متغیرهای جدید که ترکیبی خطی از متغیرهای اولیه‌اند، تعداد ابعاد نمونه‌ها را کاهش می‌دهد. متغیرهای جدید مولفه‌های اساسی نامیده می‌شوند. به طور کلی می‌توان کاربرد اصلی این روش را کاهش تعداد ابعاد و یافتن ساختار ارتباطی بین متغیرها که درحقیقت همان دسته‌بندی متغیرها است، بیان کرد [۹].

۴- تحلیل و بررسی

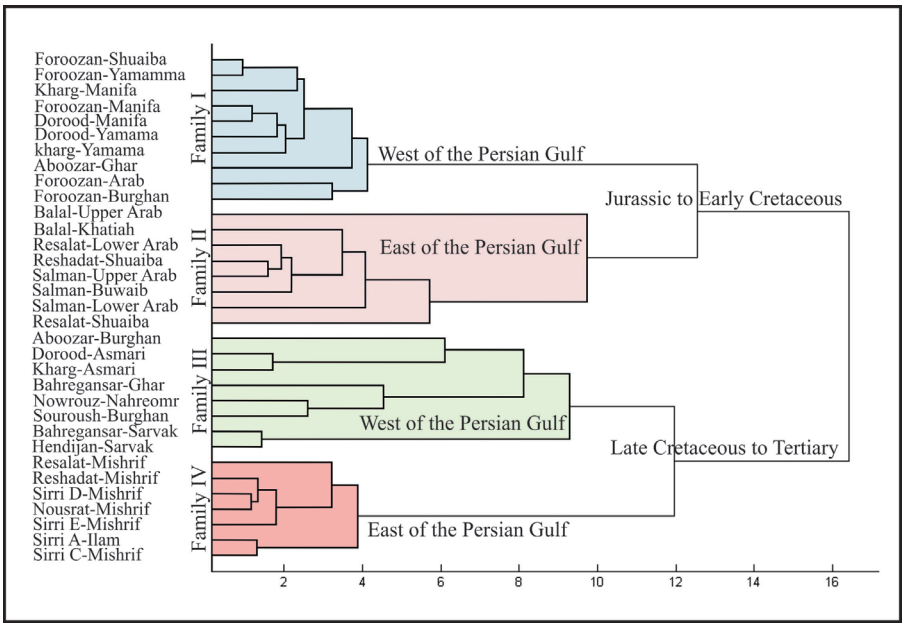
برای گروه‌بندی و مطالعه خانواده‌های نفتی مختلف، مطالعات آماری پیشرفته تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی و تحلیل مولفه‌های اساسی انجام گرفت، بدین منظور تعداد ۱۶ پارامتر وابسته به منشا انتخاب شد. این پارامترها شامل نسبت ترپان‌های سه حلقه ای C_{19}/C_{23}، C_{22}/C_{21}، C_{24}/C_{23} و C_{26}/C_{25}، ترپان چهار حلقه‌ای C_{24} به سه حلقه‌ای C_{23}، بیس نور هوپان C_{28} به هوپان C_{30}،

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: نقشه میادین نفتی نمونه‌برداری شده خلیج فارس برای مطالعه ژئوشیمیایی



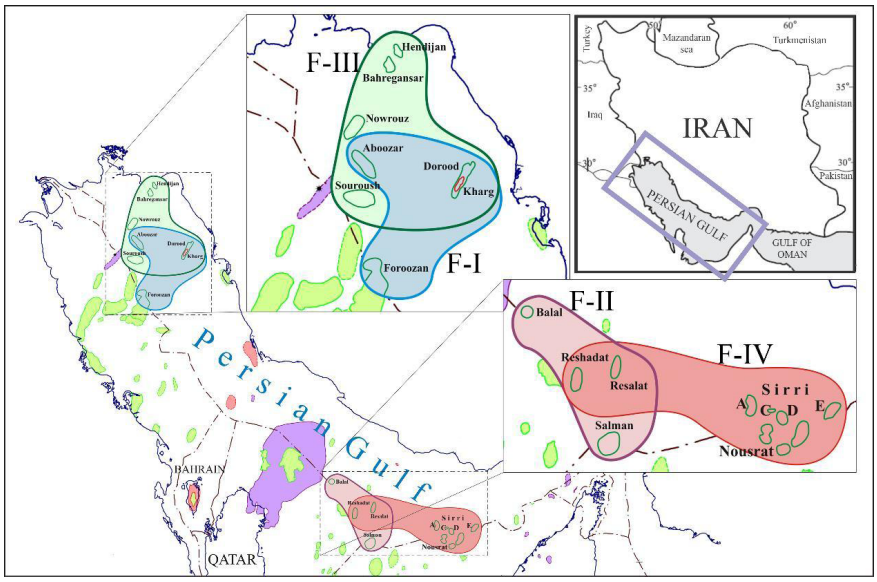
شکل ۲: نمودار شاخه درختی حاصل از HCA که بیانگر وجود حداقل چهار خانواده نفتی مختلف در حوضه نفتی خلیج فارس است [۱۱]

نور هوپان C_{29} به هوپان C_{30}، دیاهوپان به هوپان، گاماسران به هومو هوپان C_{31}، هوموهوپان C_{35} به هوموهوپان C_{34} و نسبت استران‌های ۲۷، ۲۸ و ۲۹ کربنه به همراه نسبت استران‌ها به ترپان‌ها و همچنین دو نسبت ایزوتوپ پایدار کربن برش‌های اشباع و آروماتیک است [۱۰،۵]. با توجه به مقیاس متفاوت پارامترها، در مرحله نخست تمامی پارامترهای انتخابی مورد پیش پردازش قرار گرفت و به یک مقیاس واحد تبدیل و سپس داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار مطلب[۷] تحلیل شد.

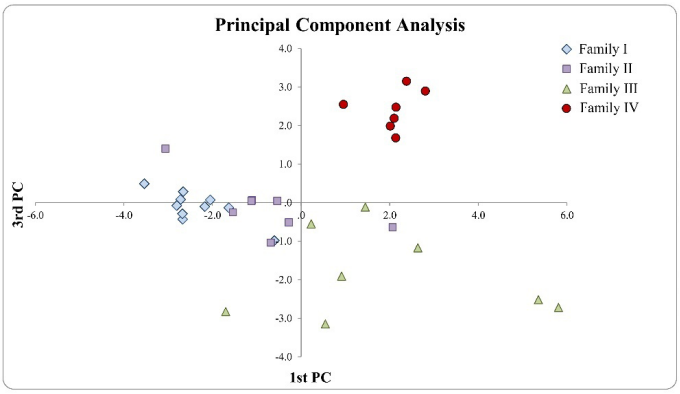
دندروگرام حاصل از آنالیز خوشه‌ای سلسله مراتبی در شکل ۲ ارایه شده است. در نمودار شاخه درختی حاصل، نمونه‌های نفتی که در یک خانواده قرار می‌گیرند از لحاظ شیمیایی شباهت‌هایی دارند، بنابراین از لحاظ ژنتیکی به هم مرتبط بوده و این بدین معنی است که این نفت‌ها از یک سنگ منشا واحد یا سنگ‌های منشا مختلف با مواد آلی یکسان نشات

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳: خانواده‌های نفتی مختلف و پراکندگی احتمالی آن‌ها در بخش ایرانی حوضه نفتی خلیج فارس [۶]



شکل ۴: گراف حاصل از تحلیل مولفه‌های اصلی در دو بعد که همخوانی مناسبی را با نمودار شاخه درختی نشان می‌دهد. وجود حداقل چهار خانواده نفتی اصلی نیز در این میان مشاهده می‌شود [۱۱]

گرفته‌اند.

با توجه به شکل شماره ۲ وجود حداقل چهار خانواده نفتی اصلی در منطقه محرز شده است که این خانواده‌ها به لحاظ زمانی و مکانی کاملا از یکدیگر مجزا هستند. خانواده‌های نفتی شماره یک و دو در غرب و شرق خلیج فارس شامل مخازن داریان، فهلیان، سورمه، بورگان، گدوان و غار میادین فروزان، خارگ، درود و ابوذر (در غرب خلیج فارس) و میادین بلال، رسالت، رشادت و سلمان (در شرق خلیج فارس) دارای سن ژوراسیک تا اوایل کرتاسه (کرتاسه پایینی) هستند. اگرچه مخزن غار میدان ابوذر دارای سن ترشیری است.

خانواده‌های نفتی شماره سه و چهار در غرب و شرق خلیج فارس شامل مخازن بورگان، آسماری، سروک و ایلام میادین ابوذر، خارگ، بهرگانسر، درود، نوروز، سروش و هندیجان (در غرب خلیج فارس) و میادین رسالت، رشادت و سیری A، C، D و E به همراه نصرت در شرق خلیج فارس دارای سن کرتاسه بالایی- ترشیری‌اند. پراکندگی احتمالی هر یک از این خانواده‌های نفتی در شکل شماره ۳ نشان داده شده است.

مولفه‌های اساسی (PC) در ابعاد گوناگون دو و سه بعدی با بهره‌گیری از پارامترهای یاد شده در بالا مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاصل در جدول شماره ۱ و شکل‌های شماره

www.SID.ir

Archive of SID

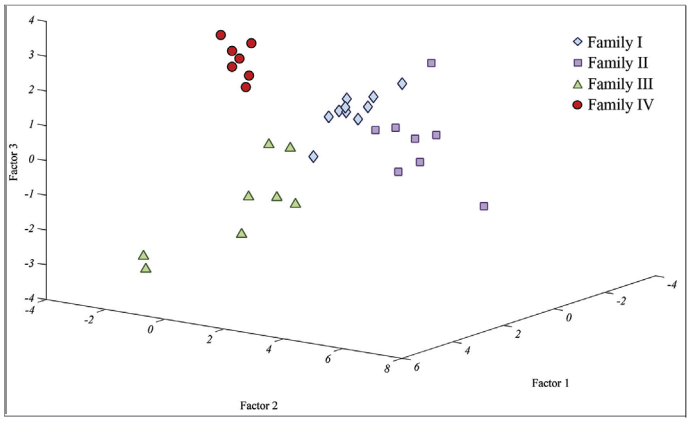
جدول ۱: اسامی میادین و مخازنی که نفت آن‌ها مورد مطالعه ژئوشیمیایی قرار گرفته به همراه اطلاعات حاصل از تحلیل مولفه‌های اساسی

خانواده نفتی	منطقه	میدان	مخزن	عمق (متر)	مولفه‌های اساسی		
					PC1	PC2	PC3
خانواده یک	خارگ	فروزان	داریان	-۲۰۸۳	-۲٫۷	-۱٫۳	۰٫۱
	خارگ	فروزان	فهلیان	-۲۷۷۰	-۲٫۲	-۰٫۹	-۰٫۱
	خارگ	خارگ	سورمه	-۳۵۳۸	-۱٫۶	-۱	-۰٫۱
	خارگ	فروزان	سورمه	-۲۷۱۰	-۲٫۸	-۰٫۷	-۰٫۱
	خارگ	درود	سورمه	-۳۵۴۰	-۲٫۷	-۰٫۹	-۰٫۴
	خارگ	درود	فهلیان	-۳۵۴۳	-۲٫۷	-۱٫۵	-۰٫۳
	خارگ	خارگ	فهلیان	-۳۴۷۱	-۲٫۱	-۰٫۸	۰٫۱
	خارگ	ابوذر	غار	-۸۱۸	-۰٫۶	-۰٫۶	-۱
	خارگ	فروزان	سورمه	-۲۷۹۸	-۳٫۵	-۰٫۲	۰٫۵
	خارگ	فروزان	بورگان	-۲۰۸۰	-۲٫۷	-۰٫۴	۰٫۳
خانواده دو	لاوان	بلال	سورمه	-۱۶۸۵	۲٫۱	۷٫۴	-۰٫۶
	لاوان	بلال	سروک	-۱۰۱۴	-۱٫۵	۰٫۷	-۰٫۳
	لاوان	رسالت	سورمه	-۲۲۶۴	-۱٫۱	۱٫۷	۰٫۱
	لاوان	رشادت	داریان	-۱۴۸۱	-۱٫۱	۳٫۱	۰
	لاوان	سلمان	سورمه	-۲۲۷۲	-۰٫۵	۲٫۹	۰
	لاوان	سلمان	گدوان	-۱۷۸۲	-۰٫۳	۳٫۲	-۰٫۵
	لاوان	سلمان	سورمه	-۲۳۶۵	-۰٫۷	۲٫۲	-۱
	لاوان	رسالت	داریان	-۱۶۲۹	-۳٫۱	۱٫۲	۱٫۴
خانواده سه	خارگ	ابوذر	بورگان	-۲۵۷۰	۲٫۶	۰٫۹	-۱٫۲
	خارگ	درود	آسماری	-۱۷۶۸	۱٫۴	-۰٫۴	-۰٫۱
	خارگ	خارگ	سماری	-۱۷۹۰	۰٫۲	-۰٫۷	-۰٫۶
	بهرگان	بهرگانسر	غار	-۲۰۱۷	۰٫۹	-۱٫۵	-۱٫۹
	بهرگان	نوروز	کژدمی	-۲۰۶۸	-۱٫۷	-۲٫۲	-۲٫۸
	بهرگان	سروش	بورگان	-۲۰۵۹	۰٫۵	-۲٫۱	-۳٫۱
	بهرگان	بهرگانسر	سروک	-۲۶۹۴	۵٫۴	-۱٫۳	-۲٫۵
	بهرگان	هندیجان	سروک	-۲۹۱۹	۵٫۸	-۰٫۸	-۲٫۷
خانواده چهار	لاوان	رسالت	سروک	-۱۸۵۷	۱	-۱٫۴	۲٫۵
	لاوان	رشادت	سروک	-۱۲۱۸	۲٫۱	-۰٫۶	۱٫۷
	سیری	سیری (دنا)	سروک	-۳۰۱۱	۲٫۱	-۰٫۸	۲٫۵
	سیری	نصرت	سروک	-۲۵۵۲	۲	-۰٫۶	۲
	سیری	سیری (ایلام)	سروک	-۲۷۶۵	۲٫۱	-۱٫۱	۲٫۲
	سیری	سیری (الوند)	ایلام	-۲۰۱۱	۲٫۸	-۰٫۵	۲٫۹
	سیری	سیری (سیوند)	سروک	-۲۳۷۰	۲٫۴	-۱٫۲	۳٫۱

۴ و ۵ مشاهده می‌شود. همانطور که در شکل شماره ۴ دیده می‌شود، نتایج حاصل از آنالیزهای PCA در دو بعد نیز وجود حداقل چهار خانواده نفتی اصلی را به شکل مناسبی تایید می‌کند. دیاگرام سه بعدی مولفه‌های اصلی نیز به منظور تشخیص بهتر و بیشتر خانواده‌های نفتی و زیر گروه‌های احتمالی ترسیم و مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۵). همانطور که در این شکل نیز دیده می‌شود، چهار خانواده اصلی به نحوی مناسب از یکدیگر تفکیک شده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵: گراف حاصل از تحلیل مولفه‌های اصلی در سه بعد که همخوانی مناسبی را با نمودار شاخه درختی نمایش می‌دهد، در این شکل وجود حداقل چهار خانواده نفتی مختلف در خلیج فارس مشاهده می‌شود. علاوه بر این می‌توان نتیجه گرفت که خانواده نفتی شماره سه به وضوح دارای زیر گروه‌های مشخص‌اند[۶]

همانطور که در شکل‌های ۴ و ۵ مشاهده می‌شود، نمونه‌های خانواده نفتی سه بر خلاف دیگر خانواده‌ها پراکندگی زیادی از خود نشان می‌دهند. وجود چنین اختلافاتی در مطالعه‌ای تا این اندازه وسیع در حوضه نفتی مانند خلیج فارس دور از ذهن نمی‌باشد که از دلایل احتمالی این امر می‌توان به وجود سنگ‌های منشا فعال متفاوت (عمدتا به سن مزوزوئیک تا ترشیری) در منطقه، پالس‌های متفاوت تولید، مهاجرت و انباشتگی از یک سنگ منشا یا افق‌های مختلف سنگ منشا به همراه احتمال اختلاط نفت‌ها و تغذیه چند باره مخازن به وسیله نفت‌های تولید شده، مسیرهای متفاوت مهاجرت و نظایر آن اشاره کرد، هر چند دلایل قطعی برای تایید این امر در دسترس نبوده و احتیاج به آزمایش‌های دقیق‌تری دارد.

خلاصه‌ای از نتایج حاصل از آنالیزهای کروماتوگرافی گازی و کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنجی جرمی بر روی برش اشباع نمونه‌های نفتی به همراه مشخصات فیزیکی و شیمیایی هر یک از خانواده‌های نفتی تعیین شده در پهنه ایرانی خلیج فارس در شکل ۶ ارایه شده است. هر یک از این خانواده‌ها از منظر ژئوشیمیایی خصوصیات زیر را دارند.

۴-۱- خانواده نفتی یک

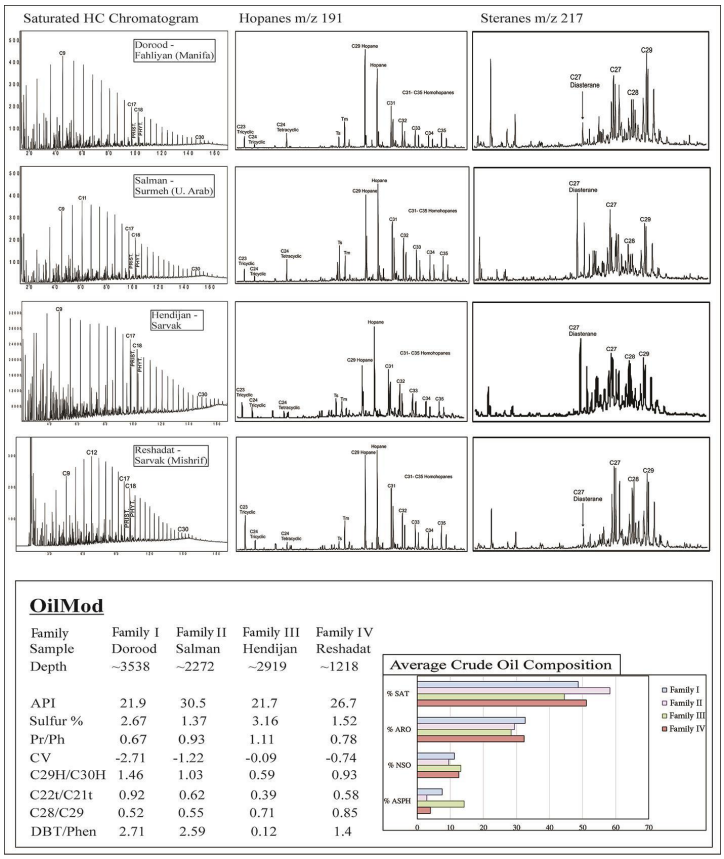
این خانواده شامل مخازن سورمه/ عرب بالایی، فهلیان/ یاماما، منیفا، داریان/ شعیبا و آسماری/ غار به سن ژوراسیک بالایی تا کرتاسه میانی میادین درود، خارگ، ابوذر و فروزان، واقع در شمال غرب خلیج فارس است. این خانواده نفتی به وسیله نسبت‌های پایین ایزوپرونوییدهای خطی پریستان به فیتان (Pr/Ph=0.64-0.94) و مقادیر بالای سولفور (۱٫۵ تا ۳٫۳ درصد وزنی) مشخص می‌شود. این نمونه‌های دارای مقادیر بالای نسبت‌های نور هوپان به هوپان (۱٫۱۴ تا ۱٫۵۳) و ترپان‌های سه حلقه‌ای C_{22} به C_{21} (۰٫۶۹ تا ۱٫۱) است. مقادیر بالای نسبت‌های تری‌ترپان‌ها به همراه محتوای بالای سولفور این نمونه‌ها بیانگر تولید احتمالی آن‌ها از سنگ منشاهای کربناته است [۱۲،۵]. همچنین مقادیر پایین نسبت استران‌های C_{28} به C_{29} به عنوان شاخصی برای تعیین سن احتمالی [۱۳] بیانگر تغذیه این مخازن بوسیله سنگ‌های منشا ژوراسیک بالایی یا قدیمی‌تر است. سازندهای حنیفا-تویق و گرو به عنوان سنگ منشاهای احتمالی برای این خانواده نفتی در نظر گرفته می‌شوند.

۴-۲- خانواده نفتی دو

این خانواده شامل نفت‌های نمونه‌برداری شده از مخازن سورمه/ عرب به سن ژوراسیک بالایی و شعیبا/ داریان، گدوان/ بوویب به سن کرتاسه پایینی در میادین سلمان، رسالت، رشادت و بلال واقع در قسمت جنوب شرق خلیج فارس است. این خانواده با داشتن کمترین میزان سولفور و بیشترین مقادیر API از دیگر خانواده‌ها مشخص می‌شود (شکل ۶). نسبت استران‌های C_{28} به C_{29} بیانگر تولید احتمالی این نفت‌ها از سنگ‌هایی به سن ژوراسیک و قدیمی‌تر است. سازند سورمه و معادل‌های چینه‌ای آن در منطقه همچون عضو دیاب به

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خانواده‌های نفتی احتمالی در پهنه ایرانی خلیج فارس به همراه طیف‌های حاصل از آنالیزهای کروماتوگرافی گازی و کروماتوگرافی گازی– طیف‌سنجی جرمی در هر یک از این خانواده‌ها

عنوان سنگ‌های منشا احتمالی برای این خانواده در نظر گرفته می‌شوند. در این خانواده، نمونه‌های نفتی رسالت (داریان/ شعیبا) و بلال (سورمه/ عرب) خصوصیات متفاوتی نسبت به دیگر نمونه‌ها از خود نشان می‌دهند که می‌تواند به ترتیب به دلیل بلوغ بالاتر نمونه مطالعه شده و مشارکت مواد آلی خشکی حاصل شده باشد. قرارگیری در همجواری بلندای قطر- کازرون و مشارکت احتمالی سیستم نفتی پالئوزوئیک [۱۴] در تغذیه میادین منطقه می‌تواند از دیگر دلایل احتمالی خصوصیات متفاوت مخزن سورمه (عرب بالایی) میدان نفتی بلال در نظر گرفته شود.

۴-۳- خانواده نفتی سه

نمونه‌های نفتی این خانواده از مخازن کرتاسه بالایی تا ترشیری (آسماری، سروک، بورگان و نهرعمر) میادین ابوذر، بهرگانسر، سروش، نوروز، درود و خارگ واقع در شمال غرب خلیج فارس نمونه برداری شده‌اند. نفت‌های این خانواده دارای مقادیر بالای سولفور (۱٫۵۴ تا ۳٫۷۶ درصد وزنی)، نسبت‌های بالای ایزوپرونوییدهای خطی پریستان به فیتان (Pr/Ph=0.52-1.41) و مقادیر API از ۱۲٫۲ تا ۳۳٫۵ است. این خانواده بیشترین محتوی آسفالتن نسبت به دیگر خانواده‌های مشخص شده را دارد. نسبت‌های پایین مقادیر دی بنزو تیوفن به فنانترن (DBT/Phen) در این خانواده (به غیر از مخزن آسماری میدان خارگ) بیانگر مشارکت مواد آلی خشکی در تغذیه مخازن این خانواده است [۱۵]. قرارگیری در مجاورت فروافتادگی دزفول و مشارکت سنگ‌های منشا این منطقه همچون سازند کژدمی بعلاوه مسیرهای مهاجرت طولانی هیدروکربورها از حوضه عربی (سنگ‌های منشا حنیفا- تویق) و حوضه مزوپوتامین (سنگ‌های منشا سرگلو و گرو) به سمت بلندای گاوبندی را می‌توان از دلایل احتمالی وجود پیچیدگی‌های ژئوشیمیایی در این خانواده برشمرد [۱۹-۱۶].

www.SID.ir

Archive of SID

۴-۴- خانواده نفتی چهار

این خانواده شامل نفت‌های مخازن سروک/ میشریف و ایلام میادین سیری A، C، D و E، نصرت، رسالت و رشادت به سن کرتاسه میانی است که در جنوب شرقی بخش ایرانی خلیج فارس واقع شده‌اند. این خانواده مقادیر متوسطی از سولفور (۱٫۲۵ تا ۲٫۱۷ درصد وزنی) دارد، نسبت ایزوپرونوئیدهای خطی پریستان و فیتان کمتر از یک بوده (۰٫۵۷ تا ۰٫۸۲) و مقادیر API از ۲۶٫۱ تا ۳۱٫۴ تغییر می‌کند. این نمونه‌های نفتی بطور کلی در مقایسه با دیگر خانواده‌ها کمترین میزان محتوی برش آسفالتن (۲٫۸ تا ۵٫۳ درصد) و مقادیر بالایی از برش اشباع (۴۵٫۸ تا ۶۰٫۶ درصد) دارد. مقادیر بالای نسبت‌های تری ترپان‌های پنج حلقه‌ای و سه حلقه‌ای در کنار مقادیر پایین CV [۲۰] و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اشاره شده (شکل ۶) بیانگر تولید احتمالی این نمونه‌ها از سنگ‌های منشا کربناته دریایی است. بر اساس نسبت استران های C_{28} و C_{29} این سنگ‌های منشا احتمالی باید دارای سنی در حدود کرتاسه و جوانتر باشند. بر این اساس می‌توان سازند سروک و و معادل‌های چینه‌ای آن در منطقه شامل عضوهای ختیا و احمدی به سن کرتاسه میانی تا بالایی را به عنوان سنگ‌های منشا محتمل برای این خانواده نفتی در نظر گرفت.

۵- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تحلیل‌های خوشه‌ای سلسله مراتبی و مولفه‌های اساسی بر روی ۳۳ نمونه و ابعاد ۱۶ پارامتر بیومارکری و ایزوتوپی وجود چهار خانواده نفتی را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که به لحاظ زمانی و مکانی کاملا از یکدیگر تفکیک شده‌اند. خانواده‌های نفتی شماره یک و دو به ترتیب در غرب و شرق خلیج فارس شامل مخازن داریان، فهلیان، سورمه، بورگان، گدوان و غار میادین فروزان، خارگ، درود و ابوذر (در غرب خلیج فارس) و میادین بلال، رسالت، رشادت و سلمان (در شرق خلیج فارس) دارای سن ژوراسیک تا کرتاسه پایینی‌اند. خانواده‌های نفتی شماره سه و چهار در غرب و شرق خلیج فارس شامل مخازن بورگان، آسماری، سروک و ایلام میادین ابوذر، خارگ، بهرگانسر، درود، نوروز، سروش و هندیجان (در غرب خلیج فارس) و میادین رسالت، رشادت و سیری A، C، D و E به همراه نصرت در شرق خلیج فارس دارای سن کرتاسه بالایی- ترشیری‌اند. خانواده نفتی شماره سه پراکندگی زیادی را در نمونه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که می‌تواند بیانگر وجود زیر گروه‌های متفاوت ناشی از سیستم‌های نفتی پیچیده در شمال غربی خلیج فارس باشد. قرارگیری در مجاورت فروافتادگی دزفول و وجود مسیرهای مهاجرت طولانی هیدروکربورها از حوضه عربی در جنوب و حوضه مزوپوتامین در غرب به سمت بلندای گاوبندی را می‌توان به عنوان دلایل احتمالی وجود پیچیدگی‌های ژئوشیمیایی در این خانواده در نظر گرفت.

۶- مراجع

[1] Sofer, Z., Zumberge, J. E., and Lay, V. (1986). "*Stable carbon isotopes and biomarkers as tools in understanding genetic relationship, maturation, biodegradation and migration of crude oils in the northern Peruvian Oriente (Maranon) basin*". Organic Geochemistry, 10: 377-389.

[2] Telnæs, N., and Dahl, B. (1986). "*Oil-oil correlation using multivariate techniques*". Organic Geochemistry, 10: pp. 425.

[3] Curiale, J. A. (1987). "*Distribution of transition metals in North Alaskan oils, in R.H. Filby and J.F. Branthaver, eds., Metal complexes in fossil fuels*". American Chemical Society Symposium Series, 344: 135-145.

[4] Waples, D. W., and Curiale, J. A. (1999). "*Oil-oil and oil-source rock correlations*". AAPG Treatise Petroleum Geology Handbook, 92: 1-71.

[5] Peters, K. E., Walters, C. C., and Moldowan, J. M. (2005). "*The Biomarker Guide. Biomarkers and Isotopes in Petroleum Exploration and Earth History*". University of Cambridge Press, Cambridge, 2: 475-1155.

[6] Rabbani, A.R., Kotarba, M.J., Baniasad, A.R., Hosseiny, E., Wieclaw, D., 2014. "*Geochemical Characteristics and Genetic Types of the Crude Oils from the Iranian Sector of the Persian Gulf*", Organic Geochemistry 70, 29-43.

[7] Punj, G.N., and Stewart, D. W. (1983). "*Cluster Analysis in marketing research: Review and suggestions for application*". Journal of marketing research, 20: 134-148.

[8] Ward, J. H. (1963). "*Hierarchical grouping to optimize an objective function*". Journal of the American Statistical Association 58: pp. 236.

[9] Davis, J. C. (2003). "*Statistics and Data Analysis in Geology*". John Wiley and Sons, 3: pp. 656.

[10] Peters, K. E., Coutrot, D., Nouvelle, X., Ramos, L. S., Rphrback, B. G., Magoon, L. B., and Zumberge, J. E. (2013). "*Chemometric differentiation of crude oil families in the San Joaquin Basin, California*". AAPG

www.SID.ir

Archive of SID

Bulletin, 97(1): 103–143.

[۱۱] ربانی، ا.ر.؛ ۱۳۹۲؛ **"زمین شناسی و ژئوشیمی نفت خلیج فارس"**، انتشارات دانشگاه تفرش، تفرش، دانشگاه تفرش، دوره اول، ص ۴۳۱–۳۹۹.

[12] Peters, K. E., Moldowan, J. M. (1993). "*The Biomarker Guide. Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments*". Wiley, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

[13] Grantham, P. J., Wakefield, L. L. (1988). "*Variations in the sterane carbon number distributions of marine source rock derived crude oils through geological time*". Organic Geochemistry, 12: 61-73.

[14] Bordenave, M. L. (2008). "*The Origin Of the Permo-Triassic Gas Accumulations in the Iranian Zagros Foldbelt and Contiguous Offshore Areas: A Review of the Palaeozoic Petroleum System*". Journal of Petroleum Geology, 31: 3-42.

[15] Hughes, W. B., Holba, A. G., and Dzou, L. I. P. (1995). "*The ratios of dibenzothiophene to phenanthrene and pristane to phytane as indicators of depositional environment and lithology of petroleum source rocks*". Geochimica et Cosmochimica Acta, 59: 3581-3598.

[16] Bordenave, M. L., and Hegre, J. A. (2010). "*Current distribution of oil and gas fields in the Zagros Fold Belt of Iran and contiguous offshore as the result of the petroleum systems*". in: Leturmy, P., Robin, C. (Eds.), Tectonic and Stratigraphic Evolution of Zagros and Makran during the Mesozoic–Cenozoic, Geological Society Special Publication 330, London.

[17] Ayres, M. G., Bilal, M., Jones, R. W., Slenz, L. W., Tartir, M., and Wilson, A. O. (1982). "*Hydrocarbon habitat in main producing areas, Saudi Arabia*". American Association of Petroleum Geologist Bulletin 66.

[18] Bishlawy, S. (1986). "*Habitat of Hydrocarbon*". In Abu Dhabi, UAE, Symposium on Hydrocarbon Potential of Intense Thrust Zones, Abu Dhabi, 63-124.

[19] Carrigan, W. J., Cole, G. A., Colling, E. L., and Jones, P. J. (1995). "*Geochemistry of the Upper Jurassic Tuwaiq Mountain and Hanifa Formation Petroleum Source Rocks of Eastern Saudi Arabia*". in: KATZ, B.J. (Ed.), Petroleum Source Rock Series, Springer, Berlin, 67-68.

[20] Sofer, Z. (1984). "*Stable carbon isotope composition of crude oils: Application to source depositional environments and petroleum alteration*". American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 68: 31-49.

---

۱ Hierarchical Cluster Analysis

۲ Principal Component Analysis

۳ Dendrogram

۴ Minkowski tensor

۵ Incremental

۶ Karl Pearson

۷ Matlab

www.SID.ir