فهرست

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- مفهوم پتروفیزیک ۲

۱-۳- چا ه پیمایی ۳

۱-۳-۱- خطوط کابلی ۴

۱-۳-۲- ویژگی های سنگ مخزن ۵

۱-۴- ویژگی های پتروفیزیکی ۶

۱-۴-۱- تخلخل ۶

۱-۴-۱-۱- انواع تخلخل ۷

۱-۴-۲- اشباع از آب ۷

۱-۴-۳- تراوایی ۷

۱-۵- کاربرد چاه نگاری و اهمیت آن دراکتشاف و مطالعه مخازن نفت و گاز ۸

۱-۶- روش های ارزیابی پتروفیزیکی ۹

۱-۶-۱- روش آماری چند متغیره ۱۰

۱-۷- سابقه مطالعات انجام شده ۱۱

۱-۸- ضرورت و هدف از مطالعه حاضر ۱۳

۱-۹- ساختار پایان نامه ۱۳

فصل دوم: ارزیابی پتروفیزیکی به روش کلاسیک (ارزیابی توسط نمودارهای متقاطع) ۱۴

۲-۱- فاکتورها و روابط مهم درارزیابی به روش نمودارهای متقاطع ۱۵

۲-۱-۱- رابطه آرچی، فاکتورسازند و توان های تخلخل واشباع ازآب ۱۵

۲-۲- نمودارهای متقاطع ۱۸

۲-۲-۱- نمودار متقاطع نوترون- دانسیته ۱۸

۲-۲-۲- نمودار متقاطع دانسیته- صوتی ۱۹

۲-۲-۳- نمودار متقاطع نوترون- صوتی ۲۰

۲-۲-۴- نمودار شناسایی ماتریکس(MID) ۲۰

۲-۲-۵- نمودار متقاطع دانسیته و شاخص فتوالکتریک(PEF) ۲۱

۲-۲-۶- نمودارهای متقاطع پتاسیم -شاخص جذب فوتوالکتریک و نسبت توریم /پتاسیم-
شاخص جذب فوتوالکتریک ۲۲

۲-۲-۷- نمودارهای متقاطع پرتوسنجی گاما (پتاسیم- توریم) ۲۴

۲-۳- روش های عددی برای تعیین لیتولوژی ۲۵

۲-۴- روش های کلی ارزیابی ۲۶

۲-۵- ارزیابی اشباع از آب و تراوایی ۲۷

۲-۶- تعیین تراوایی از روی نمودار ۲۹

۲-۷- مدل های پتروفیزیکی ۳۱

فصل سوم: ارزیابی پتروفیزیکی با نرم افزارGeolog ۳۳

۳-۱- میدان مورد مطالعه و اطلاعات موجود ۳۴

۳-۱-۱- میدان نفتی مورد مطالعه ۳۴

۳-۱-۲- مشخصات میدان نفتی ۳۴

۳-۱-۳- ویژگی های سنگ مخزن میدان مورد مطالعه ۳۵

۳-۱-۴- اطلاعات موجود در میدان ۳۵

۳-۱-۵- چاه های کلیدی ۳۵

۳-۲- مراحل پیش از ارزیابی ۳۶

۳-۲-۱- ویرایش و آماده سازی لاگ ها ۳۶

۳-۲-۱-۱- برداشتن پرش ها ۳۶

۳-۲-۱-۲- هموارکردن ۳۷

۳-۲-۱-۳- تطابق عمقی ۳۸

۳-۲-۱-۴- ویرایش لاگ ها ۳۸

۳-۲-۲- محاسبات مقدماتی(Precalc) ۳۹

۳-۲-۳- تصحیحات محیطی ۴۱

۳-۳- روش های ارزیابی پترو فیزیکی ۴۳

۳-۴- تئوری عدم قطعیت در روش مولتی مین ۴۴

۳-۴-۱- نمودار های عدم قطعیت ۴۴

۳-۴-۲- جمع آوری داده ها برای روش مولتی مین ۴۴

۳-۴-۳- زنجیره محاسبات در روش مولتی مین ۴۵

۳-۵- تعیین پارامترهای پتروفیزیکی ۴۶

۳-۵-۱- تعیین سنگ شناسی ۴۶

۳-۵-۲- تعیین نوع کانی های رسی (شیل) ۵۱

۳-۵-۳- تعیین پارامترهای محاسبه اشباع از آب ۵۳

۳-۶- مراحل ایجاد ساخت مدل در نرم افزار ۵۵

۳-۶-۱- مدل پتروفیزیکی ۵۶

۳-۶-۲- حدود عیار ۵۷

فصل چهارم: نتایج ارزیابی پتروفیزیکی ۶۰

۴-۱- ارزیابی پتروفیزیکی توسط نرم افزار ۶۱

۴-۲- نتایج ارزیابی پتروفیزیکی مخزن آسماری ۶۴

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۶۷

۵-۱- جمع بندی و نتیجه گیری ۶۸

۵-۲- پیشنهادات ۷۰

منابع انگلیسی ۷۱

منابع فارسی ۷۲

پیوست شماره ۱: انواع لاگ های چاه پیمایی ۷۲

پیوست شماره ۲: معرفی اجمالیGeolog ۸۹

چکیده

نمودارهای چاه‌پیمایی به عنوان مهم‌ترین منبع اطلاعاتی از خصوصیات استاتیکی مخزن به شمار می‌روند. تحلیل و ارزیابی صحیح این اطلاعات، پایه و اساس شناسایی و مدل‌سازی مناسب از خصوصیات مخزن می‌باشد. با گسترش استفاده از نمودارهای چاه‌پیمایی، موضوع تفسیر این نمودارها به یکی از مسایل مهم در زمینه زمین‌شناسی مخزن مبدل گردید. در روش‌های اولیه، تفسیر این اطلاعات بیشتر حالت کیفی داشت اما پس از توسعه روش‌های مدل‌سازی عددی و شبیه‌سازی مخزن، تحقیقات جهت ارائه روش‌های تفسیر نمودارهای چاه‌پیمایی به صورت کمی افزایش یافت.

نیاز به تفسیر نمودارهای چاه‌پیمایی با دقت بالاتر، سبب توسعه روش‌های مناسب‌تری جهت ارزیابی نمودارهای چاه‌پیمایی گردید. یکی از این روش‌ها، ارزیابی پتروفیزیکی با استفاده از روش آماری چند متغیره می‌باشد. در این روش پارامترهای عدم‌قطعیت به قرائت نمودارهای مختلف اختصاص داده می‌شود. بنابراین میزان مشارکت هر نمودار در تعیین نتایج به میزان دقت و اعتبار قرائت همان نمودار بستگی دارد. همچنین در این روش امکان تعیین درصد حجمی عناصر و کانی‌های مختلفی با استفاده از یک مدل پتروفیزیکی، وجود دارد. در روش آماری چند متغیره، از یک مدل پتروفیزیکی استفاده می‌شود. مدل پتروفیزیکی شامل اجزای سازند (کانی‌شناسی و سیالات موجود در سازند) و پارامترهای پتروفیزیکی وابسته به این اجزاست. نمودارهای چاه‌پیمایی مورد استفاده و پارامترهای عدم‌قطعیت وابسته به آنها از دیگر موارد موجود در این مدل‌ها می‌باشد. ارزیابی پتروفیزیکی مناسب، نیازمند تعیین دقیق پارامترهای پتروفیزیکی مورد استفاده در مدل‌های پتروفیزیکی است. در این تحقیق با استفاده از روش‌های مختلف، پارامترهای پتروفیزیکی استخراج شده و میزان حساسیت مدل‌ها و نتایج به این پارامترها سنجیده می‌شود. سپس با مقایسه نتایج ارزیابی با اطلاعات زمین‌شناسی و نتایج آنالیز مغزه، پارامترهای پتروفیزیکی بهینه استخراج می‌گردد. در این تحقیق از اطلاعات چاه پیمایی یکی از میادین هیدروکربوری ایران در منطقه فرو افتاده دزفول استفاده می‌شود. همچنین از نرم‌افزار آنالیز پتروفیزیکی، Geolog 6.6، جهت ارزیابی پتروفیزیکی این میدان استفاده خواهد شد.

ارزیابی اختصاصات مخزنی شامل مطالعه پارامترهای پتروفیزیکی نظیر تخلخل، نفوذپذیری و اشباع سیالات، تغییرات لیتولوژیکی نسبت به عمق و اختصاصات هیدروکربنی از جمله ضخامت مفید، غیرمفید و ستون هیدروکربوری است. سنگ‌های کربناته همراه با ماسه‌سنگ‌ها، حجم عمده ای از سنگ‌های مخزنی نفت و گاز را در دنیا تشکیل می‌دهند. مخزن آسماری میدان نفتی مورد مطالعه از جمله مخازن کربناته ترشیری ایران است که در جنوب اهواز قرار دارد. این مخزن به ۸ زون تقسیم شده که هر زون دارای لیتولوژی و اختصاصات پتروفیزیکی مربوط به خود است. با توجه به اینکه در مخزن آسماری این میدان هر سه لیتولوژی عمده مخازن (ماسه سنگ، سنگ آهک و دولومیت) وجود دارد، مطالعه لیتولوژی و تأثیر آن‌ها بر پارامترهای پتروفیزیکی مخازن از اهمیت زیادی برخوردار است. بررسی نمودارهای چاه پیمایی حاکی از آن است که زون یک عمدتاً کربناته (آهکی و دولومیتی)، زون‌های ۲، ۳، ۴و ۵ عمدتاً ماسه‌سنگی (بخش ماسه‌سنگی اهواز)، زون ۶ مخلوطی از سنگ آهک، دولومیت، ماسه و شیل و زون‌های ۷و ۸ آهکی و شیلی هستند. براساس ارزیابی‌های به عمل آمده زون ۲ با بیش از ۸۰ درصد ماسه بیشترین ستون مفید هیدروکربنی، ضخامت خالص و نسبت ضخامت خالص به کل را دارا بوده و نظر به اشباع آب کم آن (حدود ۲۰ درصد برای زون‌های مفید)، بهترین کیفیت مخزنی را در بین زون‌های دیگر دارا می‌باشد. پس از آن زون‌های ۳ و ۱ از کیفیت مخزنی مناسب‌تری برخوردارند. از آن جایی که زون‌های ۴ تا ۸ زیر سطح تماس آب و نفت قرار دارند، زون تولیدی نبوده و از کیفیت مخزنی پایینی برخوردارند. زون ۲ بهترین لایه تولیدی نفت از نظر پارامترهای پتروفیزیکی به شمار می‌رود.

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

هدف اصلی خصوصیات مخزنی، بازسازی پارامترهای پتروفیزیکی نظیر تخلخل، نفوذپذیری و اشباع سیالات می‌باشد. نحوه توزیع تخلخل می‌تواند رابطه متداول میان این خصوصیات باشد. در این ارتباط نمودارهای چاه‌پیمائی ابزار مناسبی هستند. نمودارهای چاه‌پیمائی ثبت پیوسته‌ای از پارامترهای سازند نسبت به عمق را به دست می‌دهد که کاربرد زمین شناسی بسیار مفیدی دارد. ارتباط بین اختصاصات پتروفیزیکی و زمین‌شناسی موضوعی بوده که از سال ۱۹۵۵ تا کنون به طور جدی مطالعه شده است. تخلخل و تراوایی لایه کربناته، ناشی از واکنش میان انواع مواد اولیه رسوبی و تنوعی از فرآیندهای دیاژنتیکی است[Lucia, 1999].

سنگ‌های کربناته همراه با ماسه‌سنگ‌ها، سنگ‌های مخزنی نفت و گاز عمده‌ای را در دنیا تشکیل می‌دهند. ذخایر هیدروکربن در این سنگ‌ها اساساً با دولومیت همراه است. دولومیت‌ها حدوداً ۳۰٪ مخازن کربناته جهان را شامل می‌شوند. مخازن آسماری ایران با سن الیگومیوسن (ترشیری) در زمره مخازن دولومیتی نیز ذکر شده است. این نوع مخازن نسبت به مخازن تخریبی (به عنوان مثال ماسه سنگ‌ها) بسیار ناهمگن‌تراند. به عنوان مثال با افزایش عمق، دولومیت ها مخازن بهتری را نسبت به سنگ‌های آهکی ایجاد می‌کنند[Warren, 2000].

با توجه به اینکه در مخزن آسماری میدان مورد مطالعه هر سه لیتولوژی عمده مخازن (ماسه سنگ، سنگ آهک و دولومیت) وجود دارند، مطالعه لیتولوژی و تأثیر آن‌ها بر پارامترهای پتروفیزیکی مخازن از اهمیت زیادی برخوردار است.

۱-۲- مفهوم پتروفیزیک

پتروفیزیک زیر شاخه علم ژئوفیزیک است و برای مطالعه منشأ مخازن شامل نهشته‌های کانسنگ و یا مخازن نفت و گاز طبیعی به کار می‌رود. پتروفیزیست‌ها خواص سنگ را با استفاده از اندازه‌گیری‌های چاه پیمایی که درآن یک رشته از ابزار اندازه‌گیری به داخل چاه فرستاده می‌شود و آنالیز مغزه که در

آن نمونه‌های سنگ در سطح زمین بازیابی می‌شوند و همچنین اندازه گیری‌های لرزه ای و ترکیب آنها با زمین‌شناسی و ژئوفیزیک ارزیابی می‌کنند[Boyle, et al., 2000].

برخی از خواص کلیدی در مطالعات پتروفیزیکی عبارتند از: لیتولوژی، تخلخل، اشباع از آب، تراوایی، دانسیته، مغناطیس پذیری، رسانایی الکتریکی، رسانایی گرمایی و ویژگی‌های رادیواکتیو. تخلخل و اشباع آب، نقش مستقیم و کلیدی در محاسبه نفت وگاز درجا دارند.

امروزه تصمیم‌گیری‌ها در حوزه مدیریت مخزن بر مبنای اطلاعات به دست آمده از مدل سازی مخزن استوار است. مدل مخزن به نوبه خود از ده‌ها تا صدها هزار سلول که خود نماینده بخشی از واقعیت مخزن می‌باشند، تشکیل شده است. وجود اطلاعات دقیق‌تر و کامل‌تر مخزنی در مدل، به منزله وجود ابزاری کارآمدتر در اختیار مدیریت مخزن خواهد بود. از آنجا که کلیه برنامه ریزی‌های کلان اقتصادی بر مبنای میزان هیدروکربن موجود در یک مخزن می‌باشد، به خوبی جایگاه پتروفیزیک در بخش مدیریت کلان روشن می‌شود[Boyle, et al., 2000].

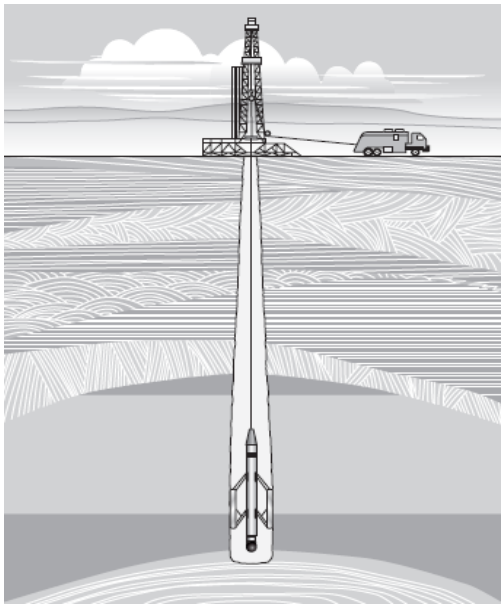
۱-۳- چاه پیمایی

چاه‌پیمایی عبارت از ثبت خصوصیات فیزیکی سازند در چاه به صورت پیوسته است. نمودارهای برداشت شده در بخش‌های مختلف صنعت نفت کاربردهای گوناگون دارد. در بخش زمین‌شناسی، این نمودارها جهت تعیین عمق سازندها و لایه‌های زمین‌شناسی کاربرد دارند. نقشه‌های تحت‌الارضی گوناگون بر پایه اعماق تعیین شده از نمودارهای چاه‌پیمایی تهیه می‌گردند. این نمودارها جهت استخراج خصوصیات مخزن نظیر تخلخل، اشباع آب، سنگ‌شناسی و پتانسیل هیدروکربوری مخازن نفتی با استفاده از نمودارهای چاه‌پیمایی در بخش پتروفیزیک تعیین می‌گردند. همچنین تحلیل و تفسیر مقاطع لرزه‌ای در بخش لرزه‌نگاری نیز بر پایه نمودارهای چاه‌پیمایی انجام می‌پذیرد. نمودارهای چاه‌پیمایی در بخش مهندسی مخازن و بهره‌برداری جهت قضاوت کیفی در مورد کیفیت مخازن نفتی

استفاده می‌شوند. همچنین این نمودارها در بخش تعمیر و تکمیل چاه نیز کاربرد فراوانی دارند. نمودارهای چاه‌پیمایی در ابتدا جهت بررسی تطابق جانبی[1] لایه‌های زمین‌شناسی استفاده می‌شد. بررسی تطابق جانبی اغلب در فواصل زیاد انجام می‌شد. با گذشت زمان ابزارهای نمودارگیری پیشرفت نموده و کیفیت نمودارهای برداشت شده ارتقاء یافت به نحوی که جهت ارزیابی کمی سازندهای هیدروکربوری نیز مورد استفاده قرار گرفتند[Robinson, 1988].

۱-۳-۱- خطوط کابلی[2]

کابل‌هایی هستند که به تعدادی سیم با پوشش عایق در قسمت داخلی کابل، مجهز می‌باشند که این سیم ها برای تأمین نیروی برق دستگاه و وسایلی است که اطلاعات را به سطح زمین ارسال می‌کنند و به همراه دستگاه‌های اندازه‌گیری از چاه پایین می‌روند و دوباره بازیابی[3] می‌شوند. در شکل ۱-۱ نمونه‌ای از یک دکل با خطوط کابلی دیده می‌شود.



شکل۱- ۱: چاه پیمایی با خطوط کابلی [Schlumberger,Houston.TX., 1989]

[1] Cross Correlation
[2] Wireline
[3] Fishing

از بخش‌های مهم چاه پیمایی، دستگاه اندازه‌گیری یا سوند[1] است. بیش از پنجاه نوع مختلف از این ابزار چاه‌پیمایی وجود دارد که این به خاطر وظایف مختلف و مواجهه با داده های مختلف است. به طور کلی تمامی سوندها ابزار استوانه‌ای شکل هستند، با قطر خارجی حدود ۴ اینچ یا کمتر که این ابعاد برای تطبیق با انجام عملیات در گمانه های با قطر خارجی کمتر از ۶ اینچ است. طول آنها نیز به آرایه گیرنده و مجموعه تجهیزات الکترونیکی که استفاده می‌شود بستگی دارد.

بیشتر سوندها طوری طراحی می‌شوند که در مرکز گمانه قرار بگیرند، این عمل توسط فنرهای خمیده‌ای که به بخش خارجی سوند متصل هستند و یا بازوهای هیدرولیکی انجام می‌شود. برای برخی اندازه گیری‌ها لازم است که گیرنده در محل تماس با سازند باشد که این کار با استفاده از یک بازوی پشتیبان هیدرولیکی صورت می‌گیرد [Schlumberger, 1989].

۱-۳-۲- ویژگی های سنگ مخزن

داشتن تخلخل متوسط برای سنگ‌های مخزنی، یک پارامتر بسیار اساسی و تأثیرگذار است. به همین خاطر اولین بررسی ها مربوط به تعیین میزان تخلخل سنگ است. سنگ می‌تواند تمیز و یا حاوی رس باشد. سنگ‌های تمیز آنهایی هستند که از یک تیپ سنگ‌شناسی به وجود آمده باشند. حضور رس می‌تواند بر روی نمودارهای چاه‌پیمایی و قرائت آنها کاملاً تأثیر گذار باشد و تأثیر بسیار مهمی برروی تراوایی دارد که در اندازه‌گیری سیالات قابل استحصال از فضاهای خالی نقش دارد. سنگ‌ها می‌توانند یکپارچه و یا غیر یکپارچه باشند که این خواص مکانیکی آنها باعث نفوذ صوت در آنها و اندازه‌گیری خواص دیواره چاه و سیالات جریانی می‌شود.

حضور شکستگی‌ها به طور طبیعی و یا حتی ایجاد شده به طور مصنوعی، تراوایی را به طور قابل توجهی تغییر می‌دهد پس پیدا کردن شکستگی ها و پیش بینی احتمال وجود آنها اهمیت زیادی

[1] Sonde

دارد. در سنگ‌های لایه‌ای می‌توان اختلاف زیادی در تراوایی و ضخامت آنها مشاهده کرد. از این رو تشخیص لایه‌های نازک بسیار مهم است [Robinson, 1988].

تشخیص مرز بین آب شور و هیدروکربن که معمولاً در فضاهای خالی هر دو با هم حضور دارند بسیار تعیین کننده است. بخشی که در جدا سازی آب شور و هیدروکربن زیاد با آن سر وکار داریم، اشباع است. اشباع از آب، درصدی از فضای خالی سنگ است که توسط آب شور پرشده است. برای هیدروکربن ها نکته مهم تشخیص مرز میان گاز و قسمت مایع هیدرو کربن است. دما و فشار تشکیل سیالات هم برای حفاری و هم فازهای تولید مهم است. مناطقی که بیش از حد تحت فشار هستند برای جلوگیری از فوران باید شناسایی شوند. دما تأثیر زیادی بر روی گرانروی سیال دارد. در کمتر از یک دمای مشخص، ممکن است گرانروی بالا مانع از حرکت سیال شود [Robinson, 1988].

۱-۴- پارامترهای پتروفیزیکی

۱-۴-۱- تخلخل[1] (φ)

میزان فضاهای خالی در سنگ که توسط هوا یا آب پر شده است را تخلخل می‌نامند و به صورت رابطه ۱-۱ تعریف می‌شود:

$$\Phi = \frac{V_P}{V_t} \qquad (۱-۱)$$

که در آن φ تخلخل، V_P حجم منافذ سنگ و V_t حجم کل سنگ می‌باشد.

این پارامتر توسط ابزاری اندازه‌گیری می‌شود که واکنش‌های سنگ را نسبت به بمباران‌های نوترونی و یا اشعه گاما اندازه‌گیری می‌کند. همچنین لاگ های NMR[2] (تشدید مغناطیس هسته‌ای) نیز برای به دست آوردن تخلخل سنگ مورد استفاده قرار می گیرد. اکثر مخازن، تخلخلی حدود ۵ تا ۳۰ درصد دارند. تخلخل‌های زیر ۵ درصد برای استخراج نفت اقتصادی نیست در حالی که همین تخلخل برای استخراج گاز بسیار با اهمیت است [Robinson, 1988].

[1] Porosity
[2] Nuclear Magnetic Resonance

۱-۴-۱-۱- انواع تخلخل

از نظر زمان تشکیل، تخلخل به دو نوع اولیه و ثانویه و از نظر کاربردی به دو نوع تخلخل کلی[۱] و تخلخل مفید یا مؤثر[۲] تقسیم می‌شود. از نظر اندازه، تخلخل به دو نوع قابل تقسیم است: تخلخل درشت[۳] و تخلخل ریز[۴]. از انواع تخلخل اولیه می‌توان تخلخل بین دانه‌ای[۵] و درون دانه‌ای[۶] را نام برد که غالباً تخلخل بین دانه‌ای در ماسه سنگ ها و تخلخل درون دانه ای در سنگ آهک دیده می‌شود. مهم‌ترین تخلخل ثانویه، تخلخل بین بلوری[۷] است که اکثراً در دولومیت‌ها دیده می‌شود [Schlumberger, 1989].

۱-۴-۲- اشباع آب[۸] (S_w)

میزان آب موجود در فضاهای خالی سنگ نسبت به کل حجم فضاهای خالی سنگ، اشباع آب نامیده می‌شود. در مخازن نفتی با محاسبه این ویژگی می توان درصد هیدروکربور موجود را محاسبه نمود. این ویژگی سنگ را به طور خاص با استفاده از ابزاری که مقاومت ویژه سنگ را اندازه‌گیری می‌کند، به دست می آورند[Robinson, 1988].

۱-۴-۳- تراوایی یا نفوذ پذیری[۹] (K)

توانایی محیط متخلخل برای انتقال سیال را تراوایی می نامند. برای حرکت هیدروکربن به داخل و خارج مخزن، خلل و فرج باید به هم ارتباط داشته باشند. کمیت سیال (معمولا هیدروکربن) که می‌تواند در داخل سنگ جریان یابد و خود تابعی از زمان و فشار است. آزمایش های سازند تاکنون تنها ابزاری هستند که برای اندازه‌گیری مستقیم تراوایی در چاه استفاده می‌شوند. در صورتی که این

[1] Total Porosity
[2] Effective Porosity
[3] Coarse Porosity
[4] Coarse Porosity
[5] Intergranular
[6] Intragranular
[7] Intercrystaline
[8] Water Saturation
[9] Permeability

کار امکان پذیر نباشد، تراوایی از طریق دیگر اندازه‌گیری‌ها مثل تخلخل و روش صوتی تخمین زده می‌شود، البته تصحیحاتی نیز روی آن صورت می گیرد[Robinson, 1988].

۱-۵- کاربرد چاه پیمایی و اهمیت آن در اکتشاف و مطالعه مخازن نفت و گاز

کسب اطلاعات از یک مخزن نفتی یا گازی شیوه‌های مختلفی دارد. یکی از این شیوه‌ها نمونه گیری یا مغزه گیری از سنگ مخزن است. نمونه‌گیری از یک سازند ابتدا از رخنمون[1] آن سازند انجام می‌شود می‌شود اما در زیر سطح زمین یعنی در چاه‌ها، نمونه‌گیری با گرفتن مغزه[2]و یا با استفاده از قطعات حاصل از حفاری[3] انجام می‌شود [Asquith & Krygowski, 2004].

اهمیت برداشت لاگ از این جهت قابل توجه است که می‌تواند اطلاعات حاصل از نمونه‌گیری و مغزه‌گیری را تکمیل کند. لاگ یک ابزار مهم برای تکمیل اطلاعات حاصل از چاه محسوب می‌شود که بدون آن، مطالعات جامع مخزن که برای شبیه‌سازی مخزن انجام می‌گیرد هرگز نمی‌تواند ضریب اطمینان قابل قبولی داشته باشد. موارد زیر لزوم انجام عملیات چاه‌پیمایی را مشخص می‌کند:

- به دست آوردن اطلاعات از طریق مغزه‌گیری مشکل تر و بسیار پرهزینه‌تر است.
- کافی نبودن حجم مغزه برای انجام آزمایش‌های مختلف روی آن.
- مطالعه کمی به وسیله کامپیوتر آن‌گونه که روی داده‌ای چاه پیمایی میسر است، به دو دلیل از طریق مغزه گیری امکان پذیر نیست:

الف) پیوستگی اطلاعات چاه پیمایی؛ به وسیله چاه پیمایی می‌توان به صورت پیوسته از سازندها اطلاعات گرفت، در حالی که تنها از برخی قسمت های چاه مغزه گرفته می‌شود.

ب) داده‌های لاگ به طور مستقیم برای نرم افزار تحلیل اطلاعات لاگ قابل استفاده است، در حالی که مغزه گیری به خودی خود اطلاعاتی به دست نمی‌دهد بلکه ابتدا باید روی مغزه‌ها آزمایش صورت گیرد و پس از آن اطلاعات به دست آمده برای تحلیل به نرم افزار وارد شود.

---
[1] Outcrop
[2] Coring
[3] Cutting

به این ترتیب درمی یابیم که تنها تکیه بر اطلاعات حاصل از مغزه‌ها و نادیده گرفتن اطلاعات چاه پیمایی از نظر اقتصادی و دقت علمی، منطقی نیست. علاوه بر آن، از آن‌جایی که امکان شکستن یا ریزش مغزه به داخل چاه وجود دارد همیشه مغزه‌گیری از چاه با اندازه مورد نظر امکان‌پذیر نیست. آن‌چه گفته شد برخی از مهمترین دلایلی بودند که باعث شدند در ۵۰ سال گذشته روش‌های بررسی تکمیلی برای رفع موانع موجود گسترش پیدا کنند که بررسی‌های چاه پیمایی یکی از مهمترین این روش‌هاست [Asquith & Krygowski, 2004].

در سال‌های گذشته انواع لاگ ها با کارایی‌های مختلف و نیز روش‌های جدید تفسیر به طور روز افزونی گسترش یافته‌اند. این دستگاه‌ها برای مهندسین مخزن جایگاه ویژه‌ای دارند و نقش مهمی در تکمیل اطلاعات مخزن و کاهش هزینه‌های کسب اطلاعات ایفا می‌کنند.

۱-۶- روش های ارزیابی پتروفیزیکی

لاگ ها و داده های مغزه که اطلاعات ورودی ما در ارزیابی های پتروفیزیکی می باشند، توسط روش های گوناگونی می توانند مورد ارزریابی و تفسیر قرار بگیرند، که از جمله استفاده از روش های کلاسیک تفسیر داده ها مانند آنالیز مغزه و یا استفاده صرف از نمودار های متقاطع و تفسیر دستی لاگ های موجود می باشد. اما به دلیل دقت نه چندان بالا و هزینه عملیاتی زیاد خصوصاً در مورد آنالیز مغزه، استفاده به تنهایی از آن ها، روز به روز کاربرد کمتری پیدا کرده است. امروزه به منظور بهینه سازی و بالا بردن ضریب موفقیت در تخمین ذخایر و دیگر ارزیابی های مورد نظر از روش های نوین مبتنی بر احتمالات آماری استفاده می شود که چون داده های استحصال شده از چاه در غالب پارامتر های پتروفیزیکی، که در واقع همان اطلاعات به دست آمده از لاگ ها و یا مغزه هاست، بیش از یک متغیر می باشد، در این تحقیق برای ارزیابی پتروفیزیکی مخزن از نرم افزار Geolog که با روش آماری چند متغیره کار می کند، استفاده شده است.

۱-۶-۱- روش آماری چند متغیره

روش آماری چند متغیره یکی از شاخه های علم آمار و احتمال است که شامل مشاهدات همزمان و تحلیل بیش از یک متغیر آماری است. کاربرد این نوع آمار، تحلیل و آنالیز چند متغیر است. روش های چند متغیره زیادی وجود دارند که هر کدام به یک شکل، آنالیز انجام می دهند. مهم ترین این روش ها عبارتند از:

۱. سیستم های خوشه بندی[1]: که داده ها را به دسته هایی به نام خوشه تقسیم بندی می کنند و داده هایی که در داخل یک خوشه قرار می گیرند، نسبت به آن هایی که در دیگر خوشه ها جای گرفته اند، شباهت بیشتری دارند.

۲. تحلیل واریانس[2](MANOVA): روش هایی که برای توسعه تحلیل واریانس به وجود آمدند، برای پوشش دادن مواردی است که بیش از یک متغیر وابسته وجود دارد و جایی که متغیر های وابسته به سادگی نمی توانند با هم ترکیب شوند.

۳. تابع تفکیک[3]: که مجموعه ای از متغیر ها را برای تمایز و تشخیص بین دو یا تعداد بیشتری گروه استفاده می کند.

۴. تحلیل اجزا اصلی[4] : هدف آن تعیین یک مجموعه کوچکتر از متغیر های ترکیبی است که بتواند توصیف کننده مجموعه اصلی باشد.

۵. تحلیل رگرسیونی[5] : هدف آن تعیین یک فرمول خطی است که بتواند توضیح دهنده این موضوع باشد که چه تعداد از متغیرها می توانند نسبت به تغیرات پاسخ دهند.

۶. تحلیل تفکیکی خطی[6](LDA): از دو مجموعه داده که به طور نرمال توزیع شده اند یک تخمین خطی را محاسبه می کند، برای اینکه به مشاهدات جدید، اجازه دسته بندی بدهد.

---

[1] Clustering systems
[2] Analysis of variance
[3] Discriminant function
[4] Principal components analysis
[5] Regression analysis
[6] Linear discriminant analysis

۷. شبکه های عصبی مصنوعی[1]: روش های بسط یافته رگرسیون برای مدل های چند متغیره غیر خطی می باشد.

۸. تناسب چند بعدی[2] : الگوریتم های مختلفی را برای تعیین مجموعه ای از متغیر های ترکیبی که بهترین نمایش دهنده تناظر دو به دو میان داده ها باشند، پوشش می دهد.

۹. تحلیل همبستگی استاندارد[3] : که سعی می کند روابط خطی میان دو مجموعه از متغیرها برقرار کند[Esbensen, 2000].

۱-۷- سابقه مطالعات انجام شده

ده ها سال است که استفاده از لاگ های استاندارد در ارزیابی پتروفیزیکی لاگ های چاه‌پیمایی در دنیا و ایران می‌گذرد. با توجه به مشکلات و محدودیت‌هایی که استفاده از این لاگ ها در پی دارد و همچنین نیاز تفسیر لاگ های چاه‌پیمایی با دقت بالاتر امروزه از روش‌های جدیدتری برای ارزیابی آن ها استفاده می‌شود. یکی از این روش‌های جدید، روش آماری چند متغیره می‌باشد که در یکی دو دهه اخیر به دلایلی که ذکر شد، در ارزیابی پتروفیزیکی لاگ های چاه‌پیمایی به کار گرفته شده است. دردنیا و نیز ایران، چندین تحقیق و پروژه با استفاده از روش های نوین آماری انجام شده است که براساس جستجوی انجام شده به نتایج زیر دست پیدا کردیم:

در این رمینه پژوهشی با عنوان، تحلیل آماری چند متغیره لاگ ها از روی داده های چاه پیمایی توسط Jong-se Lim, Jo Kang (1997) انجام شده است که توانسته توسط روش آنالیز خوشه ای که از زیر مجموعه های روش آماری است و داده های چاه پیمایی را دسته بندی می کند، به یک تحلیل کمی از داده ها بپردازد و نتایج قابل قبولی را به دست آورد.

در دیگر تحقیق، Guoping Xue (1997) روشی برای تخمین نفوذ پذیری از روی داده های چاه پیمایی با استفاده از رگرسیون چند متغیره، که از زیر مجموعه های روش های آماری است، ارائه کرده

[1] Artificial neural networks
[2] Multidimensional scaling
[3] Canonical correlation analysis

است که در آن یک سری معادلات برای عملیات رگرسیون گیری معرفی شده است و نتایج حاصل، تخمین خوبی از نفوذ پذیری را در مقایسه با داده های حاصل از مغزه، نشان می دهند.

همچنین بر روی تفسیر و تصحیح لاگ های چاه پیمایی به روش هوش مصنوعی و آمار چند متغیره نیز کار صورت گرفته است و در یک مطالعه توسط، Jong-se Lim, Jo Kang (1999) از هر دو روش هوش مصنوعی و آمار چند متغیره با هم برای تعیین پارامتر های پتروفیزیکی استفاده شده است. در روش هوش مصنوعی از یک مدل سه لایه و در روش آماری از تجزیه عناصر اصلی برای ایجاد مدل کمی استفاده شده است، که عدم قطعیت پائین و تخمین بسیار خوبی را به همراه داشته است.

در ایران نیز، پایان نامه کارشناسی ارشد با عنوان تخمین پارامترهای پتروفیزیکی یکی ازمخازن نفتی جنوب غرب کشور، براساس اطلاعات لرزه ای با استفاده از تکنیک شبکه های عصبی، توسط عزیزیان(۱۳۸۲) به انجام رسیده است. در این تحقیق، تنها از داده های لرزه نگاری به عنوان ورودی های مدل عصبی استفاده شده است.

مهدوی(۱۳۸۵) نیز، در غالب یک پایان نامه کارشناسی ارشد، با عنوان مدل سازی آماری خواص پتروفیزیکی تخلخل و تراوایی یکی از میدان‌های خلیج فارس، با استفاده از شبیه‌سازی به روش گوسی پی در پی، از یک روش قدرتمند آماری برای مدل سازی و تفسیر داده های چاه پیمایی کمک گرفته است.

همچنین برقی(۱۳۸۶) در یک تحقیق، نفوذپذیری را با استفاده از روش رگرسیون چندمتغیره (MIRA) با داده‌های لاگ در یکی از میادین نفتی جنوب غرب ایران محاسبه کرده است و نتایج برازش آن به داده های واقعی، نشان دهنده روش مناسب و تخمین مطلوب آن می باشد.

لازم به ذکر است که در مورد میدان مورد مطالعه در این پایان نامه، اطلاعاتی درباره دیگر تحقیقات صورت گرفته بر روی داده های میدان و سوابق مطالعاتی آن، در اختیار ما قرار داده نشده است.

۱-۷- ضرورت و هدف از مطالعه حاضر

روش آماری چند متغیره در تفسیر لاگ های چاه‌پیمایی دقت بالاتری نسبت به لاگ های استاندارد دارد. با ترکیب نتایج تفسیر لاگ های چاه‌پیمایی با اطلاعات زمین‌شناسی و نتایج آنالیز مغزه‌ها در یک منطقه، می‌توان به پارامترهای پتروفیزیکی بهینه آن منطقه دست پیدا کرد. هدف از انجام این پایان-نامه، ارزیابی پتروفیزیکی لاگ های چاه پیمایی با نگرشی جدید و با دقت بالاتر می‌باشد و به همین منظور از روش آماری چند متغیره جهت نیل به این هدف استفاده شده است.

۱-۸- ساختار پایان نامه

این پایان نامه از چهار فصل تشکیل گردیده که در ابتدا سعی شده مقدمه ای از پتروفیزیک و پارامتر های پتروفیزیکی مورد نیاز جهت ارزیابی ارائه گردد. همچنین بطور مختصر به روش مورد استفاده در این پایان نامه که روش آماری چند متغیره می باشد نیز اشاره شده است. در فصل دوم به روش کلاسیک ارزیابی که استفاده از نمودارهای متقاطع می باشد و معرفی نمودارهای مورد استفاده در این پایان نامه پرداخته شده است. فصل سوم مربوط به مطالعه موردی و ارزیابی پتروفیزیکی انجام شده به کمک نرم افزار Geolog می باشد و همچنین میزان حساسیت نتایج به پارامترهای پتروفیزیکی استخراج شده آزموده خواهد شد. در نهایت، نتایج ارزیابی پتروفیزیکی با اطلاعات زمین‌شناسی و نتایج آنالیز مغزه ها مقایسه و با ترکیب نتایج مختلف پتروفیزیکی، اطلاعات زمین‌شناسی و نتایج آنالیز مغزه‌ها، پارامترهای بهینه را به دست خواهیم آورد. در فصل آخر نیز نتیجه گیری و پیشنهادات مطرح شده است.

فصل دوم

ارزیابی پتروفیزیکی به روش کلاسیک

(ارزیابی توسط نمودارهای متقاطع)