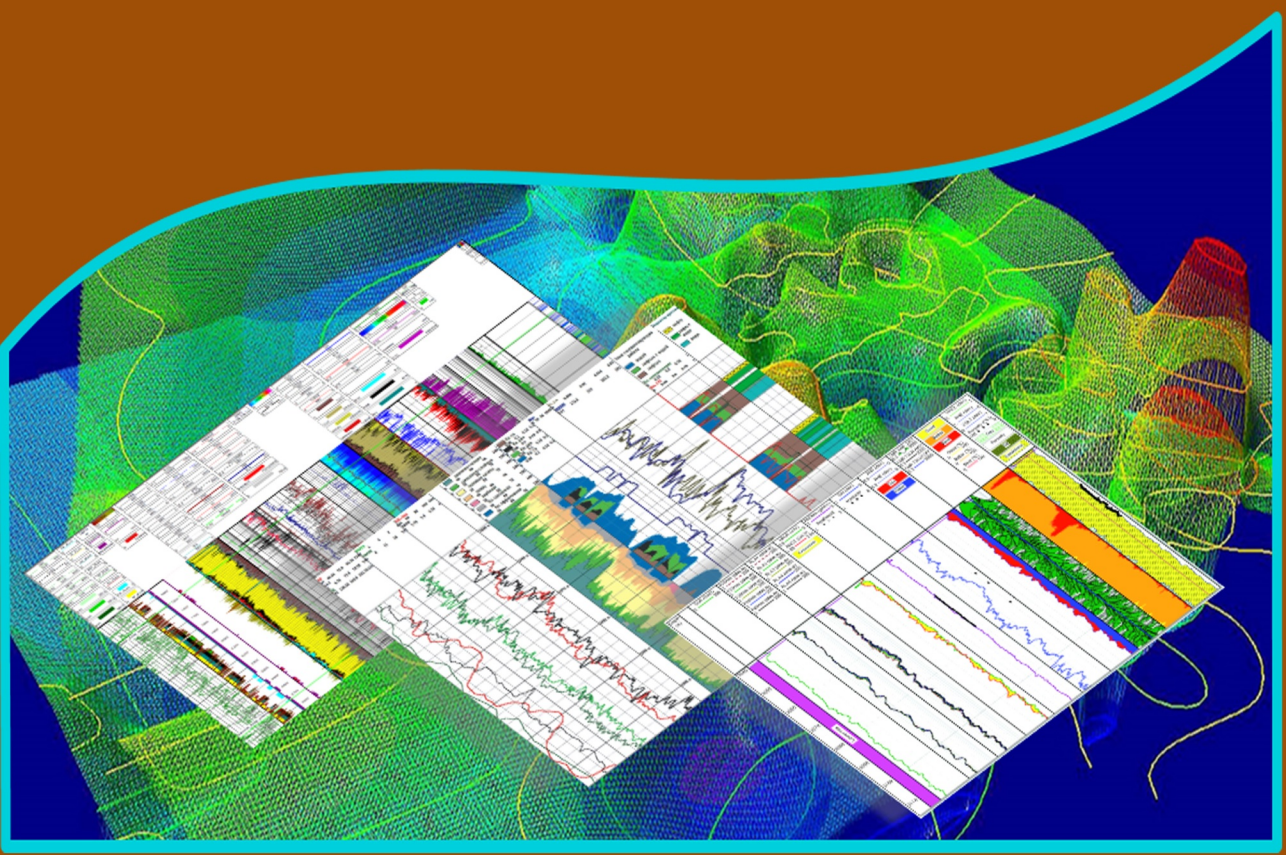
انتشارات موجک

ارزیابی نگاره‌های پتروفیزیکی در میادین هیدروکربوری ایران

حجت اله عبادی

علیرضا احمدی



بسم الله الرحمن الرحيم
١٤١٤

ارزیابی نگاره‌های پتروفیزیکی در میادین هیدروکربوری ایران

تالیف:

حجت اله عبادی

علیرضا احمدی

انتشارات موجک (ناشر دانشگاهی)

سرشناسه : عبادی، حجت‌اله، ۱۳۶۴-
عنوان و نام پدیدآور : ارزیابی نگاره‌های پتروفیزیکی در میادین هیدروکربوری ایران/ تالیف حجت‌اله عبادی، علیرضا احمدی.
مشخصات نشر : تهران: انتشارات موجک (ناشر دانشگاهی)، ۱۴۰۱.
مشخصات ظاهری : ۱۸۰ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک : ۳-۴۷۴-۹۹۴-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : کتابنامه.
موضوع : سازندها (زمین‌شناسی) — ایران
موضوع : Formations (Geology) -- Iran
موضوع : مخزن‌های هیدروکربنی
موضوع : Hydrocarbon reservoirs
شناسه افزوده : احمدی، علیرضا، ۱۳۶۴ شهریور -
رده بندی کنگره : QE۶۵۱
رده بندی دیویی : ۵۵۱/۴۱۰۹۵۵
شماره کتابشناسی ملی : ۸۸۷۱۰۷۰

انتشارات موجک (ناشر دانشگاهی)
واتساپ : ۰۹۳۶۳۰۳۱۲۵۸ کانال: telegram.me/mojak1
تلفن مرکز پخش : ۰۲۶۳۲۷۰۵۳۱۸ - ۰۲۶۳۲۷۰۲۶۵۹ - ۰۲۱۶۶۱۲۷۵۹۳ - ۰۲۱۶۶۴۲۹۷۳۳
ایمیل : mojakpublication@yahoo.com
سایت: www.mojak.ir اینستاگرام: mojakpublication

عنوان : ارزیابی نگاره‌های پتروفیزیکی در میادین هیدروکربوری ایران
تالیف : حجت اله عبادی، علیرضا احمدی
مشخصات ظاهری : ۱۸۰ صفحه، قطع وزیری
چاپ اول : تابستان ۱۴۰۱، تیراژ : ۵۰۰ جلد
قیمت : ۱۵۴۰۰۰۰ ریال، شابک : ۳-۴۷۴-۹۹۴-۶۰۰-۹۷۸

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای انتشارات موجک محفوظ است. هیچ شخص حقیقی و حقوقی حق چاپ و تکثیر این اثر را به هر شکل و صورت اعم از فتوکپی، چاپ کتاب و ... را ندارد. متخلفین به موجب بند ۵ ماده قانون حمایت از ناشرین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار ۹

فصل اول: اطلاعات زمین شناسی میدان ۱۳

۱-۱ معرفی میدان ۱۳

۱-۲ معرفی چاه X ۱۳

۱-۳ معرفی برخی سازندهای مهم در چاه X ۱۴

۱-۳-۱ سازند آسماری ۱۴

۱-۳-۲ سازند جهرم ۱۴

۱-۳-۳ سازند ایلام ۱۴

۱-۳-۴ سازند سروک ۱۴

۱-۳-۵ سازند کژدمی ۱۵

فصل دوم: معرفی انواع نگارهای تصویری ۱۷

۲-۱ روش‌های تصویربرداری ۱۷

۲-۲ روش تصویربرداری مقاومت سنجی ۱۷

۲-۲-۱ نمودار FMS ۱۸

۲-۲-۲ ویژگی‌های فنی ابزار FMS ۲۰

۲-۲-۳ نمودار FMI ۲۰

۲-۲-۴ نمودار ARI ۲۳

۲-۲-۵ نمودار EMI ۲۳
۲-۲-۶ Earth Image ۲۴
۲-۲-۷ نمودارSTAR ۲۵
۲-۲-۸ نمودار OBMI ۲۵
۲-۳ روش تصویرسازی صوتی ۲۶
۲-۳-۱ نمودار UBI ۲۶
۲-۳-۲ نمودارCBIL ۲۷
۲-۳-۳ نمودار کست CAST ۲۸
۲-۴ دوربین‌های ویدئویی درون چاهی BHTV ۲۹

فصل سوم: ارزیابی پتروفیزیکی سازند جهرم در یکی از میادین هیدروکربوری ایران ۳۱

۳-۱ مقدمه ۳۱
۳-۲ اهداف مطالعه ۳۲
۳-۳ روش تحلیل ۳۲
۳-۴ آماده سازی نمودارها (LOG PREPARATION) ۳۳
۳-۵ کیفیت نمودارهای پتروفیزیکی و شرایط دیواره چاه ۳۴
۳-۶ خواص گل (MUD PROPERTY) ۳۶
۳-۷ تعیین شیب درجه حرارت و فشار مخزن ۳۶
۳-۸ انواع تصحیحات محیطی (ENVIRONMENTAL CORRECTIONS) بر روی نگارهای پتروفیزیکی متعارف ۴۰
۳-۸-۱ تأثیر عوامل محیطی و محیط چاهپیمایی ۴۱
۳-۸-۲ تصحیحات محیطی بر روی نگار گاما (GR) ۴۲
۳-۸-۳ تصحیحات محیطی بر روی نگار نوترون ۴۴
۳-۸-۴ تصحیحات محیطی بر روی نگار چگالی ۴۷
۳-۸-۵ تصحیحات محیطی برروی مقاومت ۴۸

۳-۹ BADHOLE ۵۰
۳-۱۰ محاسبه حجم شیل (CLAY VOLUME) ۵۱
۳-۱۰-۱ محاسبه حجم شیل با استفاده از نگار گاما ۵۱
۳-۱۰-۲ محاسبه حجم شیل با استفاده از نگارهای تخلخل ۵۴
۳-۱۱ محاسبه تخلخل (POROSITY) و سنگ شناسی (LITHOLOGY) ۵۸
۳-۱۱-۱ محاسبه تخلخل ۵۸
۳-۱۱-۲ تشخیص لیتولوژی ۵۹
۳-۱۱-۳ کراس‌پلات‌های لیتولوژی و تخلخل ۵۹
۳-۱۱-۴ تعیین نوع کانی‌های رسی ۶۸
۳-۱۲ ویژگی‌های ظاهری ماتریکس (GARDNER-BURKE) ۷۰
۳-۱۳ معادلات موازنه مواد و تشخیص نمودارهای غیر طبیعی ۷۴
۳-۱۴ بررسی مشخصات سیال سازند(FLUID PROPERTIES) ۷۶
۳-۱۵ پلات پیکت (PICKETT PLOT) ۷۷
۳-۱۵-۱ بررسی توان اشباع آب و توان سیمان شدگی ۷۷
۳-۱۵-۲ مقاومت مخصوص آب سازند ۷۸
۳-۱۶ محاسبه اشباع آب (S_W) ۷۹
۳-۱۷ پلات ارزیابی پتروفیزیکی ۸۳
۳-۱۸ بررسی برش‌های تخلخل، اشباع آب (CUT OFF REVIEW) ۸۴
۳-۱۹ خلاصه نتایج ارزیابی پتروفیزیکی خصوصیات فیزیکی سنگ ۸۵

فصل چهارم: پردازش و تفسیر نگار تصویری FMI سازند جهرم یکی از میادین هیدروکربوری ایران ۸۷
۴-۱ نگار تصویری FMI ۸۷
۴-۲ پردازش نگار تصویری FMI ۸۸
۴-۲-۱ بررسی کیفیت داده‌ها ۸۸
۴-۲-۲ تصحیح سرعت بر روی نگار تصویری FMI ۹۲

۴-۲-۳ یکسان سازی (Equalization) ۱۰۲
۴-۲-۴ بهنجارسازی (Normalization) ۱۰۴
۴-۳ شناسایی لایه‌ها ۱۰۸
۴-۴ شناسایی شکستگی‌ها و بدست آوردن دانسیته آنها ۱۱۳
۴-۴-۱ فیلتر HORZ SOBEL(HS) ۱۱۵
۴-۴-۲ فیلتر VERT SOBEL (VS) ۱۱۵
۴-۴-۳ فیلتر لاپلاسین (Laplasian) ۱۱۷
۴-۴-۴ شناسایی شکستگی‌های سازند جهرم و تعیین دانیسته‌ی آنها ۱۱۷
۴-۵ تعیین شیب و آزیموت حقیقی لایه‌ها و شکستگی‌ها ۱۲۳
۴-۶ تعیین تخلخل ثانویه ۱۲۸
۴-۶-۱ تعیین تخلخل ثانویه با استفاده از نگار تصویری الکتریکی FMI ۱۲۹
۴-۶-۲ تعیین تخلخل ثانویه سازند جهرم از روی نگار تصویری FMI ۱۳۷
۴-۷ شناسایی بافت‌های مختلف براساس اندازه دانه و همگنی یا ناهمگنی ۱۵۵

فصل پنجم: ROCKTYPING ۱۶۵
۵-۱ مقدمه ۱۶۵
۵-۲ دولومیت متخلخل ۱۶۶
۵-۳ دولومیت متراکم ۱۶۶
۵-۴ آهک متخلخل ۱۶۶
۵-۵ انیدریت ۱۶۶

فصل ششم: جمع‌بندی ۱۷۷

منابع ۱۷۹
منابع انگلیسی ۱۷۹
منابع فارسی ۱۸۰

پیش‌گفتار

همچنان‌که ابزارهای چاه‌پیمایی و روش‌های تفسیری توسعه می‌یابد، نقش گسترده‌ای در فرآیند تصمیم‌گیری ایفا می‌کنند. امروزه، تفسیر نگارهای پتروفیزیکی یکی از ابزارهای مفید و مهم موجود برای زمین‌شناسی نفت محسوب می‌شود. از اطلاعات حاصل از نگار، می‌توان برای مشخص‌کردن زون‌های تولیدی، شناسایی عمق و ضخامت زون‌ها، تمیز دادن بین نفت، گاز و یا آب در یک مخزن، و برای تخمین مخازن هیدروکربور استفاده می‌شود. دو پارامتر اولیه که از نگار بدست می‌آید تخلخل و درصدی از فضای خالی است که با هیدروکربور پرشده است. پارامترهای تفسیر نگار به صورت مستقیم یا استنباطی غیرمستقیم بوسیله یکی از انواع کلی نگارهایی هم‌چون الکتریکی، هسته‌ای و یا صوتی محاسبه می‌شوند.

خواص یا خصوصیات سنگ همچون تخلخل، لیتولوژی، تراوایی و اشباع‌آب که بر روی اندازه‌گیری نگارها اثرگذارند، قابل محاسبه هستند. تصاویر درون‌چاهی، تصاویر الکترونیکی از سنگ‌ها و سیالاتی مرتبط به چاه می‌باشند.

این تصاویر بوسیله ابزارهای الکتریکی، صوتی و یا ویدیویی که درون چاه فرستاده می‌شوند، بدست می‌آیند. تصاویر قدرت تفکیک عمودی و جانبی بالایی دارند و اطلاعات مهمی در مورد شیب لایه‌ها، شکستگی‌ها، گسل‌ها، ناپیوستگی‌ها، تخلخل حفره‌ای، تخلخل شکستگی‌ها و ویژگی‌های زمین‌شناسی دیگر را فراهم می‌کنند.

مطالعات موردی نشان داده است که تصاویر درون‌چاهی برای ترکیب با اطلاعات موجود از چاه مانند نگارهای دیگر، خرده‌های حاصل از حفاری، مغزه‌ها و اطلاعات تولید بیشترین استفاده را دارد. در حالت کلی مغزه‌های گرفته شده طول کمی دارند، بنابراین ممکن است تمام یا قسمتی از سازند هدف از دست برود. تعدادی از لیتولوژی‌ها مانند ماسه سنگ‌های سست و نواحی دارای شکستگی، حفره‌ای و خرده‌سنگی، بازیابی مغزه ضعیفی دارند.

در سال‌های اخیر، تمام این فاکتورها، منجر به استفاده‌ی بیشتر از تصاویر درون چاهی برای مشخص کردن سنگ‌های رسوبی زیرزمینی شده است.

در این کتاب ارزیابی نمودارهای رانده شده سازند جهرم در چاه X حفاری شده در یکی از میادین هیدروکربوری نفت سنگین انجام شده است. در این سازند علاوه بر نگارهای متعارف، نگار تصویری FMI، نیز برداشت شده است. طبق اطلاعات زمین‌شناسی این سازند از نظر سنگ‌شناسی شامل شیل(ایلیت)، آهک، دولومیت و لایه‌های نازکی از انیدریت می‌باشد.

در این کتاب از نرم‌افزار Geolog۶.۷.۱ به منظور ارزیابی پتروفیزیکی این سازند استفاده شده است که شامل دو روش محاسبه قطعی(Deterministic) و احتمالات (Probabilistic) برای ارزیابی چاه‌ها می‌باشد. برای ارزیابی این سازند از روش احتمالات (Probabilistic) بهره‌گیری شده است.

نگار FMI، یکی از نگارهای تصویرگر الکتریکی می‌باشد که با استفاده از آن می‌توان ویژگی‌های سازند همچون شیب و آزیموت لایه‌ها، شکستگی‌ها، تخلخل ثانویه و بافت را بدست آورد.

در فصل اول، اطلاعات زمین‌شناسی میدان بیان شده است. در فصل دوم این پروژه، به معرفی نگارهای تصویری پرداخته شده است. برای تصویربرداری از دیواره‌ی چاه از سه تکنولوژی مختلف استفاده می‌شود که شامل تصویربرداری مقاومت‌سنجی، تصویربرداری صوتی و دوربین‌های ویدیویی می‌باشد. در این پروژه از نگار تصویری FMI شرکت شلومبرژه در سازند جهرم استفاده شده است که یک نگار تصویری از نوع مقاومت‌سنجی می‌باشد.

در واقع این نگار با اندازه‌گیری میکرومقاومت سازند در گل آب پایه، تصویری از سازند را نشان می‌دهد. تصاویر قدرت تفکیک عمودی و جانبی بالایی دارند و اطلاعات مهمی در مورد شیب لایه‌ها، شکستگی‌ها، تخلخل حفره‌ای، تخلخل شکستگی‌ها و ویژگی‌های زمین‌شناسی دیگر را فراهم می‌کنند.

در فصل سوم، با استفاده از نگارهای متعارف موجود در سازند جهرم، مدل پتروفیزیکی سازند با استفاده از روش احتمالات با کمک نرم‌افزار Geolog6.7.1 در قسمت MULTIMIN آن، ساخته شد. بعلت فقدان نگار صوتی، این نگار در محاسبات اعمال نشد. لیتولوژی‌های غالب شناسایی‌شده در این سازند شامل دولومیت، آهک و کانی ایلیت است. لایه‌های نازک انیدریت نیز

در این سازند شناسایی شد. بخش بالایی سازند دولومیتی و بخش پایینی آن بیشتر آهکی است. لایه‌های نازک انیدریتی نیز در میان بخش‌های دولومیتی شناسایی شدند. بعد از بررسی مدل مشاهده شد که بخش بالایی سازند نفت سنگین و بخش پایینی آن آب است. نواحی مخزنی و نواحی هیدروکربوری با استفاده از مدل بدست‌آمده مشخص شد.

در فصل چهارم، که مربوط به نگار تصویری FMI است، قبل از مراحل تفسیر، مراحل پردازشی مختلفی بر روی نگار تصویری FMI انجام پذیرفت که شامل مراحل زیر است:

(۱) تصحیح عمق

(۲) از بین بردن اثر دندانه‌اره‌ای از روی تصویر

(۳) یکسان‌سازی

(۴) بهنجارسازی استاتیکی

(۵) بهنجارسازی دینامیکی

بعد از انجام مراحل پردازشی و ساخت تصویر، لایه‌ها، شکستگی‌ها، شیب و آزیموت لایه‌ها و شکستگی‌ها، دانسیته شکستگی‌ها، تخلخل حفره‌ای و تخلخل شکستگی‌ها محاسبه شد. بافت سازند نیز بر اساس دو فاکتور همگنی/ ناهمگنی و ریزی/ درشتی دانه به ۹ گروه مختلف تقسیم‌بندی شد.

در فصل پنجم، با استفاده از نگار CGR و نگارهای بدست‌آمده از مدل شامل نگار تخلخل موثر (PHIE) و نگارهای حجم دولومیت (VOL_DOL)، آهک (VOL_CALC) و انیدریت (VOL_ANH)، سازند جهرم به قسمت‌های مختلفی از لحاظ دانه‌بندی تقسیم شد. بعد از اعمال نقطه حدآستانه (Cut off) برای نگارهای CGR و تخلخل موثر (PHIE)، سازند به ۴ بخش تقسیم شد که شامل موارد زیر می‌باشد:

(۱) دولومیت متخلخل

(۲) دولومیت غیرمتخلخل

(۳) آهک متخلخل

(۴) انیدریت

با مقایسه این بخش‌ها با نگار تصویری FMI، صحت این تقسیم‌بندی تایید شد.

در فصل ششم این پروژه، نتایج حاصل از مدلسازی پتروفیزیکی و ویژگی‌های بدست‌آمده از تفسیر

نگار تصویری FMI سازند جهرم، بیان گردیده است.

بعلت نبود نگارهای پتروفیزیکی سازند جهرم در چاه‌های مجاور چاه X، امکان انجام عمل تطابق (Correlation) بین این چاه با چاه‌های دیگر وجود نداشت. در این چاه برای تطابق نتایج حاصل از ارزیابی پتروفیزیکی، بعلت نبود مغزه در این سازند بعلت وجود شکستگی‌های فراوان، از نگار تصویری FMI استفاده شد که صحت ارزیابی پتروفیزیکی را تایید کرد.

حجت اله عبادی، علیرضا احمدی

تابستان ۱۴۰۱

Evaluation of Petrophysical Drawings in Iranian Hydrocarbon Fields

Hojjatullah Ebadi
Alireza Ahmadi

همچنان که ابزارهای چاه‌پیمایی و روش‌های تفسیری توسعه می‌یابد، نقش گسترده‌ای در فرآیند تصمیم‌گیری ایفا می‌کنند. امروزه، تفسیر نگارهای پتروفیزیکی یکی از ابزارهای مفید و مهم موجود برای زمین‌شناسی نفت محسوب می‌شود. از اطلاعات حاصل از نگار، می‌توان برای مشخص کردن زون‌های تولیدی، شناسایی عمق و ضخامت زون‌ها، تمیز دادن بین نفت، گاز و یا آب در یک مخزن، و برای تخمین مخازن هیدروکربور استفاده می‌شود. دو پارامتر اولیه که از نگار بدست می‌آید تخلخل و درصدی از فضای خالی است که با هیدروکربور پرشده است. پارامترهای تفسیر نگار به صورت مستقیم یا استنباطی غیرمستقیم بوسیله یکی از انواع کلی نگارهایی همچون الکتریکی، هسته‌ای و یا صوتی محاسبه می‌شوند.

خواص یا خصوصیات سنگ همچون تخلخل، لیتولوژی، تراوایی و اشباع آب که بر روی اندازه گیری نگارها اثرگذارند، قابل محاسبه هستند. تصاویر درون‌چاهی، تصاویر الکترونیکی از سنگ ها و سیالاتی مرتبط به چاه می‌باشند. این تصاویر بوسیله ابزارهای الکتریکی، صوتی و یا ویدیویی که درون چاه فرستاده می‌شوند، بدست می‌آیند. تصاویر قدرت تفکیک عمودی و جانبی بالایی دارند و اطلاعات مهمی در مورد شیب لایه‌ها، شکستگی‌ها، گسل‌ها، ناپیوستگی‌ها، تخلخل حفره ای، تخلخل شکستگی‌ها و ویژگی‌های زمین‌شناسی دیگر را فراهم می‌کنند.

مطالعات موردی نشان داده است که تصاویر درون‌چاهی برای ترکیب با اطلاعات موجود از چاه مانند نگارهای دیگر، خرده‌های حاصل از حفاری، مغزه‌ها و اطلاعات تولید بیشترین استفاده را دارد. در حالت کلی مغزه‌های گرفته شده طول کمی دارند، بنابراین ممکن است تمام یا قسمتی از سازند هدف از دست برود. تعدادی از لیتولوژی‌ها مانند ماسه سنگ‌های سست و نواحی دارای شکستگی، حفره‌ای و خرده‌سنگی، بازیابی مغزه ضعیفی دارند.

انتشارات موجک

9786009944743