



استفاده از لرزه‌نگاری چهاربعدي جهت تطبيق بهتر تاريخچه‌ي توليدي، به همراه مطالعه موردی در میدان نلسون

علیرضا کاظمی^۱، سارا شکراله زاده بهبهانی^۲، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تطبيق تاريخچه‌ي توليد جهت ارزیابی مدل شبیه‌سازی شده‌ی مخزن و انتخاب بهترین سناریوی توليدي بر اساس مدل، بسیار حائز اهمیت است. پذیرش تطبيق تاريخچه به این معناست که مدل قادر به پیش‌بینی رفتار مخزن است. در صورت کافی نبودن کیفیت یا کمیت داده‌های ورودی به شبیه‌ساز، تطابق انجام‌شده مناسب نخواهد بود. علاوه بر این خطای ناشی از ساده‌سازی جهت تعریف مسئله با معادلات ریاضی، خطای محاسباتی شبیه‌ساز و عدم قطعیت داده‌های ورودی از دیگر ضعف‌های شبیه‌سازی است.

از طریق آمیختن اطلاعات لرزه‌نگاری چهاربعدي با داده‌های توليدي می‌توان مدل شبیه‌سازی شده را محدودتر کرد تا تطبيق تاريخچه بهتر صورت گیرد. با استفاده از لرزه‌نگاری چهاربعدي که با انجام مکرر لرزه‌نگاری سه‌بعدي در زمان‌های متفاوت صورت می‌گیرد می‌توان جابجایی سیال را در مخزن و به‌ویژه بین چاه‌های توليدي و تزريقي (که معمولاً اطلاعات کمی از این نواحی موجود است) بررسی کرد. در این مطالعه، لرزه‌نگاری چهاربعدي بررسی شده و درباره‌ی جایگاه این شیوه‌ی نوین در صنعت نفت و نحوه‌ی بهره‌گیری از نتایج آن بحث خواهد شد. در نهایت با مطالعه‌ی موردی روی میدان نلسون در دریای شمال، به شرح نحوه‌ی اجرا و تحلیل نتایج بهره‌گیری از نتایج لرزه‌نگاری چهاربعدي در کنار داده‌های توليدي جهت تطبيق بهتر تاريخچه‌ي توليدي خواهیم پرداخت.

واژگان کلیدی: لرزه‌نگاری چهاربعدي، شبیه‌سازی مخازن هیدروکربنی، تطبيق تاريخچه

مقدمه

(مانند عدم انجام به‌موقع پروژه، عدم تأمین به‌موقع کالا و ...) [۳]. جهت کاهش ریسک اطلاعاتی باید شیوه‌های مدیریت کسب اطلاعات پیاده‌سازی شده و داده‌های مورد نیاز در زمان مناسب، با کیفیت و کمیت مطلوب و همچنین با هزینه‌های معقول تهیه شوند. برای تطبيق تاريخچه معمولاً از داده‌های توليدي مثل نرخ نفت، گاز و آب توليدي و فشار ته‌چاه استفاده می‌شود. این اطلاعات که تنها نماینده‌ی بخش کوچکی از مخزن

نفت و ...) بسیار اهمیت دارد [۱ و ۲]. مدیریت متفاوت بر دو مخزن مشابه، منجر به بازیافت نهایی متفاوت دو مخزن خواهد شد. مدیریت ریسک که زیرمجموعه‌ی مدیریت مخزن است مجموعه‌ی ساختارها و فرآیندهایی است که جهت کاهش آثار منفی تهدیدات و ایجاد امکان بهره‌برداری از فرصت‌ها انجام می‌گیرد. انواع ریسک‌ها عبارتند از ریسک‌های محیطی (مانند مشکلات نقل و انتقال مالی شرکت‌ها)، ریسک‌های اطلاعاتی و ریسک‌های فرآیند

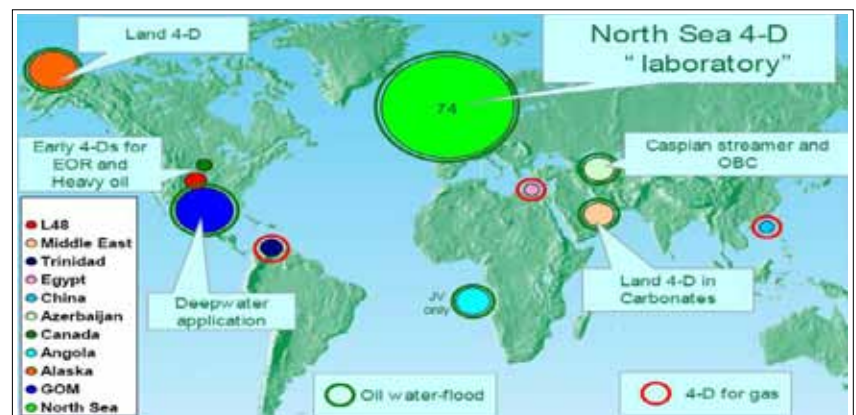
مدیریت مخزن شامل اتخاذ و اجرای بهترین تصمیمات برای نیل به اهداف مدنظر است. این اهداف برای یک میدان نفتی شامل افزایش ضریب بازیافت، تثبیت یا افزایش تولید، کاهش هزینه‌ها و ریسک‌ها، بهره‌برداری حداکثری از ذخایر و استمرار تولید است. مدیریت مخزن به‌علت برگشت‌ناپذیری برخی پدیده‌ها (از قبیل تخلیه و آشام، جداشدن مایع از گازهای میعانی، خارج شدن گاز از

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (s_sh_b@live.com)

هستند به بخش عظیمی از مخزن هیدروکربنی که با چاه‌های تولیدی فاصله دارد نسبت داده می‌شوند که این امر سبب بروز خطا خواهد بود. با لرزه‌نگاری سه‌بعدی می‌توان مدل استاتیک مخزن، لایه‌های زمین‌شناسی، گسل‌ها و ساختار مخزن را مشخص کرد. اما با تکرار لرزه‌نگاری در طول زمان، رفتار دینامیک مخزن در واحد سطح در نقاطی دور از چاه‌های تولیدی اندازه‌گیری می‌شود [۴]. داده‌های لرزه‌نگاری چهاربعدی لزوماً به مکانی که لرزه‌نگاری در آن انجام گرفته محدود نشده و در بسیاری از موارد، نتایج آن نشانگر رفتار تمامی نواحی مخزنی مرتبط با هم است. بنابراین تجربه و دقت نقش مهمی در تفسیر صحیح نتایج لرزه‌نگاری چهاربعدی خواهد داشت.

با استفاده از لرزه‌نگاری چهاربعدی می‌توان بسیاری از خصوصیات مخزن و شرایط جریان را بررسی کرد. از جمله آنکه با توجه به اطلاعات حاصل می‌توان مدل مخزن را به‌روزرسانی نمود [۵ و ۳]، بر فرآیندهای مخزنی مثل جداسدن گاز از نفت، تزریق آب یا حرکت آب از آبدنه نظارت کرد [۶ و ۷]، ارتباط فشاری و نواحی با فشارهای متفاوت در گستره‌ی مخزن را تشخیص داد [۶ و ۸]، تراوایی گسل را تخمین زد [۷ و ۹] و چاه‌های پُرکننده^۱ را به‌شکل صحیح مدیریت کرد [۱۰].

گرچه لرزه‌نگاری سه‌بعدی روشی کارآمد برای تعیین مشخصات استاتیکی مخزن است اما هیچ اطلاعاتی درباره‌ی رفتار دینامیکی مخزن نمی‌دهد. لرزه‌نگاری چهاربعدی که تکرار لرزه‌نگاری سه‌بعدی در زمان‌های مختلف است علاوه بر اطلاعات استاتیکی مخزن، جابجایی سیالات درون مخزن (که ناشی از تغییرات فشار، اشباع، تراکم‌پذیری و ... است) را نیز نشان می‌دهد. لرزه‌نگاری چهاربعدی بر مبنای اندازه‌گیری اثر تغییرات ناشی از تولید مخزن در زمان‌های مختلف بر سیگنال‌های لرزه‌نگاری است. نظارت بر جابجایی سیالات مخزن می‌تواند فرآیندهایی از قبیل تخلیه‌ی مخزن در مراحل مختلف تولیدی (از تولید اولیه تا ثالثیه) را نشان دهد. در تولید اولیه می‌توان آثار تغییر فشار منفذی ناشی از فشرده‌گی (که بیشتر در مخازنی که از لحاظ ژئومکانیکی فعال هستند رخ می‌دهد)، افت فشار و جداسدن گاز از نفت را مشاهده کرد. در تولید ثانویه نیز می‌توان اشباع آب و تغییرات فشار منفذی را بررسی نمود. معمولاً تولید ثالثیه با تغییرات دمایی و تغییر اشباع فازها همراه است که این تغییرات بر مشخصات ژئوفیزیکی سنگ مثل تراکم‌پذیری سنگ و سیال، مدول برشی و مدول بالک اثر می‌گذارد و از این طریق تغییرات دمایی و تغییرات اشباع ثبت می‌شوند. شکل ۱- پروژه‌های لرزه‌نگاری چهاربعدی انجام شده توسط شرکت BP



۱ | پروژه‌های لرزه‌نگاری چهاربعدی شرکت BP در طول ۲۵ سال (تا سال ۲۰۰۷) [۱۱]

را نشان می‌دهد. در سال‌های اخیر این روش مطالعاتی در صنعت نفت مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. همان‌طور که در شکل ۱- مشخص است اغلب لرزه‌نگاری‌های چهاربعدی در دریای شمال (۷۴ مورد) و خلیج مکزیک انجام گرفته‌اند. در این شکل رنگ دایره‌ها نشانگر مکان انجام لرزه‌نگاری و اندازه‌ی آنها متناسب با تعداد لرزه‌نگاری‌های انجام شده در مقایسه با تعداد لرزه‌نگاری‌ها در دریای شمال است [۱۱].

در این مطالعه نخست روش به کارگیری نتایج لرزه‌نگاری چهاربعدی در کنار داده‌های تولیدی جهت تطبیق بهتر تاریخچه‌ی تولیدی بررسی شده و سپس بر اساس این روش، مطالعه‌ی موردی میدان نلسون انجام می‌شود.

۱- تطبیق تاریخچه

همان‌گونه که گفته شد، مدل شبیه‌سازی شده‌ی مخزن منحصر به فرد نیست. در صورت استفاده از اطلاعات دینامیکی مخزن در کنار اطلاعات استاتیکی آن، می‌توان مدل را به واقعیت نزدیک‌تر کرد. از سوی دیگر می‌توان با محدود کردن مدل به نتایج لرزه‌نگاری چهاربعدی، میزان عدم اطمینان مدل را کاهش داد. به‌هرحال با دقیق‌تر شدن مدل، تطبیق تاریخچه دشوارتر خواهد شد و به‌همین علت در این بخش تطبیق تاریخچه بررسی خواهد شد. تطبیق تاریخچه را می‌توان از دو دیدگاه بررسی کرد:

الف) اطلاعاتی که برای تطبیق تاریخچه مورد استفاده قرار می‌گیرند. این اطلاعات می‌تواند داده‌های تولیدی، نتایج لرزه‌نگاری یا آمیخته‌ای از این دو باشد.

ب) روش تطبیق تاریخچه که ممکن است به‌صورت خودکار^۲ یا توسط مهندسان نفت (به‌شکل دستی^۳) انجام شود.

۱-۱- اطلاعات منتخب برای تطبیق تاریخچه

به‌طور کلی، اطلاعات منتخب جهت تطبیق

تاریخچه شامل نرخ نفت، گاز و آب تولیدی، نسبت آب به نفت، نسبت گاز به نفت، نسبت آب به گاز تولیدی، زمان میان شکاف^۴ آب و گاز و اشباع سیالات است. همچنین می توان از نتایج آزمایش RFT و فشار جریانیه ته چاه برای تطبیق تاریخچه استفاده کرد [۱]. این داده ها به عنوان داده های دینامیکی مخزن شناخته می شوند؛ چراکه با جابجایی دینامیکی سیال مخزن در اثر تولید مرتبط هستند. اطلاعات دینامیکی با اطلاعات استاتیکی (لاگ ها، داده های حاصل از مغزه و چاه آزمایی) مغایرت دارند. اطلاعات استاتیکی برای تعیین ساختار زمین شناسی مخزن استفاده می شوند.

لرزه نگاری چهاربعدی نیز از اطلاعات دینامیک مخزن است که می تواند با نمایش جابجایی سیال و تغییرات استرس درون مخزن به تطبیق بهتر تاریخچه تولیدی کمک کند.

نتایج لرزه نگاری چهاربعدی می تواند به مقدار متفاوت از لحاظ کیفی [۲] یا کمی [۳ و ۹] در تطبیق تاریخچه اعمال شود. استفاده از نتایج لرزه نگاری چهاربعدی به صورت کیفی اغلب مناسب دوره های نهایی تولید مخزن است؛ چراکه از این طریق می توان نواحی جاروب نشده را مستقل از آنچه مدل شبیه سازی شده تعیین کرده شناسایی نمود و برای عملیات ازدیاد برداشت برنامه ریزی بهتری انجام داد. نخستین استفاده ی کیفی از نتایج لرزه نگاری چهاربعدی، مقایسه ی عینی

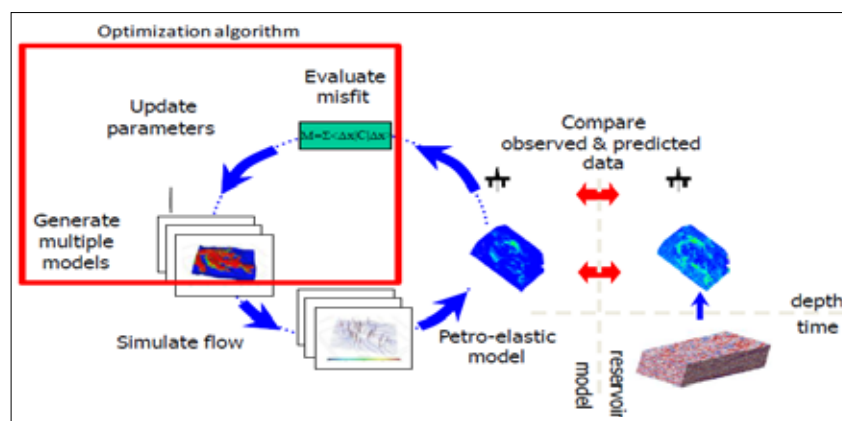
نتایج شبیه سازی (فشار و اشباع سیالات) با نتایج لرزه نگاری است. در یک مطالعه ی نیمه-کیفی، داده های لرزه نگاری به طور ساختگی شبیه سازی شده و از طریق مقایسه ی آن با مقادیر واقعی، مدل سطحی یا حجمی مخزن به روزرسانی می شود. در یک مطالعه ی کاملاً کیفی، نتایج ساختگی لرزه نگاری بر اساس داده های واقعی کالیبره می شوند. در یک مطالعه، داده های امیدانس برخی از چاه ها از لاگ صوتی محاسبه شده از طریق مقایسه با امیدانس یک مدل شبیه سازی شده ی سنگی-فیزیکی، مدل مورد سنجش قرار گرفته است [۱۲]. در روشی دیگر می توان با مطالعه ی لرزه نگاری در بُعد مخزن به بررسی ناهمگونی های مخزن (وجود گسل، شکاف و ...) پرداخت.

۱-۲- استفاده از داده های لرزه نگاری چهاربعدی جهت تطبیق تاریخچه

برای تطبیق تاریخچه با استفاده از نتایج لرزه نگاری چهاربعدی، می توان مراحل حلقه ی شکل ۲-۲ را اجرا کرد. در این حلقه نخست مدل شبیه سازی شده ی اولیه ی مخزن تهیه می شود. سپس با تغییر دادن برخی متغیرها به صورت تصادفی، چندین مدل از مخزن ساخته می شود. برای به روزرسانی هر مدل، بخش هایی از مخزن برای اعمال تغییرات انتخاب می شود. سپس جریان سیال،

شبیه سازی شده و با استفاده از تابع هدف، تفاوت داده های لرزه نگاری و تولیدی شبیه سازی شده با داده های واقعی بررسی می شود و در نهایت با اعمال الگوریتم های بهینه سازی، این تفاوت به حداقل می رسد. نکات مهم در این حلقه، انتخاب متغیرها، ناحیه هایی از مخزن که باید در آن متغیرها به روز شوند و شیوه ی آماده سازی داده های لرزه نگاری است. داده های لرزه نگاری باید از نظر فیزیکی تفسیر شده و واحدهای اندازه گیری آنها با سایر داده ها سنخیت داشته باشد. به عبارتی باید این داده ها نرمال سازی^۵ شوند [۳].

در شکل ۳- تفاوت نتایج لرزه نگاری برای داده های واقعی و داده های شبیه سازی شده به شکل کیفی در میدان Schiehallion قابل مشاهده است. این نقشه برای بررسی ارتباط فشاری بین نواحی مختلف مخزن حائز اهمیت است. خطا و محدودیت، هم در استفاده ی کمی و هم در استفاده ی کیفی از اطلاعات لرزه نگاری چهاربعدی وجود دارد. در استفاده ی کمی، می توان به چند شیوه داده های واقعی را با مقادیر پیش بینی شده مقایسه کرد. این داده ها شامل داده های لرزه نگاری، امیدانس (یا شبه-امیدانس)، فشار و اشباع هستند (شکل ۴-). اگر مطالعه از مدل شبیه سازی شده آغاز گشته و نتایج لرزه نگاری شبیه سازی شود دو نوع خطا (یکی در مدل پترو-الاستیک و دیگری در شبیه سازی نتایج لرزه نگاری) وارد شده است. لازم به ذکر است که مدل پترو-الاستیک جهت محاسبه ی امیدانس یا سایر ویژگی های الاستیکی بر اساس اشباع و فشار سیالات شبیه سازی شده استفاده می شود. از طرفی، محاسبه ی فشار و اشباع با استفاده از داده های لرزه نگاری نیز با خطای ناشی از محاسبات تبدیل داده های لرزه نگاری به فشار و اشباع و کالیبره کردن تجربی مقادیر همراه است [۱۳]. مطالعات در مورد بهترین حالت مقایسه ی داده های واقعی و ساختگی لرزه نگاری کماکان ادامه دارد [۱۴].



۲ | مراحل تطبیق تاریخچه با استفاده از داده های تولیدی و نتایج لرزه نگاری چهاربعدی [۱۴]

میدان در ۱۹۹۴ آغاز شد و تا سال ۲۰۰۰، تعداد چاه‌های تولیدی آن به ۲۷ حلقه رسید. نفت در جای اولیه‌ی میدان نلسون ۱۲۶ میلیون مترمکعب تخمین زده شده که تا سال ۲۰۰۰ مقدار ۴۶ میلیون مترمکعب آن تولید شده است [۱۷]. تولید از این میدان با تقویت فشار حاصل از آبده و چهار حلقه چاه تزریق آب در مرزهای مخزن انجام می‌شود. این مخزن شنی دارای تخلل ۲۳ درصد، تراوایی در محدوده‌ی ۲۰۰ تا ۱۷۰۰ میلی داریسی و سه لایه‌ی متمایز زمین‌شناسی است که اغلب توسط لایه‌های شیلی از هم جدا شده‌اند. به دلیل وجود کانال‌هایی^۶ در محیط متخلخل، تعیین میزان و توزیع شیل در داخل و مابین کانال‌ها با خطا همراه است. به همین علت تراوایی افقی و عمودی و نسبت ضخامت خالص به کل سازند^۷ برای به‌روزرسانی و بهبود تطبیق تاریخچه انتخاب شده‌اند. این متغیرها میزان و توزیع شیل را در مخزن نشان داده و حرکت آب را در مخزن تعیین می‌کنند. پس از شروع تولید از مخزن، هر سه سال یکبار در میدان نلسون لرزه‌نگاری سه‌بعدی انجام می‌شود. نتایج این لرزه‌نگاری‌ها بر اساس لرزه‌نگاری سال ۱۹۹۰ این میدان سنجیده شده و با توجه به این مقایسه، نقشه‌ی لرزه‌نگاری چهاربعدی مخزن تهیه می‌گردد.

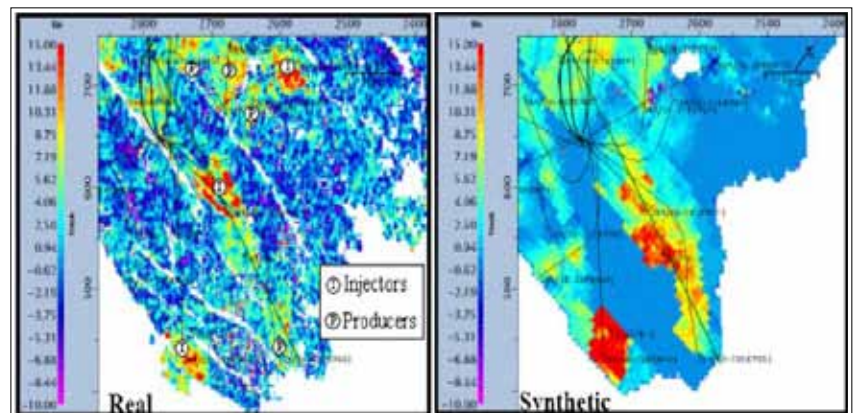
در این مطالعه، برای تطبیق تاریخچه، ۱۳ چاهی که تطبیق تاریخچه‌ی تولیدی در آنها ضعیف تر بوده انتخاب شده‌اند و به‌ازای هر چاه در مخزن، گروهی از نقاط (بین ۹ تا ۲۵ نقطه) برای به‌روزرسانی متغیرها مدنظر قرار گرفته‌اند. چاه‌های انتخاب شده، عامل ۸۴ درصد از خطای تطبیق تاریخچه هستند. تعداد ۷ چاه از این ۱۳ چاه تنها در لایه‌ی اول مخزن تکمیل شده‌اند و بنابراین تنها متغیرهای لایه‌های اول به‌روز می‌شوند. تعداد ۶ چاه دیگر در دو لایه تکمیل شده‌اند. مسئله‌ی تطبیق تاریخچه، در ۷ چاه نخست، سه‌بعدی (سه متغیر در یک لایه) و در ۶ چاه دوم، شش‌بعدی (سه متغیر در هر

تغییر متغیرها بر اساس نتایج حساسیت‌سنجی، تعیین میزان خطای داده‌ها و تحلیل اولیه‌ی داده‌ها انجام گیرد. با توجه به دشواری و زمان‌بر بودن تطبیق تاریخچه‌ی دستی، امروزه شبیه‌سازی مبتنی بر بهینه‌سازی خواص مخزنی، متداول‌تر از اعمال تغییرات دستی است.

۲- مطالعه‌ی موردی تطبیق تاریخچه با استفاده از داده‌های لرزه‌نگاری؛ میدان نلسون

میدان نلسون که میدانی با نفت زیر اشباع است در دریای شمال (بلوک‌های ۲۲/۱۱، ۲۲/۶a، ۲۲/۱۲) واقع شده است. نخستین چاه اکتشافی این میدان در ۱۹۶۷ حفر شد. نخستین لرزه‌نگاری سه‌بعدی میدان نلسون که در ۱۹۸۵ انجام گرفت در ۱۹۸۸ منجر به کشف منابع هیدروکربنی شد. تولید از این

تطبیق تاریخچه به دو شکل دستی و خودکار انجام می‌شود. در تطبیق تاریخچه‌ی دستی، مهندسان نفت حرکت سیال را شبیه‌سازی کرده، نتایج را تحلیل می‌کنند و با حدس و خطا متغیرها را تغییر می‌دهند. در تطبیق تاریخچه‌ی اتوماتیک، انتخاب مقادیر متغیرها طی فرآیند بهینه‌سازی انجام می‌شود اما مثل حالت قبل، نتایج باید توسط مهندسان بررسی شوند تا از صحت جواب اطمینان حاصل گردد. هدف از تطبیق تاریخچه‌ی اتوماتیک، کمک به مهندسان با استفاده از روش‌های ریاضی جهت تشخیص متغیرهای حساس مخزنی است که این امر منجر به صرفه‌جویی در زمان خواهد شد [۱۶]. البته تطبیق تاریخچه‌ی خودکار و دستی شباهت‌هایی نیز با یکدیگر دارند. برای مثال در هر دو روش باید میزان و چگونگی



شکل ۱۳ | تفاوت نتایج لرزه‌نگاری برای داده‌های واقعی (راست) و داده‌های شبیه‌سازی‌شده (چپ) [۱۵]



شکل ۱۴ | انواع استفاده از داده‌های لرزه‌نگاری چهاربعدی اندازه‌گیری‌شده و داده‌های شبیه‌سازی‌شده [۱۴]

یک از دو لایه) است. از ترکیب ۷ مسئله‌ی سه‌بعدی و ۶ مسئله‌ی شش‌بعدی، مسئله‌ای ۵۷ بعدی حاصل می‌شود.

حجم داده‌های لرزه‌نگاری بسیار زیاد بوده و این داده‌ها در برخی نواحی مخزنی دارای خطاهایی هستند یا اینکه مورد نیاز نیستند. بنابراین باید روی اطلاعات لرزه‌نگاری چهاربعدی تغییراتی انجام شود (نرمال‌سازی) تا بتوان به‌شکل بهتری از این اطلاعات استفاده کرد. برای این کار دو روش وجود دارد:

الف) روش نقشه-محور

در این روش برای هر سلول شبیه‌سازی، نمودار داده‌های شبیه‌سازی شده بر حسب داده‌های واقعی لرزه‌نگاری رسم می‌گردد. در این روش تمام مخزن در نظر گرفته می‌شود.

ب) روش چاه-محور

در این روش تنها برخی سلول‌های شبیه‌سازی اطراف چاه‌های عمودی در نظر گرفته می‌شوند.

برای تطبیق تاریخچه‌ی میدان نلسون، پنج مدل اولیه برای مخزن در نظر گرفته شده است:

■ مدل مبنا (مدلی است که کارفرما در اختیار مهندسین قرار می‌دهد) به روش نقشه-محور

■ مدل برتر (مدلی که با اعمال تغییراتی روی آن، بهترین تطبیق تاریخچه را نشان می‌دهد) به روش نقشه-محور

■ مدل مبنا به روش چاه-محور

■ مدل برتر به روش چاه-محور

■ مدل برتر به روش چاه-محور که از دو حلقه چاه تولیدی صرف نظر شده است. (علت صرف نظر از چاه نخست، بسته بودن آن در زمان اجرای لرزه‌نگاری بوده و داده‌های فشار چاه دیگر نیز خطای غیر قابل قبولی داشته‌اند)

در نهایت پس از اجرای تمامی مراحل نشان داده شده در شکل ۲-۲، نتایج تطبیق تاریخچه بر اساس نتایج لرزه‌نگاری و داده‌های تولیدی روی پنج مدل ذکر شده، طبق جدول ۱-۱ خواهد بود.

با توجه به جدول ۱-۱ می‌توان نتیجه گرفت که برای تمامی مدل‌های در نظر گرفته شده، تطبیق تاریخچه بهبود یافته است. مدل‌های ۴-۵ و نسبت به سایر مدل‌ها تطبیق تاریخچه‌ی ضعیف‌تری دارند. از مقایسه‌ی تغییر خطای تطبیق تاریخچه برای تمامی چاه‌های تولیدی می‌توان اثر تغییرات اعمال شده را روی سایر چاه‌ها مشاهده کرد. خطای چاه‌هایی که جزء ۱۳ چاه مدنظر نبوده‌اند در ابتدا شامل ۱۶ درصد خطای تطبیق تاریخچه‌ی کل مخزن بوده ولی این عدد در حین تطبیق تاریخچه تغییر کرده است. مدل ۴-۴ باعث کاهش کلی خطای این چاه‌هاست ولی سایر مدل‌ها منجر به افزایش جزئی این خطا شده‌اند. از مقایسه‌ی خطای تطبیق نتایج لرزه‌نگاری چهاربعدی می‌توان نتیجه گرفت که بهترین تطبیق تاریخچه برای مدلی است که بیشترین خطای تطبیق

تاریخچه‌ی تولیدی را داراست. این مطلب نشان می‌دهد که بهترین تطبیق تاریخچه‌ی تولیدی با بهترین تطبیق نتایج لرزه‌نگاری، به‌طور هم‌زمان اتفاق نمی‌افتند. مقدار کاهش خطا در تطبیق نتایج لرزه‌نگاری نسبت به داده‌های تولیدی کم است؛ زیرا بیشترین خطای لرزه‌نگاری ناشی از نویز و نواحی غیرمخزنی است. بررسی خطای نتایج لرزه‌نگاری در مقایسه با مدل برتر نشان می‌دهد که میزان تغییر خطا، از خطای نتایج لرزه‌نگاری در مقایسه با مدل مبنا بیشتر است. علت این امر بیشتر بودن خطای اولیه در مدل برتر در تطبیق نتایج لرزه‌نگاری است. خطای تمامی نتایج لرزه‌نگاری و داده‌های تولیدی به‌میزان دخیل کردن این دو نوع داده در نتیجه نهایی بستگی دارد که این مطلب نیز در گرو دقت داده‌هاست.

نتیجه‌گیری

هدف این مقاله بررسی چگونگی استفاده از نتایج لرزه‌نگاری چهاربعدی در تطبیق بهتر تاریخچه تولیدی است. در این مقاله نقش مؤثر داده‌های لرزه‌نگاری در حین بررسی مراحل یک تطبیق تاریخچه (به روش اتوماتیک و دستی) بررسی شد و بر اساس نتایج آن، مطالعه‌ی موردی روی میدان نلسون انجام گرفت. در این مطالعه مشخص شد که شیوه‌هایی که برای تشخیص نواحی مخزنی جهت به‌روزرسانی انتخاب می‌شوند و روش‌های متغیرسازی که می‌توانند تطبیق تاریخچه را ساده‌تر کنند، در نتیجه‌ی نهایی تطبیق تاریخچه بسیار اثرگذار هستند. از جمله اینکه در میدان نلسون روش چاه-محور بهترین تطبیق تاریخچه را به‌دست می‌دهد. همچنین لرزه‌نگاری معتبر و تغییر صحیح ابعاد داده‌ها جهت ایجاد امکان مقایسه‌ی نتایج واقعی با نتایج پیش‌بینی شده و به‌روزرسانی مدل بر اساس توصیف بهتر پدیده‌های زمین‌شناسی مخزنی نیز در نتیجه‌ی نهایی تطبیق تاریخچه بسیار مؤثر است. ■

۱ نتایج تطبیق تاریخچه روی پنج مدل نرمال سازی شده در مقایسه با مدل مبنا				
مدل	درصد کاهش خطا در تطبیق تاریخچه در مقایسه با مدل مبنا (به‌جز ستون مقایسه با مدل برتر)			
	۱۳ چاه منتخب	همه چاه‌های تولیدی	نتایج لرزه‌نگاری	نتایج لرزه‌نگاری در مقایسه با مدل برتر
مدل مبنا	۷۶	۴۵	-	-
مدل مبنا، روش نقشه-محور	۷۶	۴۷	۲	۴
مدل برتر، روش نقشه-محور	۷۶	۴۸	۱.۵	۲.۷
مدل مبنا، روش چاه-محور	۶۸	۴۹	۸.۲	۹
مدل برتر، روش چاه-محور	۴۳	۳۶	۱۱.۵	۱۲
مدل برتر، روش نقشه-محور (با صرف نظر از دو حلقه چاه)	۵۴	۴۳	۶.۵	۱۱.۸

پانویس‌ها

¹Infill wells
²Manual
³Automatic
⁴Breakthrough Time

⁵Normalization
⁶channels
⁷Net to Gross Ratio

منابع

- [1]. Mattax, C.A.D., R. , Reservoir Simulation. Vol. Spe Monograph Volume 13. 1990, Richardson, Texas: Society Of Petroleum Engineers.
- [2]. Aggio, A.A.B., C. S., Seismic Visualization For Dynamic And Static Reservoir Characterization, In 63rd Conference & Technical Exhibition. 2001, Eage Amsterdam, The Netherlands,.
- [3]. Huang, X., Meister, L. And Workman, R., Reservoir Characterization By Integration Of Time-Lapse Seismic And Production Data, In Spe Annual Technical Conference And Exhibition. 1997: San Antonio, Texas.
- [4]. Gosselin, O., Van Den Berg, S., Comineli, A., Integrated History Matching Of Production And Seismic Data, In Spe Annual Technical Conference And Exhibition. 2001: New Orleans, Louisiana.
- [5]. Dadashpour, M., Martin Landrø, M. Kleppe,, Nonlinear inversion For Estimating Reservoir Parameters From Time-Lapse Seismic Data. J. Geophys. Eng, 2007. 5: P. 54–66.
- [6]. O'Donovan, A.R., Smith, S.G. And Kristiansen, P., Foinhaven 4d Seismic - Dynamic Reservoir Parameters And Reservoir Management., In Spe Annual Technical Conference And Exhibition. 2000: Dallas, Texas.
- [7]. Lygren, M., Dahl, G. V., Fagervik, K., Nickel, M., Borgos, H. G., Skov, T., Hetlid, A., Berge G. And Sønneland, L. , Use Of Reservoir Flow Models In Quantitative 4d Analysis, In 64th Conference & Exhibition, Eage, Editor. 2002: Florence, Italy.
- [8]. Waggoner, J.R., Cominelli, A. And Seymour, R. H. , Improved Reservoir Modelling With Time-Lapse Seismic In A Gulf Of Mexico Gas Condensate Reservoir, In Spe Annual Technical Conference And Exhibition. 2002: San Antonio, Texas, U.S.A.
- [9]. Fagervik, K., Lygren, M., Valen, T. S., Hetlelid, A., Berge, G., Dahl, G. V. And Sønneland, L., A Method For Performing History Matching Of Reservoir Flow Models Using 4d Seismic, In International Exposition And Annual Meeting, Seg, Editor. 2001: San Antonio, Texas.
- [10]. Clifford, P.J., Trythall, R., Parr, R. S., Moulds, T. P., Cook, T., Allan, P. M. And Sutcliffe, P. , Integration Of 4d Seismic Data Into The Management Of Oil Reservoirs With Horizontal Wells Between Fluid Contacts, In Offshore Europe. 2003: Aberdeen, Uk.
- [11]. Foster, D.G., Lessons Learned From Over 20 Years Of 4-D Deployment, In Spe Indian Oil And Gas Technical Conference And Exhibition. 2008: Mumbai, India.
- [12]. Falcone, G., Gosselin, O., Maire, F., Marraud, J. And Zhakupov, M., Petroelastic Modeling As Key Element Of 4d History Matching: A Field Example, In Annual Technical Conference And Exhibition. 2004 Spe Houston, Texas.
- [13]. Floricich, M., Soldo, J., And Macbeth, C., An Engineering Approach For Pressure And Saturation Estimation From Time-Lapse Seismic Data, In Xii Congreso Venezolano De Geofisica, . 2004: Caracas, Venezuela.
- [14]. Stephen, K.D., Soldo, J., Macbeth, C. And Christie, M., Multiplemodel Seismic And Production History Matching: A Case Study. Spej, 2006. 11 (4): P. 418–430.
- [15]. Hatchell, P., Kelly, S., Muerz, M., Jones, C., Engbers, P., Van Der Veecken, J. And Staples, R., Comparing Time-Lapse Seismic And Reservoir Model Prediction In Producing Oil And Gas Fields, In Eage 64th Conference & Exhibition. 2000: Florence, Italy.
- [16]. Cheng, H., Kharghoria, A., Zhong, H. And Datta-Gupta, A., Fast History Matching Of Finite-Difference Models Using Streamline-Based Sensitivities. Spe Reservoir Evaluation & Engineering, 2005. 8(5): P. 426-436.
- [17]. Kunka, J.M., William, G., Cullen, B., Boyd-Gorst, J., Dyer, G.R., Garnham, J.A., Warnick, A., Wardell, J., Davis, A., Lynes, P., The Nelson Field, Blocks 22/11, 22/6a, 22/7, 22/12a, Uk North Sea, United Kingdom Oil And Gas Fields, Commemorative Millennium Volume. Geological Society, London, Memoir, (20), P. 617-646.