



ارزیابی تأثیر دقت در تطابق تاریخچه بر پیش‌بینی عملکرد مخزن با بررسی سناریوهای مختلف تزریق

مرتی شگفت فرد^۱ پژوهشکده نفت جهاد دانشگاهی سیدمحمد زمانزاده^۲ پژوهشکده نفت جهاد دانشگاهی رسول مقدم^۳ شرکت مشاور مهندسی نفت CAPE

چکیده

امروزه یکی از ابزارهای مهم در مدیریت مخزن هیدروکربوری، فرایند شبیه‌سازی است و تطابق تاریخچه^۲ نیز از مهم‌ترین مسایل شبیه‌سازی به حساب می‌آید. برای داشتن یک پیش‌بینی دقیق و قابل اعتماد از عملکرد آینده مخزن با استفاده از سناریوهای مختلف، انجام تطابق تاریخچه امری ضروری است. این فرایند عموماً به دو صورت متعارف دستی و خودکار انجام می‌شود. در این مقاله، تأثیر دقت تطابق تاریخچه بر پیش‌بینی عملکرد آینده مخزن با اعمال چندین سناریوی تزریق گاز و تخلیه طبیعی بر روی دو مدل مخزنی معمولی و شکاف‌دار بررسی شده است. لازم به ذکر است که هر دو مدل مخزنی به روش خودکار و با استفاده از نرم افزار SimOpt، مورد تطابق تاریخچه قرار گرفته‌اند. در هر مدل با انتخاب دو حالت از تطابق تاریخچه (با دقت‌های متفاوت)، شبیه‌سازی سناریوهای مختلف انجام شده است. در نهایت، نتایج سناریوها با توجه به میزان دقت دو حالت تطابق، مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته‌اند.

واژه‌های کلیدی تطابق تاریخچه، شبیه‌سازی، پارامترهای دارای عدم قطعیت، سناریو تزریق گاز، مدل مخزنی

مقدمه

یکی از اهداف مهم شبیه‌سازی، تعریف یک مدل مخزنی است که اطلاعات دینامیکی و استاتیکی مخزن را نشان دهد. اصولاً بعد از ساخت مدل مخزنی، باید آن را با اطلاعات و مدل‌های تفسیری موجود مطابقت داد. این بدان معناست که مدل مخزنی باید قادر به بازتولید کلیه اطلاعات مورد استفاده در فرایند شبیه‌سازی، هم‌چون داده‌های مغزه، اطلاعات لرزه‌نگاری، چاه‌آزمایی و اطلاعات تولید (در صورت وجود) باشد. اگر مدل شناسایی شده صحیح باشد، اطلاعات میدانی و پاسخ‌های مدل، بر هم منطبق خواهند شد؛ در غیر این صورت، مدل باید بازبینی شود تا اشکالات موجود در آن شناسایی و رفع گردد [۲،۱].

پس از این‌که مدل تأیید شد، می‌توان آن را برای پیش‌بینی عملکرد آینده مخزن، تحت سناریوهای مختلف توسعه مورد استفاده قرار داد. رفتار مخزن با محاسبه پارامترهایی از قبیل درصد اشباع سیالات، فشار و دبی جریان توسط شبیه‌ساز مشخص می‌گردد. لازم به یادآوری است که برای پیش‌بینی رفتار میدان، باید کل سیستم (مخزن، چاه‌ها و تجهیزات سرچاهی) را در نظر گرفت. این موارد باید با هم بررسی شوند؛ چرا که بر هم تأثیر متقابل دارند. بعد از این‌که مدل مخزن ساخته شد، بررسی می‌شود که آیا این مدل با تاریخچه فشار یا تولید مخزن مطابقت دارد یا خیر. معمولاً برای تطابق مدل با تاریخچه مخزن، در محدوده زمین‌شناسی و مهندسی مخزن، تغییراتی در مدل داده می‌شود. عموماً مدلی که ارایه می‌گردد باید کم‌ترین پیچیدگی و از طرفی، کم‌ترین عدم قطعیت در پارامترهای مخزنی را داشته باشد و هم‌زمان، بهترین اطلاعات را در اختیار قرار دهد. لازم به‌ذکر است که در تطابق تاریخچه، لازم نیست که تمامی چاه‌های مدل با تولید واقعی مطابقت داده شوند، بلکه روند تطابق مهم است. در واقع فرایند شبیه‌سازی شامل مدل‌سازی استاتیک و دینامیک مخزن، تعیین و

تطابق تاریخچه عملکرد مخزن و پیش‌بینی رفتار آینده مخزن تحت سناریوهای مختلف می‌باشد [۲،۱].

۱- تطابق تاریخچه

به‌طور کلی یک سیستم از قسمت‌های ورودی، خروجی و پردازش تشکیل شده است و این قسمت‌ها مشخص‌کننده خصوصیات آن سیستم می‌باشند. واحد پردازش یک سیستم، با انجام یک‌سری اعمال و محاسبات بر روی ورودی، خروجی سیستم را فراهم می‌آورد. در مسایل معمولی، با معلوم بودن ورودی و پردازش، خروجی سیستم محاسبه می‌گردد؛ اما در مورد تطابق تاریخچه باید گفت که موضوع عکس موارد یاد شده است. بدین ترتیب که ورودی و خروجی مشخص بوده و هدف، یافتن بهترین پردازشگر برای سیستم مورد نظر است؛ به‌طوری‌که در صورت یکسان بودن ورودی‌ها، همان خروجی از سیستم حاصل شود. مبنای حل مسایل معکوس، استفاده از روش سعی و خطاست؛ بدین ترتیب که در مورد حالت سیستم، یک حدس در نظر گرفته می‌شود و با ورودی معلوم، خروجی محاسبه شده و با خروجی واقعی سیستم مقایسه می‌گردد. این فرایند تا زمانی که قدر مطلق تفاوت بین خروجی واقعی محاسبه شده، در محدوده قابل قبولی باشد ادامه می‌یابد. در اصطلاح، به این فرایند تطابق تاریخچه گویند. قانون عمومی در تطابق تاریخچه بدین صورت است که پارامترهایی که بیش‌ترین عدم قطعیت و حداکثر تأثیر را بر روی تطابق دارند، تغییر یابند. به عبارت دیگر برای انجام یک شبیه‌سازی کامل، به تطابق مدل ساخته شده با مدل واقعی (مخزن)، از طریق تاریخچه تولید مخزن نیاز

¹ m.shegeftfard@riias.ac.ir

² History matching

³ Trend



شبیه‌سازی برای خصوصیات شکاف در همه گریدها، مقدار یکسانی تعمیم داده می‌شود. در نتیجه، عدم تجانس شکاف‌های مخزن نادیده گرفته می‌شود و به این ترتیب نتایج به‌دست آمده از روش متعارف و سنتی تطبیق نمی‌تواند با دقت زیاد، عملکرد آینده مخزن را پیش‌بینی کند. بنابراین برای مدل دینامیکی مخزن شکاف‌دار مورد مطالعه، به‌وسیله نرم‌افزار SimOpt، تطابق تاریخچه خودکار انجام می‌شود تا برای پارامترهای شکاف، مقادیر متفاوتی در گریدهای مختلف اختصاص یابد و نقشه خصوصیت^۷ آن پارامتر نیز حاصل گردد. این نرم‌افزار از استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی، نه تنها نسبت به روش متعارف، مدت زمان مورد نیاز برای رسیدن به یک تطبیق قابل قبول را کاهش می‌دهد، بلکه دقت پارامترهای تخصیص داده شده به مدل را نیز افزایش می‌دهد. در این روش، صرف‌نظر از جزئیات روند بهینه‌سازی، پارامترهای مدل مخزن به‌طور سیستماتیک تا زمانی که تطابق مطلوبی به‌دست آید، تغییر می‌کنند. در این نرم‌افزار، تطابق تاریخچه در سه فرایند ارزیابی^۸، گرادیان^۹ و رگرسیون^{۱۰} خلاصه می‌شود.

با توجه به اطلاعات موجود میدان، فرایند شبیه‌سازی و ساخت مدل دینامیکی به‌وسیله نرم‌افزار Eclipse 100 انجام شد. با انجام آنالیز حساسیت‌سنجی بر روی پارامترهای دارای عدم قطعیت این مدل (پارامترهایی هم‌چون تراوایی و تخلخل شکاف، ارتفاع شکاف و ماتریکس و عرض شکاف)، تطابق تاریخچه برای فشارهای استاتیک اندازه‌گیری شده واقعی به‌دست آمد. سپس دو حالت از تطابق تاریخچه‌هایی که انجام شد (با توجه به کم‌ترین RMS^{۱۱})، انتخاب گردید. نتایج این تطابق در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. در حالت اول، تطابق با دقت حدود ۹۰ درصد و در حالت دوم، تطابق با دقت بالای ۹۵ درصد انتخاب گردید. شکل ۱ تطابق تاریخچه فشار مخزن در هر دو حالت را نشان می‌دهد.

۲-۱. بررسی سناریوهای مختلف تزریق گاز و مقایسه نتایج آن نسبت به کیفیت تطابق تاریخچه

بعد از انجام تطابق تاریخچه، چندین سناریوی تزریق گاز تعریف گردید و روی هر دو حالت، تطابق تاریخچه اجرا شد. لازم به ذکر است که مخزن مورد مطالعه، در طی یک دوره هفت ساله، تحت تخلیه طبیعی قرار داشته است. برای پیش‌بینی آینده مخزن و مقایسه نتایج، کلیه مطالعات در یک دوره ثابت ده ساله انجام می‌شود. در مرحله اول برای هر دو مدل مورد مطالعه، سناریوی پیش‌بینی تولید طبیعی اجرا می‌گردد؛ سپس سناریوهای مربوط به فرایند تزریق گاز در کلاک‌گازی بررسی



۱ | مقایسه تطابق تاریخچه فشار مخزن در هر دو حالت

⁴ NTG

⁵ Skin

⁶ Aquifer

⁷ Property map

⁸ Evaluation

⁹ Gradient

¹⁰ Regression

¹¹ Root Mean Square

است. برای مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی با داده‌های واقعی، برنامه شبیه‌سازی از زمان شروع تولید مخزن تا حال حاضر به اجرا گذاشته می‌شود. در صورتی که اختلاف نتایج زیاد باشد، باید با تغییر پارامترهایی که در ادامه توضیح داده می‌شوند، مدل را به مدل واقعی نزدیک کرد. این فرایند تا جایی که تطابق تاریخچه قابل قبولی حاصل شود، ادامه خواهد یافت [۷،۶].

هم‌چنان‌که گفته شد، تطابق تاریخچه به دو روش متعارف دستی و خودکار انجام می‌شود. به‌طور کلی اولین مرحله تطابق تاریخچه، یافتن پارامترهایی است که دارای عدم قطعیت هستند. عموماً در روش متعارف، در هر اجرا مقدار یکی از پارامترهای دارای عدم قطعیت تغییر داده می‌شود، سپس اثر آن بر تولید و فشار مشاهده می‌گردد. بر اساس میزان تغییر فشار شبیه‌سازی شده با تغییر یک پارامتر، می‌توان به میزان حساسیت مدل به آن پارامتر پی برد. این فرایند کمک می‌کند تا پارامترهایی که بیش‌ترین اثر را بر تاریخچه تولید می‌گذارند، مشخص شوند. بعد از این‌که پارامترها با ضرایب بزرگی تغییر داده شدند و نتایج آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت، نوبت به تغییرات کوچک و محلی است تا پارامترها را به مقدار جزئی تغییر داده و تطابق قابل قبولی از مدل به‌دست آید. در طول فرایند تطابق، باید تغییر پارامترها بر مبنای واقعیت و در محدوده منطقی و معینی صورت پذیرد؛ در این حالت، معمولاً برای تنظیم پارامترهای مخزنی مختلف، به آزمون و خطا نیاز است. تا زمانی که بین عملکرد محاسبه شده و عملکرد واقعی میدان، تطابق قابل قبولی حاصل شود، آزمون و خطا ادامه می‌یابد. این کار می‌تواند بسیار وقت‌گیر باشد. روش خودکار نیز همانند تطابق تاریخچه متعارف است، با این تفاوت که در این روش به جای دخالت مستقیم مهندسی برای تنظیم داده‌های مخزن، از منطق و الگوریتم‌های کامپیوتری استفاده می‌شود [۷،۶].

برای این‌که خطای مدل ساخته شده با مدل واقعی به حداقل برسد، می‌توان پارامترهای تخلخل، تراوایی K_p و K_{rg} ، نسبت خالص به کل^۴، ضریب پوسته^۵ (آسیب سازند)، خواص سفره آبی^۶ (تخلخل، تراوایی و...)، داده‌های سیال (PVT)، سطوح تماس سیالات، تراوایی نسبی، تراکم پذیری، درجه اشباع، ضخامت h و خواص شکاف و ماتریکس مخازن شکاف‌دار را در فرایند تطابق تاریخچه تغییر داد. موارد یاد شده، تعدادی از پارامترهای دارای عدم قطعیت هستند که برای رسیدن به تطابق تاریخچه مطلوب، روی آن‌ها حساسیت‌سنجی انجام می‌شود. در فرایند حساسیت‌سنجی روی پارامترهای دارای عدم قطعیت، اطلاعات ذیل (در صورت وجود) به‌عنوان مبنای مقایسه به‌کار می‌روند:

- نرخ‌های تزریق
- نرخ جریان‌های نفت، آب و گاز
- نسبت گاز به نفت تولیدی
- نسبت آب به نفت تولیدی
- اطلاعات فشاری مخزن

در ادامه، اهمیت کیفیت تطابق تاریخچه بر عملکرد آینده مخزن، برای هر دو مدل مورد مطالعه، با چندین سناریوی تزریق گاز بررسی شده است.

۲-۲. مدل شماره ۱

مخزن شکاف‌دار مورد مطالعه از دو سازند سروک و ایلام از گروه بنگستان تشکیل شده است و در جنوب غربی ایران قرار دارد. فشار اولیه مخزن ۴۱۰۰ Psia و دمای آن ۱۵۰°F می‌باشد.

چنانچه برای یک مخزن شکاف‌دار، مطالعه شکاف انجام نشده باشد، در



می‌کنند. فشار امتزاج‌پذیری متان با سیال مخزن حدود ۸۱۰۰ Psia است؛ بنابراین عملاً متان با سیال این مخزن، امتزاج‌ناپذیر می‌باشد. مزیت اصلی استفاده از این گاز برای تزریق، بازیافت مجدد آن است. همچنین با استفاده از این گاز، مشکل خوردگی برای تجهیزات ایجاد نمی‌گردد.

ترکیب درصد Lean Gas برای تزریق در مخزن به‌صورت ۸۰ درصد متان، ۱۵ درصد اتان و ۵ درصد پروپان می‌باشد. فشار امتزاج‌پذیری این ترکیب با سیال مخزن نیز در حدود ۶۰۰۰ Psia است. بنابراین در فشار ۴۱۰۰ Psia مخزن، این دو سیال عملاً امتزاج‌ناپذیر خواهند بود؛ بنابراین می‌توان از این دو گاز برای تزریق غیرامتزاجی در لایه نفتی استفاده کرد. طبق نتایج جدول ۱، در این سناریو نیز میزان تولید تجمعی حالت دوم تطابق تاریخچه نسبت به حالت اول بیش‌تر و افت فشار مخزن نیز در این حالت کم‌تر است.

۳. مدل شماره ۲

در این مدل، مخزن مورد مطالعه در سازند آسماری و در جنوب غرب ایران در منتهی‌الیه ناحیه فروافتادگی دزفول قرار گرفته است. فشار اولیه مخزن ۵۵۰۰ Psia و دمای مخزن ۲۱۰°F می‌باشد.

در این‌جا نیز بعد از انجام آنالیز حساسیت‌سنجی بر روی پارامترهای دارای عدم قطعیت (که عمدتاً پارامترهایی چون خواص سفره آبی، تراوایی در جهت عمود و نوع سنگ^{۱۲} است)، برای فشارهای استاتیک میدان نیز توسط نرم افزار SimOpt، تطابق تاریخچه خودکار انجام شد. سپس دو حالت از مدل‌های تطابق تاریخچه انتخاب و بررسی شدند. در حالت اول، تطابق تاریخچه با دقتی در حدود ۹۰ درصد و در حالت دوم، تطابق تاریخچه با دقتی بالای ۹۵ درصد انتخاب گردید.

۳-۱. بررسی سناریوهای مختلف تزریق گاز بر روی مدل

مخزن مورد مطالعه در طی یک دوره سی‌ساله، تحت تخلیه طبیعی قرار داشته‌است و برای پیش‌بینی آینده مخزن و مقایسه نتایج، کلیه مطالعات در یک دوره ده‌ساله انجام شده است.

۱ | نتایج سناریوی تزریق گاز درون لایه نفتی برای مدل ۱

فشار مخزن (Psia)	تولید تجمعی نفت (Stb/d)	حالت اول تطابق (با دقت ۹۰ درصد)
۳۱۷۸	$۱/۸۸ \times ۱۰^۷$	C ₁
۳۲۰۰	$۲/۰۴ \times ۱۰^۷$	Lean Gas
فشار مخزن (Psia)	تولید تجمعی نفت (Stb/d)	حالت دوم تطابق (با دقت ۹۵ درصد)
۳۲۰۰	$۲/۱۰ \times ۱۰^۷$	C ₁
۳۲۳۶	$۲/۲۰ \times ۱۰^۷$	Lean Gas

۲ | نتایج سناریوی تزریق گاز درون لایه نفتی برای مدل ۲

فشار مخزن (Psia)	تولید تجمعی نفت (Stb/d)	حالت اول تطابق (با دقت ۹۰ درصد)
۴۶۳۵	$۴/۳۸ \times ۱۰^۸$	N ₂
۴۶۹۶	$۴/۶۱ \times ۱۰^۸$	Lean Gas
فشار مخزن (Psia)	تولید تجمعی نفت (Stb/d)	حالت دوم تطابق (با دقت ۹۵ درصد)
۴۵۹۸	$۴/۲۱ \times ۱۰^۸$	N ₂
۴۶۵۸	$۴/۴۰ \times ۱۰^۸$	Lean Gas

¹² Slim tube

¹³ Rock type

شده و بعد از آن، با چند نمونه گازی، سناریوی تزریق غیر امتزاجی گاز درون لایه نفتی انجام می‌گردد. در نهایت، از نتایج سناریوهای تزریق در ارزیابی تأثیر دقت تطابق تاریخچه در هر مدل استفاده می‌شود.

۱-۱-۲. پیش‌بینی تولید طبیعی مخزن

هدف از اجرای این سناریو، بررسی حداکثر میزان تولید مخزن به‌واسطه انرژی طبیعی مخزن است. نمودارهای مربوط به این حالت نشان می‌دهند که با تولید طبیعی، افت فشار بالایی در مخزن ایجاد می‌گردد که این امر نشان‌دهنده غیر صیانتی بودن برداشت است. میزان تولید تجمعی نفت در حالت اول تطابق با دقت ۹۰ درصد، برابر با $۱/۸۸ \times ۱۰^۷$ Stb/d بوده که از حالت دوم با میزان $۱/۹۹ \times ۱۰^۷$ Stb/d، کم‌تر است. همچنین میزان افت فشاری که در حالت اول به‌دست آمد، از حالت دوم تطابق که دارای دقتی بالای ۹۵ درصد است، بیش‌تر می‌باشد. لازم به ذکر است که فشار در حالت اول و دوم تطابق به‌ترتیب ۳۱۱۲ و ۳۱۶۰ Psia بوده است.

۲-۲-۲. تزریق گاز همراه به منظور تثبیت فشار

یکی از دلایل تزریق مجدد گاز همراه، می‌تواند بررسی حداقل میزان تزریق گاز در مخزن باشد. برای آگاهی از میزان تزریق در مخازنی که هیچ منبعی برای تأمین گاز تزرفی ندارند، این روش می‌تواند مفید باشد و تا حد امکان از افت فشار مخزن جلوگیری کند. در این حالت، گاز تفکیک شده مخزن با نصب کمپرسور، تحت فشار قرار می‌گیرد و دوباره به مخزن تزریق می‌گردد. در این سناریو با یکسان در نظر گرفتن محدوده دبی تولیدی با حالت تخلیه طبیعی، فشار مخزن نسبت به حالت تخلیه طبیعی، افت کم‌تری دارد که این کاهش افت فشار در بازیافت نهایی تأثیرگذار است. در این سناریو نیز میزان تولید تجمعی حالت اول تطابق تاریخچه نسبت به حالت دوم، کم‌تر و افت فشار مخزن نیز در این حالت بیش‌تر است. این در حالی است که میزان تولید تجمعی حالت اول و دوم به ترتیب $۲/۰۰ \times ۱۰^۷$ Stb/d و $۲/۰۵ \times ۱۰^۷$ Stb/d فشار مخزن در حالت اول ۳۱۵۲ Psia و در حالت دوم ۳۱۸۶ Psia می‌باشد.

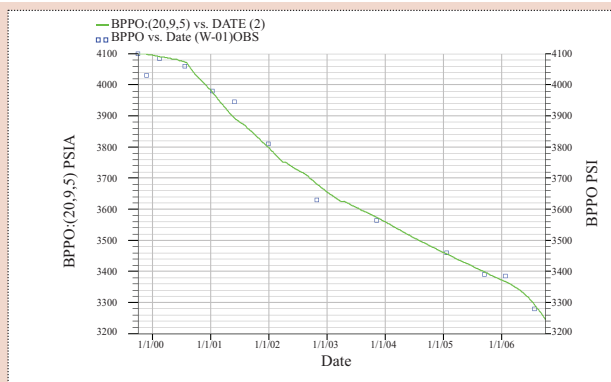
۳-۲-۲. تزریق گاز همراه به منظور افزایش ضریب بازیافت

در این سناریو، هم‌زمان با تزریق گاز همراه به مخزن، میزان تولید افزایش می‌یابد تا محدوده افت فشار مخزن با افت فشار در حالت تخلیه طبیعی یکسان شود. در این حالت، میزان ضریب بازیافت نسبت به حالت تخلیه طبیعی افزایش یافته است. همچنین میزان تولید تجمعی در حالت اول تطابق تاریخچه $۲/۱۵ \times ۱۰^۷$ Stb/d بوده که نسبت به حالت دوم با مقدار $۲/۲۸ \times ۱۰^۷$ Stb/d، کم‌تر است. در این سناریو نیز مانند دو سناریو قبل، افت فشار حالت اول تطابق بیش‌تر از حالت دوم می‌باشد. مقادیر فشار در حالت اول و دوم تطابق به ترتیب ۳۱۱۴ Psia و ۳۱۵۹ Psia است.

۴-۲-۱. شبیه‌سازی تزریق گاز درون لایه نفتی

برای بررسی تزریق گاز در لایه نفتی، دو نمونه گاز C₁ و Lean Gas برای تزریق غیرامتزاجی انتخاب شدند. همچنین با شبیه‌سازی دینامیکی مدل مخزن، الگوی پنج نقطه‌ای که شامل یک چاه تولیدی و چهار چاه تزرفی و الگوی پنج‌نقطه‌ای معکوس که شامل یک چاه تزرفی و چهار چاه تولیدی است، مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت، برای بررسی مدل واقعی مخزن، الگوی پنج‌نقطه‌ای انتخاب گردید. دلایل انتخاب این الگو عبارتند از:

۱. هزینه عملیاتی یک چاه تولیدی کم‌تر از هزینه عملیاتی یک چاه تزرفی است.
۲. گاز به علت دانسیته کم به سرعت به چاه‌های تولیدی رسیده و میزان GOR را افزایش می‌دهد. بنابراین بهتر است تعداد چاه‌های تزرفی کم‌تر از تعداد چاه‌های تولیدی باشد. با توجه به فشارهای به‌دست آمده از شبیه‌سازی آزمایش لوله قلمی^{۱۳}، دو گاز C₁ و Lean Gas، در فشارهای بسیار بالایی با سیال مخزن حالت امتزاج پیدا



۲ | مقایسه دقت تطابق تاریخچه فشار مخزن در هر دو حالت

میزان نفت تولیدی تجمعی همه سناریوهای تزریق از حالت دوم تطابق (دقت ۹۵ درصد)، کم تر بود. همچنین افت فشار مخزن در حالت اول نیز در تمام سناریوهای نسبت به حالت دوم تطابق بیشتر بود. این در حالی است که در مدل دوم، عکس رفتار مدل اول رخ داد؛ به طوری که نتایج میزان تولید تجمعی نفت همه سناریوهای تزریق حالت اول (دقت ۹۰ درصد) بیشتر از حالت دوم که دقت آن بالای ۹۵ درصد است، می باشد. افت فشار مخزن این مدل نیز در همه سناریوهای تزریق در حالت اول کم تر از حالت دوم است. با حساسیت سنجی روی پارامترهای دارای عدم قطعیت در دو مدل مخزنی متفاوت که سناریوهای مشابهی روی آن ها اعمال شد، نتیجه گرفته شد که افزایش دقت در تطابق تاریخچه، تأثیر مستقیمی بر روی کیفیت پیش بینی عملکرد آینده مخزن دارد؛ به طوری که در مدل اول، هر قدر که دقت تطابق افزایش یابد، تولید تجمعی نیز بیشتر و افت فشار مخزن کم تر می گردد؛ در حالی که در مدل دوم، با افزایش دقت تطابق، تولید تجمعی کم تر و افت فشار مخزن نیز بیشتر می شود. این بدین معنی است که صرف نظر از نوع مخزن، هر قدر که تطابق تاریخچه مدل مخزنی دقیق تر باشد، نتایج شبیه سازی مطمئن تر خواهد بود و عدم دقت کافی تطابق تاریخچه می تواند در مدیریت و محاسبات مربوط به مطالعات مخازن خطاهای بزرگی ایجاد نماید.

منابع

- [1] A. Satter, J. Varnon, and M. Hoang, "Integrated Reservoir Management", paper SPE 22350 presented at the 1992 SPE International Meeting on Petroleum Engineering, Beijing, March 24-27, (1992).
- [2] A.C. Gringarten, "Evolution of Reservoir Management Techniques: from Independent Methods to an Integrated Methodology, Center for Petroleum Studies, Imperial College of Science, Technology & Medicine, London, uk, Paper spe No39713.
- [3] C. Maschio, C. P. Viegas de Carvalho, D. J. Schiozer, "A new methodology to reduce uncertainties in reservoir simulation models using observed data and sampling techniques", Journal of Petroleum Science and Engineering 72 (2010).
- [4] E. Peters, R. J. Arts, G. K. Brouwer et al., "Results of the brugge benchmark study for flooding optimization and history matching," SPE Reservoir Evaluation and Engineering, vol. 13, no. 3, pp. 391-405, (2010).
- [5] GeoQuest, "Simopt Manual", Schlumberger, 2005A Version.
- [6] K. Aziz. and A. Settari, "Petroleum Reservoir Simulation", Blitzprint Ltd Alberta (2002).
- [7] K. A. Bishop and et al, "An Approach to the Problem of Slow Convergence for Automatic History Matching Procedures", SPE 5424 (1975).

۳-۱-۱. پیش بینی تولید طبیعی مخزن

در حالت اول تطابق (با دقت ۹۰ درصد)، میزان تولید تجمعی نفت این سناریو که بیانگر حداکثر تولید مخزن به واسطه انرژی طبیعی مخزن می باشد، از حالت دوم بیشتر است. همچنین افت فشاری که در حالت اول به دست آمده، از حالت دوم تطابق (با دقت بالای ۹۵ درصد) کم تر است. لازم به ذکر است که مقدار تولید تجمعی نفت در حالت اول و دوم تطابق به ترتیب $4/0 \times 10^8$ Stb/d و $3/0 \times 10^8$ Stb/d می باشد. همچنین فشار در حالت اول و دوم تطابق به ترتیب ۴۵۰۴ و ۴۴۵۶ Psia است.

۳-۱-۲. تزریق گاز همراه به منظور تثبیت فشار

با توجه به توضیحات داده شده، این سناریو در این مدل نیز به اجرا گذاشته شد. در این جا نیز میزان تولید تجمعی حالت اول تطابق نسبت به حالت دوم بیشتر و افت فشار مخزن کم تر است. این در حالی است که مقدار تولید تجمعی حالت اول و دوم به ترتیب $4/0 \times 10^8$ Stb/d و $3/90 \times 10^8$ Stb/d و فشار مخزن در حالت اول ۴۵۴۴ Psia و در حالت دوم ۴۴۹۸ Psia می باشد.

۳-۱-۳. تزریق گاز همراه به منظور افزایش ضریب بازیافت

در این سناریو، مقدار تولید تجمعی در حالت اول تطابق تاریخچه برابر با $4/30 \times 10^8$ Stb/d بوده که نسبت به حالت دوم که میزان آن، $4/10 \times 10^8$ Stb/d می باشد، بیشتر است. همچنین افت فشار حالت اول تطابق کم تر از حالت دوم است. مقادیر فشار در حالت اول و دوم تطابق به ترتیب ۴۵۰۵ و ۴۴۵۷ Psia می باشد.

۳-۱-۴. تزریق غیرامتزاجی گاز در لایه نفتی

فشار امتزاج پذیری نیتروژن با سیال مخزن مورد مطالعه طبق نتایج شبیه سازی آزمایش لوله قلمی حدود ۷۱۰۰ Psia است. بنابراین با توجه به فشار مخزن، عملاً نیتروژن با سیال مخزن امتزاج ناپذیر می باشد. مزیت اصلی استفاده از این گاز برای تزریق، دسترسی آسان و ارزان آن است.

ترکیب درصد Lean Gas برای تزریق در مخزن به صورت ۸۵ درصد متان، ۱۲ درصد اتان و ۳ درصد پروپان است. فشار امتزاج پذیری این ترکیب با سیال مخزن حدود ۶۳۰۰ Psia می باشد. بنابراین در فشار ۵۶۰۰ Psia مخزن، این دو سیال عملاً امتزاج ناپذیر خواهند بود؛ بنابراین می توان از این دو گاز برای تزریق غیرامتزاجی در لایه نفتی بهره برد. مطابق نتایج جدول ۲، در این سناریو نیز میزان تولید تجمعی حالت دوم تطابق نسبت به حالت اول کم تر و افت فشار مخزن بیشتر است.

نتیجه گیری

- ۱- در فرایند تطابق تاریخچه، مهم ترین مزیت روش خودکار نسبت به روش دستی این است که بعد از ساخت مدل مخزنی، با نرم افزار SimOpt می توان چندین اجرای تطابق تاریخچه که دارای خطای پایینی هستند را انتخاب کرد. با این کار می توان مدل شبیه سازی شده را ابتدا از لحاظ صحت مورد بررسی قرار داد. این بررسی از طریق مقایسه روند رفتار واقعی گذشته مخزن با مدل های حاصل شده از اجرای مختلف تطابق صورت می گیرد. در صورتی که رفتار تمام حالت های تطابق از یک روند مشابه پیروی کنند، مدل مخزنی موجود دارای ساختاری صحیح و منطقی خواهد بود. بعد از این مرحله، برای افزایش دقت و اعتماد به نتایج شبیه سازی، می توان آنالیز حساسیت سنجی را تا زمانی که خطا (RMS) به حداقل ممکن برسد، ادامه داد. انجام این مراحل از طریق نرم افزارهایی چون SimOpt که تطابق تاریخچه را به صورت خودکار انجام می دهند، میسر است و با روش دستی بسیار زمان بر می باشد.
- ۲- در مدل ۱ (مخزن شکاف دار)، در حالت اول تطابق (دقت ۹۰ درصد)، نتایج