

## حساسیت‌سنجی تعداد چاه‌های حفاری جهت دسترسی به ضریب بازیافت و زمان نگهداشت تولید در یکی از میادین نفتی ایران

شاهین پرچه‌خواری<sup>\*</sup>، سرپرست گروه ارزیابی مخازن شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب ■ سپهر سپهری، مدیرعامل شرکت پترو ایران ■ امین صادقی، کارشناس ارشد عملیات اکتشاف نفت و گاز شرکت پترو ایران ■ فرهاد رشیدی، معاون عملیات حفاری شرکت حفاری دانا کیش

### چکیده

در این تحقیق تعداد چاه‌های لازم جهت حفاری برای دستیابی به ضریب بازیافت و سقف تولید بهینه برای یک میدان کربناته در ایران مورد بررسی قرار می‌گیرد. روش مورد استفاده در این پروژه، شبیه‌سازی مخزن با استفاده از شبیه‌ساز Eclipse ۱۰۰ و مدل واقعی میدان است. تولید فعلی نفت میدان ۴ هزار بشکه در روز بوده است. برای رسیدن به تولید نفت نمکی به میزان ۱۲ هزار بشکه در روز برای تأمین نیاز پالایشگاه، سناریوهای مختلف با تعداد چاه‌های جدید حفاری برای یافتن تعداد بهینه چاه برای دسترسی به ضریب بازیافت و زمان تولید بهینه اجرا شد. شبیه‌سازی نشان می‌دهد که تعداد بهینه چاه‌های جدید جهت دسترسی به ضریب بازیافت ۱۹ درصد و زمان نگهداشت ۱۰ ساله، ۳ حلقه چاه عمودی است.

### اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۸/۱۱/۱۸  
تاریخ ارسال به داو: ۹۸/۱۱/۲۶  
تاریخ پذیرش داو: ۹۹/۰۱/۰۹

### واژگان کلیدی:

دبی بهینه، شبیه‌سازی، حساسیت‌سنجی، ضریب بازیافت، بازیافت.

### مقدمه

به‌طور کلی مخازن لایه نازک به صورت نفت بین کلاهدک گازی و آبدسته‌بندی می‌شوند. [۱] حساسیت‌سنجی عبارت است از مطالعه نحوه عدم قطعیت در خروجی یک مدل ریاضی یا سیستم (عددی یا غیر عددی) که می‌تواند به منابع مختلف عدم قطعیت در ورودی‌های آن تقسیم شود [۲،۴] میدان نفتی مورد بررسی در استان لرستان در ایران واقع شده است. سه چاه تولیدی در گروه بنگستان تکمیل شده است. خصوصیات اولیه مخزن در جدول ۱ ارائه شده است. تولید فعلی میدان ۴۰۰ بشکه در روز نفت شیرین از سه حلقه چاه موجود است. برای توسعه میدان، طرح تولید نفت نمکی با برش آب ۲۵ درصد طراحی شد زیرا نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد در صورت استمرار تولید طبیعی با سه حلقه چاه موجود پس از سه سال تولید میدان به ۱۵۰۰ بشکه در روز می‌رسد. لذا با توجه به نصب واحد نمک‌زدایی جدید تصمیم به تولید نفت نمکی شد. ظرفیت نمک‌زدایی ۱۵ هزار بشکه در روز است. لذا تصمیم گرفته شد با حفاری چاه‌های جدید، تولید روزانه میدان ۱۲ هزار بشکه نفت نمکی شود و حساسیت‌سنجی بر روی تعداد چاه‌های حفاری جدید انجام شد.

### ۱-۱- خواص سیالات مخزن

با استفاده از ماژول رگرسون نرم‌افزار خصوصیات شبیه‌سازی شده خواص سیال مخزن با PVTi شبیه‌سازی شد. نرم‌افزار تهیه شده به خصوصیات واقعی اندازه‌گیری شده نزدیک شد. [۵] نمودار فازی سیال مخزن در شرایط نمونه‌گیری رسم شده و شرایط دما و فشار اولیه مخزن بر روی آن اعمال و مشخص شد که مخزن در نقطه بالای نقطه شبنم است. برخی از نمودارهای تطابق خصوصیات و نمودار فازی در شکل‌های ۱ تا ۵ آورده شده‌اند. در نهایت، فایل خروجی شبیه‌سازی سیال مخزن جهت ورودی اکلیپس تهیه شد.

### ۲-۱- خصوصیات سنگ مخزن

از معادله‌ی کوری و روابط محاسباتی برای محاسبه نفوذپذیری نسبی و روش تابع J برای محاسبه فشار موینگی استفاده می‌شود. نمودارهای ۶ تا ۹ خصوصیات سنگ مخزن را نشان می‌دهد. [۲]

### ۳-۱- آغاز سازی مدل

ابتدا مدل‌سازی در بخش تعیین خواص مخزن با استفاده از داده‌های تجزیه و تحلیل انجام شد. همان‌طور که در بخش قبلی توضیح داده شد، خواصی مانند اشباع آب، تخلخل، نفوذپذیری و نسبت خالص به نسبت ناخالص و سایر خصوصیات مخزنی برای مدل تهیه شد. [۳،۶] همچنین با استفاده از

۱ | مشخصات اولیه مخزن

پارامتر	مقدار اولیه
سال شروع تولید	۱۹۹۰
فشار اولیه مخزن (پام)	۲۱۴۷/۷
دمای مخزن (فارتناهیات)	۱۴۱/۱
Compressibility factor (1/psi)	۳/E ۳ ۰/۵
متوسط اشباع آب (درصد)	۵۰/۹
فشار نقطه حباب (پام)	۱۹۹۵
چگالی گاز	۰/۵۹
چگالی نفت	۰/۸۲
فشار آب مخزن (پام)	۲۴۷۱/۶
Aquifer model	کارت‌تریسی
متوسط تخلخل (درصد)	۵/۱۱
متوسط نفوذپذیری (میلی داریسی)	۵

\* نویسنده عهد‌دار مکاتبات (Parchekhari@yahoo.com)

۱- تاریخچه تولید نفت باید به‌طور کامل با نتایج شبیه‌سازی تطابق داشته باشد.  
 ۲- تطابق فشاری با حداکثر اختلاف فشار ۵۰ پام بین شبیه‌ساز و واقعیت قابل قبول است.  
 شکل‌های ۱۰ و ۱۱ تطابق تولید و فشار میدان را نشان می‌دهند.

#### ۶-۱- شبیه‌سازی رفتار مخزن

با توجه به شرایط موجود و هزینه سناریوهای مختلف، فاز تولید مخزن در طی یک مطالعه میدانی برای تحلیل شرایط آینده مخزن و تعیین بهترین سناریو تولیدی انجام می‌شود. پس از دستیابی به تطابق تاریخچه و تنظیم پارامترهای مخزن و تکمیل مدل پویای آن، شرایط آینده میدان نیز مورد تحلیل قرار گرفت. در این راستا، سناریوهای مختلف تولید میدان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تولید فعلی نفت شیرین میدان، ۴ هزار بشکه در روز است. یک واحد نمک‌زدایی با برش آب ۲۵ درصد جهت تولید ۱۲ هزار بشکه در روز نفت نمکی با نسبت تولید گاز به نفت ۸۰۰ فوت مکعب بر بشکه طراحی شد. سناریوهای مختلف با تعداد زیادی از چاه‌های جدید حفاری برای یافتن تعداد بهینه چاه برای به‌دست آوردن بهینه‌ترین ضریب بازیافت و تولید به اجرا گذاشته شد.

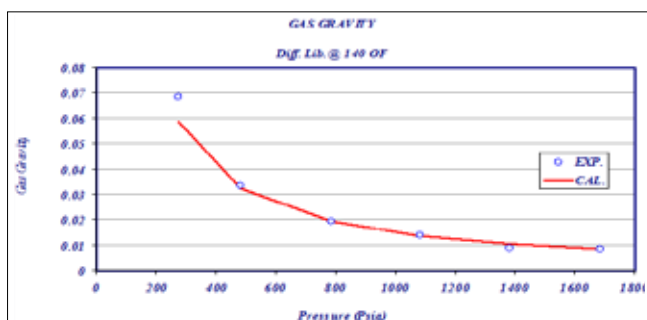
جداول خصوصیات سنگ مخزن فشار موینگی و اشباع آب به مدل داده شد و اشباع اولیه آب برابر یک درصد محاسبه شد. بر اساس ارزیابی انجام شده، فشار اولیه نفت میدان در عمق مینای ۲۰۰۱ فوت زیر سطح دریا برابر ۲۱۴۷ پام در نظر گرفته شد.

#### ۴-۱- حجم در جای سیالات

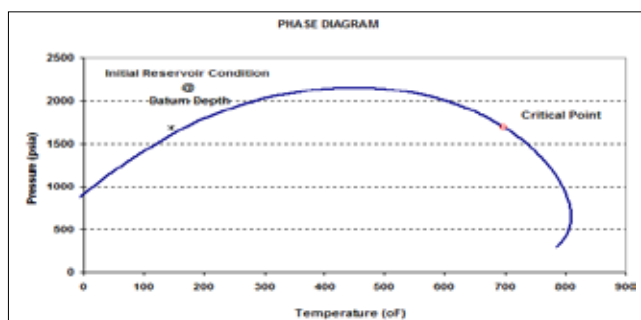
پس از آغاز سازی مدل میزان نفت در جای محاسبه شده در مخزن معادل ۵۳۱,۶ میلیون بشکه برآورد شد.

#### ۵-۱- نحوه تطابق تاریخچه مدل مخزنی

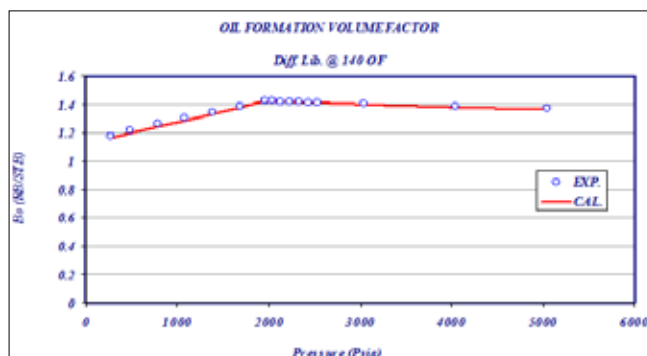
هدف از مرحله‌ی سازگاری تاریخچه مخزن، تعدیل داده‌های ورودی مدل (داده‌های زمین‌شناسی و مخزنی) است، به‌طوری‌که نتایج مدل شبیه‌سازی به نتایج واقعی نزدیک شود. این بخش شبیه‌سازی مخزن، بدون نتایج مطلق و دقیق، وقت‌گیر است. بنابراین تطبیق یک نقطه نمی‌تواند حتی با اطلاعات کامل قابل دسترسی باشد. در این مطالعه تلاش شده است تا مدل شبیه‌ساز در نزدیکی مخزن واقعی را با استفاده از چندین مدل آماده‌سازی کنیم. در این راستا تلاش شد تاریخچه تولید نفت و فشار چاه شماره ۱ توسط نرم‌افزار اکلیپس ۱۰۰ مورد تطابق قرار گیرد. محدوده‌های قابل قبول در تطابق تاریخچه به این صورت است:



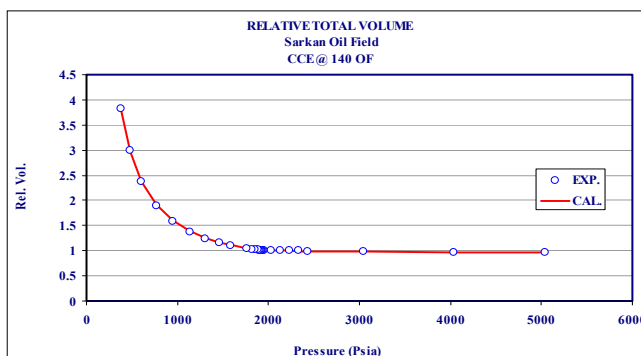
شکل ۳ | چگالی گاز بر حسب فشار



شکل ۱ | نمودار فازی در شرایط اولیه



شکل ۴ | ضریب حجمی نفت



شکل ۲ | حجم نسبی بر اساس فشار

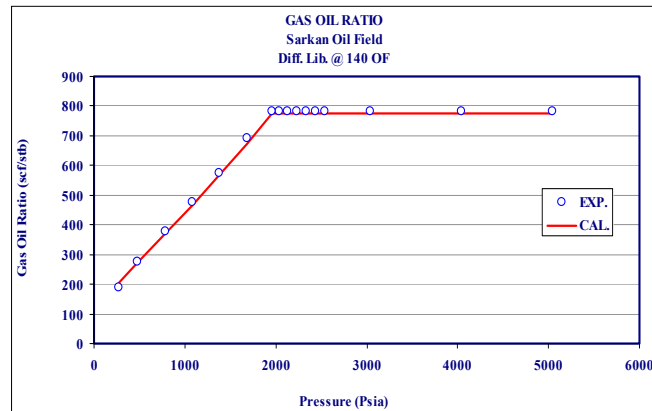
۲-۱- سناریوهای تعریف شده

جهت دسترسی به فرضیات طرح توسعه میدان سناریوهای زیر تعریف شد:

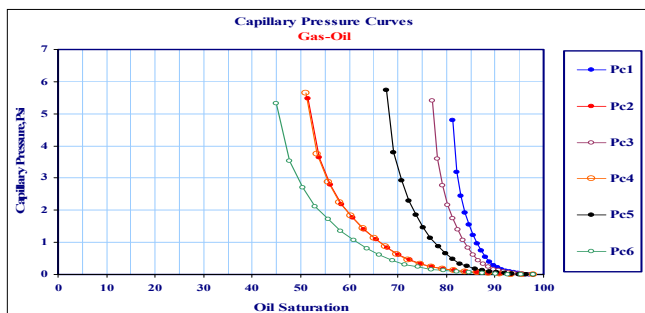
- ۱- سناریو تولید با حفاری یک چاه جدید
- ۲- سناریو تولید با حفاری دو چاه جدید
- ۳- سناریو تولید با حفاری سه چاه جدید
- ۴- سناریو تولید با حفاری چهار چاه جدید

در همه این سناریوها حداکثر برش آب ۲۵ درصد و ماکزیم برش آب هر چاه ۴۰ درصد در نظر گرفته شد و چنانچه تولید آب هر چاه از ۴۰ درصد بیشتر شود، دبی تولید نفت ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. در نمودار ۱۲ و ۱۳ نتایج این سناریوها مشخص شده است.

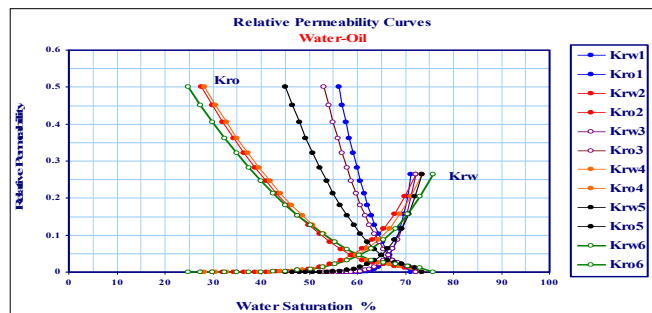
خلاصه نتایج سناریوهای مختلف در جدول شماره ۲ ارائه شده است:



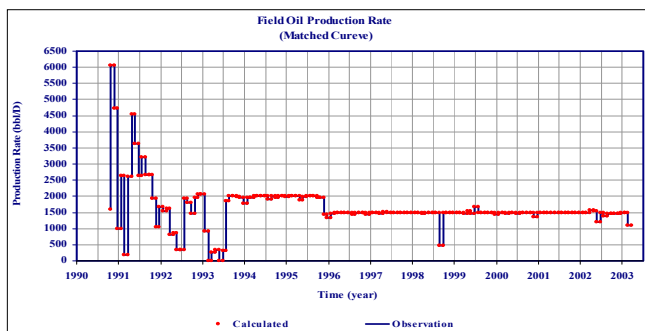
شکل ۵ | نسبت گاز به نفت محلول



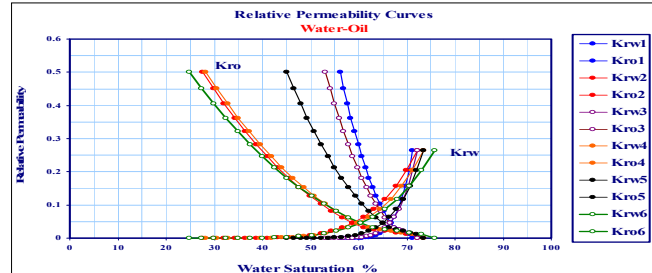
شکل ۹ | فشار موینگی گاز-نفت



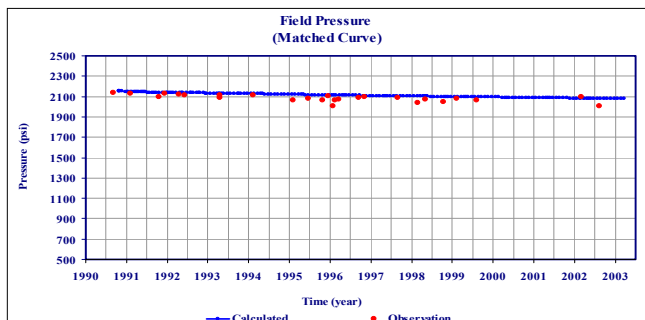
شکل ۶ | تراوایی نسبی آب-نفت



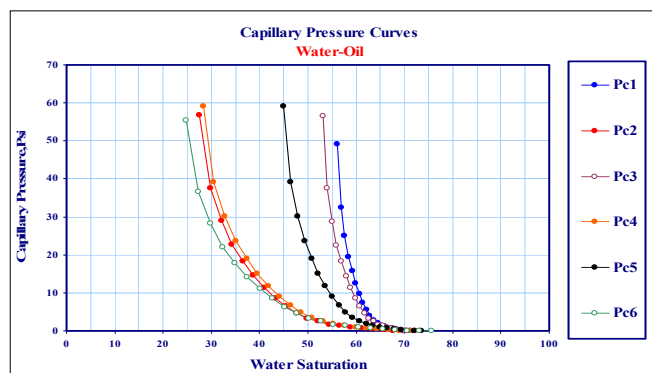
شکل ۱۰ | تطابق تاریخچه تولید نفت



شکل ۷ | تراوایی نسبی گاز-نفت



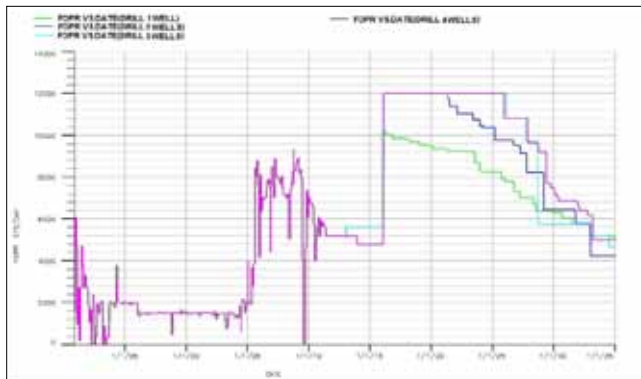
شکل ۱۱ | تطابق تاریخچه فشار مخزن



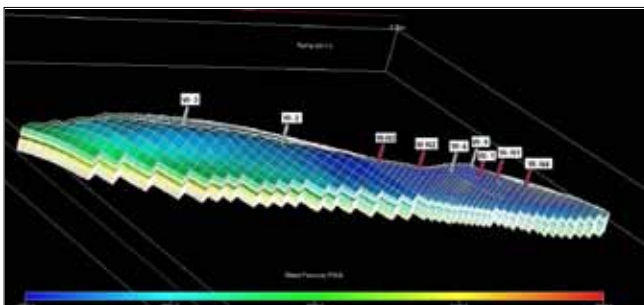
شکل ۸ | فشار موینگی آب-نفت

۲- نتیجه گیری

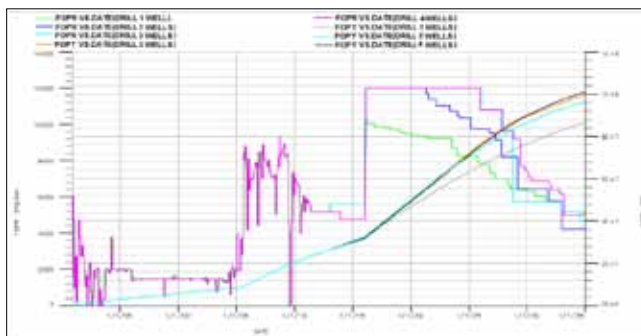
با توجه به اینکه شبیه‌سازی نشان می‌دهد که تولید نفت میدان مورد مطالعه با ۳ حلقه چاه موجود طی ۴ سال آینده از ۴ هزار بشکه در روز کاهش شدیدی خواهد داشت، بنابراین به‌دست آوردن تعداد مطلوب چاه جهت افزایش تولید میدان از لحاظ اقتصادی بسیار مهم است. جهت دستیابی به تولید هدف ۱۲ هزار بشکه در روز، حساسیت‌سنجی بر روی تعداد چاه‌های جدید انجام شد که بهینه‌ترین تعداد چاه مطابق اجراهای صورت گرفته در این مطالعات حفاری، ۳ حلقه چاه جدید در میدان و رسیدن به زمان نگهداشت ۱۰ ساله با تولید نفت ۱۲ هزار بشکه در روز و نسبت گاز به نفت ۸۰۰ فوت مکعب بر بشکه است. ■



شکل ۱۲ | تولید روزانه نفت با حفاری چاه‌های جدید



شکل ۱۴ | موقعیت چاه‌های میدان



شکل ۱۳ | تولید روزانه و تجمعی نفت میدان با حفاری چاه‌های جدید

جدول ۲ | نتایج سناریوهای تولیدی با حفاری چاه‌های جدید زمان نگهداشت

تعداد چاه‌های جدید (حلقه)	تولید نفت (بشکه در روز)	ماکزیمم حد برش آب (درصد)	ماکزیمم نسبت گاز به نفت (بشکه/فوت مکعب)	تولید تجمعی نفت (میلیون بشکه)	ضریب بازیافت (درصد)	زمان نگهداشت (سال)
۰	۴۰۰۰	۰	۸۰۰	۶۹	۱۳/۳	-
۱	۱۲۰۰۰	۲۰	۸۰۰	۸۸	۱۶/۵	-
۲	۱۲۰۰۰	۲۰	۸۰۰	۹۶	۱۸	۵
۳	۱۲۰۰۰	۲۰	۸۰۰	۱۰۱	۱۹	۱۰ (سناریو بهینه)
۴	۱۲۰۰۰	۲۰	۸۰۰	۱۰۱	۱۹	۱۰

منابع

[1]. Saidi, A., Tehrani, D.H. and Wit, K., 1980. "Mathematical Simulation of Fracture Reservoir Performance, Based on Physical Model Experiments", Developments in Reservoir Engineering, paper PD 10 (3)-Proceedings 10th World Petroleum Congress (1979).

[2]. Ferno, M.A., Ersland, G., Haugen, A., Stevens, J. and Howard, J.J., "Visualizing Fluid Flow with Mariin Oil-Wet Fractured Carbonate Rock" SCA2007-12 (2007).

[3]. Stones, E.J., Mardsen, S.S. and Zimmerman, S.A. "Gravity-Induced Drainage from Fractured Porous Media", SPE 24042, Presented at the Western Regional Meeting, Bakersfield, CA, March 30-April 1, (1992).

[4]. Saidi, A., Simulation of Naturally Fractured Reservoir, Paper SPE12270 Presented at the SPE Symposium on Reservoir Simulation, San Francisco, November 16-18 (1983).

[5]. Eirik Aspnes, "Wettability Effects on Oil Recovery Mechanisms in Fractured Chalk", Bergen, November, (2006).

[6]. Horie, T., Firoozabadi, A., Ishimoto, K., Laboratory Studies of Capillary Interaction in Fracture Reservoir Systems, SPE-18282, SPE Reservoir Engineering, 5 (3), p. 353 (1990).