



عنوان مسابقه: مسابقه دانشجویی بهینه سازی توسعه میدان

با محورهای: بهینه سازی مکان چاه، بهینه سازی پارامترهای کنترلی چاه و بهینه سازی همزمان مکان و پارامترهای کنترلی چاه

شرح مسابقه:

صورت مساله مسابقه بهینه سازی توسعه میدان به شرح زیر می باشد: در طول انجام مسابقه در صورت ایجاد هرگونه تغییر در جزئیات مسابقه، مراتب به شرکت کنندگان اعلام خواهد گردید.

در این مسابقه مدل دینامیک مخزن برای یک میدان نفتی در قالب یک فایل آماده شبیه ساز تجاری به شرکت کنندگان داده خواهد شد. شرکت کنندگان میتوانند با ثبت نام در مسابقه و دریافت نام کاربری، فایل های مربوطه را دریافت نمایند. مسابقه در سه قسمت انجام خواهد شد و شرکت کنندگان می توانند در یک یا چند مورد از آنها شرکت کنند.

در این مسابقه، دو چالش اساسی برای دستیابی به سناریوی بهینه توسعه و تولید از میدان مطرح خواهد بود:

(۱) بهینه سازی چند سطحی (Multilevel Optimization): چگونه می توان به نحو مؤثری پارامترهای تحت بهینه سازی را در تراز میدان و چاه از هم جداسازی کرد و ابتدا بهینه سازی الگوی جانمایی چاه ها را انجام داد و سپس به بهینه سازی پارامترهای کنترلی چاه پرداخت؟

(۲) بهینه سازی همزمان کل میدان (Synchronous Full Field Optimization): چگونه و با چه راه حلی می توان بر مشکل ابعاد زیاد (Curse of Dimensionality) در مسأله بهینه سازی همزمان به لحاظ ترکیب کل پارامترهای جانمایی چاه ها (تراز میدان) و کنترلی چاه ها (تراز چاه) غلبه کرد؟

برنامه انجام مسابقه به شرح زیر است:

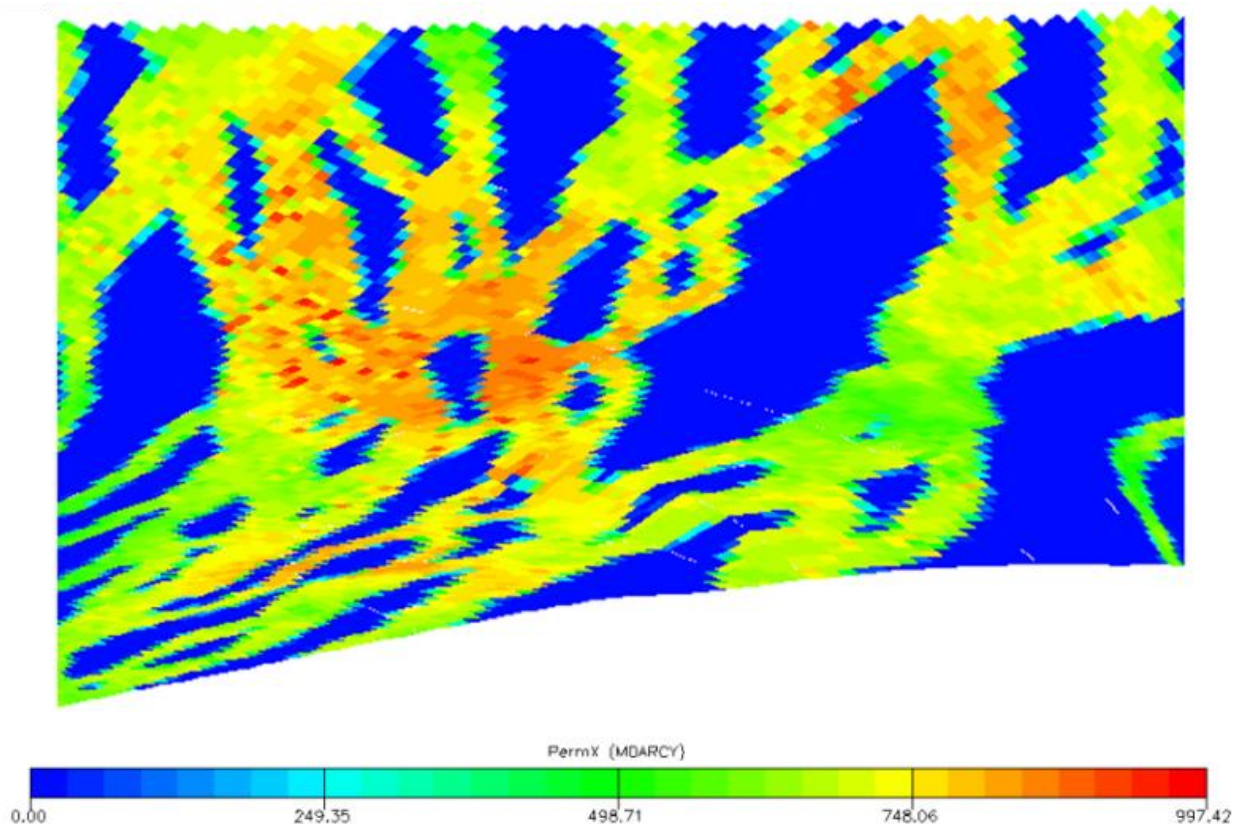
۱. اعلان عمومی مسابقه روی سایت و آغاز ثبت نام از ۲۸ مهرماه
۲. بارگذاری فایل داده ها و فعالسازی قابلیت دانلود برای شرکت کنندگان
۳. برگزاری سمینارهای آموزشی مرتبط در نیمه دوم دی ماه
۴. آغاز ارسال چکیده گزارش در نیمه اول دی شامل اشاره به موارد زیر:
 - پیشینه ارزش خالص حال (NPV) در هر یک از مسابقات،
 - نوع روش مورد استفاده برای بهینه سازی اعم از الگوریتمهای بهینه سازی تکاملی، تصادفی، گرادیان پایه، استفاده از پروکسی (Surrogate Modeling) و روشهای حساسیت سنجی و طراحی آزمایش (Design of Experiment) مورد استفاده، روشهای کاهش مرتبه (ROM و POD)، روشهای غربالگری (Screening) و بهسازی، روشهای مبتنی بر معیارهای فرصت استاتیک و دینامیک مخزن (ROI, SOI, DM)، روشهای تصمیم سازی چندمعیاره، قضاوت مهندسی و سایر روشها و یا ترکیبی از دو یا چند روش،
 - تعداد شبیه سازی ها و زمان لازم برای همگرایی همراه با ارائه مشخصات پردازشی و حافظه دستگاه مورد استفاده (لازم به ذکر است که NPV معیار مقایسه نتایج شرکت کنندگان خواهد بود).
۵. پایان زمان فرستادن خلاصه گزارش نیمه اول بهممن
۶. اعلان پذیرفته شدگان در نیمه دوم بهممن
۷. ارسال چکیده کاملتر در نیمه اول اسفند شامل موارد زیر:
 - تعداد چاه های تولیدی و تزریقی،

- دبی اختصاص یافته به هر کدام از چاه های تولیدی یا تزریقی،
- الگوی جانمایی و فاصله چاه های تزریقی و تولیدی،
- بازه های تکمیل و مشبک کاری چاه ها.

۸. ارائه نتایج شبیه سازی، فایل ها و سناریوی بهینه شده در یک کارگاه حضوری در نیمه دوم اسفند و معرفی برگزیدگان نهایی

معرفی مدل مخزن:

مدل مخزن مورد استفاده در این مسابقه برگرفته از یکی از میادین نفتی واقع در دریای شمال است که به عنوان مدل استاندارد برای مسابقه بهینه سازی توسعه میدان^۱ طراحی گردیده است. این مدل با ابعاد ۹ کیلومتر در ۶ کیلومتر، شامل ۱۱۸، ۱۸۱ و ۱۶ گرید شبیه سازی در راستای x ، y و z می باشد. در مجموع مدل مخزن حاوی ۳۴۲ هزار گرید می باشد. ابعاد هر گرید شبیه سازی در راستای x ، y و z به ترتیب ۵۰، ۵۰ و ۳ متر می باشد. ضخامت لایه مخزنی این مدل ۵۰ متر است که به دو ناحیه تقسیم بندی شده که با استفاده از یک لایه شیلی ناتراوا از یکدیگر مجزا شده اند. متوسط تراوایی افقی و عمودی مخزن به ترتیب ۱۳۸ و ۱۲٫۳ میلی داری می باشد. سیال مخزن از نوع نفت مرده است. سطح تماس آب و نفت در عمق ۲۰۹۲ متری قرار دارد که فشار مینا در این عمق ۲۹۷۳ پام می باشد. مدل اولیه مخزن شامل ۱۱ چاه تولیدی و ۷ چاه تزریقی است که تحت شرایط کنترلی فشار ته چاهی ثابت قرار دارند. نقشه تراوایی برای لایه اول این مخزن در شکل شماره ۱ نشان داده شده است:



شکل شماره ۱- نقشه توزیع تراوایی در لایه اول مخزن

¹ TNO, ISAPP field development optimization challenge (Olympus model)

مسابقه شماره ۱: بهینه سازی پارامترهای کنترلی چاه های تولیدی و تزریقی

در این مسابقه موقعیت چاه های تولیدی و تزریقی در حین فرآیند بهینه سازی ثابت بوده و هدف تعیین بهترین شرایط برای چاه تولیدی و تزریقی است بگونه ای که مقدار تابع هدف (NPV) حداکثر شود. شرکت کنندگان در انتخاب نوع شرط کنترلی چاه ها (دبی یا فشار) آزاد هستند و صرفا بایستی مقادیر تخصیص یافته به هر چاه، در محدوده مجاز ذکر شده در جدول شماره ۱ باشد. شرایط کنترلی چاه ها (دبی یا فشار) می تواند هر ۳ ماه یکبار تغییر کند.

جدول شماره ۱- محدودیت های عملیاتی در مساله بهینه سازی پارامترهای کنترلی چاه

پارامتر	مقدار	واحد
حداکثر دبی تولید نفت	۶۰۰۰	بشکه در روز
حداکثر دبی تزریق آب	۱۰۰۰۰	بشکه در روز
حداقل فشار ته چاهی	۲۲۰۰	پام
حداکثر فشار تزریق	۳۴۰۰	پام
حداکثر میزان برش آب	۹۰	درصد

شرکت کنندگان بایستی عملکرد روش ارائه شده را با مقدار تابع هدف برای مدل شاخص مقایسه کنند. مدل شاخص با حداقل فشار ته چاهی تولید می کند و چاه های تزریقی نیز دارای حداکثر فشار تزریق هستند. در صورتیکه در مدل شاخص مقدار برش آب از مقدار ۹۰ درصد بیشتر شود، چاه تولیدی می بایست از سطح بسته می شود، همچنین امکان تغییر در مشبک چاه های موجود (بستن مشبک ها) یا حفاری بیشتر این چاهها وجود ندارد. شبیه سازی برای مدت زمان ۲۰ سال صورت می گیرد و عملکرد روش بهینه سازی ارائه شده در مسابقه، با استفاده از مقادیر گزارش شده برای تابع هدف (ارزش خالص فعلی) ارزیابی می شود. در کلیه روش های بهینه سازی ارائه شده، تابع هدف بایستی بر اساس فرمول شماره ۱ محاسبه شود:

$$NPV = \sum_{i=1}^{N_t} \frac{R(t_i)}{(1+d)^{t_i/\tau}} \quad \text{فرمول شماره ۱}$$

که در این رابطه t اندیس مربوط به بازه زمانی با طول $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$ می باشد که در زمان آغاز t_{i-1} و در زمان پایان می یابد (واحد زمان روز می باشد). N_t تعداد بازه های زمانی در مدت زمان تولید، d نشان دهنده نرخ تنزیل، τ بازه زمانی برای تنزیل (۳۶۵ روز) و $R(t_i)$ مجموع تمام هزینه ها و درآمدهایی است که در بازه Δt_i اتفاق می افتد. برای یکسان سازی مقایسه همه شرکت کنندگان، بازه زمانی بصورت ماهانه در نظر گرفته می شود. عبارت $R(t_i)$ از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$R(t_i) = Q_{op}(t_i) \cdot r_{op} - Q_{wp}(t_i) \cdot r_{wp} - Q_{wi}(t_i) \cdot r_{wi}$$

در رابطه بالا $Q_{op}(t_i)$ ، $Q_{wp}(t_i)$ و $Q_{wi}(t_i)$ به ترتیب نشان دهنده مقدار تجمعی نفت تولیدی، آب تولیدی و میزان آب تزریقی در بازه زمانی Δt_i است. بعنوان مثال میزان نفت تولیدی در این بازه زمانی برابر است با:

$$Q_{op}(t_i) = FOPT(t_i) - FOPT(t_{i-1})$$



همچنین r_{wi} و r_{wp} ، r_{op} به ترتیب نشان دهنده قیمت نفت تولیدی، هزینه آب تولیدی و آب تزریقی می باشد. پارامترهای اقتصادی مورد نیاز برای محاسبه مقدار تابع هدف در جدول شماره ۲ گزارش شده است:

جدول شماره ۲- پارامترهای اقتصادی برای محاسبه تابع هدف

پارامتر	مقدار	واحد
قیمت نفت	۶۰	دلار بر بشکه
هزینه آب تولیدی	۶	دلار بر بشکه
هزینه آب تزریقی	۳	دلار بر بشکه
نرخ تنزیل سالیانه	۱۰	درصد
مدت زمان شبیه سازی	۲۰	سال

مسابقه شماره ۲: بهینه سازی موقعیت چاه های تولیدی و تزریقی

در این مسابقه شرایط عملیاتی چاه های تولیدی و تزریقی ثابت بوده (چاه های تولیدی با حداقل فشار ته چاهی و چاه های تزریقی با حداکثر فشار تزریقی) و هدف تعیین بهترین موقعیت برای چاه تولیدی و تزریقی در مخزن است بصورتیکه مقدار تابع هدف (NPV) حداکثر شود. شرکت کنندگان در انتخاب تعداد چاه های تولیدی و تزریقی آزاد هستند، اما بایستی محدودیت های ذکر شده در جدول شماره ۳ را رعایت کنند. شایان ذکر است که با توجه به چالش های موجود در بهینه سازی موقعیت چاه افقی در شبیه ساز و نیز محدودیت زمانی موجود در مسابقه، چاه های جدید صرفاً می بایست بصورت عمودی در نظر گرفته شوند.

جدول شماره ۳- محدودیت های عملیاتی در مساله بهینه سازی موقعیت چاه های تولیدی و تزریقی

پارامتر	مقدار	واحد
حداکثر دبی تولید نفت	۶۰۰۰	بشکه در روز
حداکثر دبی تزریق آب	۱۰۰۰۰	بشکه در روز
حداقل فشار ته چاهی	۲۲۰۰	پام
حداکثر فشار تزریق	۳۴۰۰	پام
حداکثر میزان برش آب	۹۰	درصد

شرکت کنندگان بایستی عملکرد روش ارائه شده را با مقدار تابع هدف برای مدل شاخص مقایسه کنند. مدل شاخص با حداقل فشار ته چاهی تولید می کند و چاه های تزریقی نیز دارای حداکثر فشار تزریق هستند. عملکرد روش بهینه سازی ارائه شده در مسابقه، با استفاده از مقادیر گزارش شده برای تابع هدف (ارزش خالص فعلی) ارزیابی می شود. در کلیه روش های بهینه سازی ارائه شده، تابع هدف بایستی بر اساس فرمول شماره ۲ محاسبه شود:

$$NPV = \sum_{i=1}^{N_t} \frac{R(t_i)}{(1+d)^{t_i/\tau}} \quad \text{فرمول شماره ۲}$$

که در این رابطه t اندیس مربوط به بازه زمانی با طول $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$ می باشد که در زمان آغاز t_{i-1} و در زمان پایان می یابد (واحد زمان روز می باشد). N_t تعداد بازه های زمانی در مدت زمان تولید، d نشان دهنده نرخ تنزیل، τ بازه زمانی برای تنزیل (۳۶۵ روز) و $R(t_i)$



مجموع تمام هزینه ها و درآمدهایی است که در بازه Δt_i اتفاق می افتد. برای یکسان سازی مقایسه همه شرکت کنندگان، بازه زمانی بصورت ماهیانه در نظر گرفته می شود. عبارت $R(t_i)$ از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$R(t_i) = Q_{op}(t_i) \cdot r_{op} - Q_{wp}(t_i) \cdot r_{wp} - Q_{wi}(t_i) \cdot r_{wi} - D(t_i)$$

در رابطه بالا $Q_{op}(t_i)$ ، $Q_{wp}(t_i)$ و $Q_{wi}(t_i)$ به ترتیب نشان دهنده مقدار تجمعی نفت تولیدی، آب تولیدی و میزان آب تزریقی در بازه زمانی Δt_i است. بعنوان مثال میزان نفت تولیدی در این بازه زمانی برابر است با:

$$Q_{op}(t_i) = FOPT(t_i) - FOPT(t_{i-1})$$

همچنین r_{op} ، r_{wp} و r_{wi} به ترتیب نشان دهنده قیمت نفت تولیدی، هزینه آب تولیدی و آب تزریقی می باشد. $D(t_i)$ هزینه کلی حفاری و تکمیل چاه در بازه زمانی Δt_i می باشد که به همراه سایر پارامترهای اقتصادی مورد نیاز برای محاسبه تابع هدف، در جدول شماره ۴ گزارش شده است:

جدول شماره ۴- پارامترهای اقتصادی برای محاسبه تابع هدف

واحد	مقدار	پارامتر
دلار بر بشکه	۶۰	قیمت نفت
دلار بر بشکه	۶	هزینه آب تولیدی
دلار بر بشکه	۳	هزینه آب تزریقی
هزینه (دلار) و فاصله ها (متر)	$5000 \times \Delta Z$	هزینه حفاری و تکمیل
میلیون دلار	۳۰۰	حداکثر هزینه سرمایه‌های (CAPEX)
درصد	۱۰	نرخ تنزیل سالیانه
سال	۲۰	مدت زمان شبیه سازی

مدت زمان حفاری هر چاه (بر حسب روز) با استفاده از فرمول شماره ۳ محاسبه می شود:

$$\Delta t_D = 0.015 \times \Delta Z \quad \text{فرمول شماره ۳}$$

بعنوان مثال و با استفاده از مقادیر موجود در جدول شماره ۴، زمان حفاری و تکمیل یک چاه عمودی ۲۰۰۰ متری برابر با ۳۰ روز و هزینه آن ۱۰ میلیون دلار می باشد. شایان ذکر است که حداکثر هزینه سرمایه‌های (CAPEX) فقط مربوط به حفر چاه‌های جدید است.

شایان ذکر است که با توجه به محدودیت‌های مربوط به دکل، حفاری همزمان دو چاه امکان پذیر نمی باشد و حفاری چاه جدید بلافاصله پس از اتمام حفاری چاه قبلی صورت می گیرد (مدت زمان حفر یک چاه با توجه به طول چاه از رابطه فوق محاسبه می شود). از آنجاییکه استراتژی توسعه میدان بر مبنای تزریق آب است، تزریق گاز یا تزریق متناوب آب و گاز امکان پذیر نمی باشد. شرکت کنندگان بایستی محدودیت مربوط به هزینه سرمایه‌های را نیز در نظر بگیرند. بایستی مشخصات ظاهری چاه‌های جدید مشابه چاه‌های قبلی و منطبق بر جدول شماره ۵ باشد:

جدول شماره ۵- برخی از مشخصات چاه‌های موجود

واحد	مقدار	پارامتر
-	صفر	ضریب پوسته (Skin)
متر	۰/۱۹۰۵	شعاع چاه



مسابقه شماره ۳: بهینه سازی موقعیت و شرایط کنترلی چاه های تولیدی و تزریقی

در این مسابقه هدف بهینه سازی موقعیت و شرایط عملیاتی چاه های تولیدی و تزریقی و بدست آوردن بهترین استراتژی توسعه میدان است، بصورتیکه مقدار تابع هدف (NPV) حداکثر شود. شرکت کنندگان در انتخاب تعداد و استراتژی تولید یا تزریق (دبی یا فشار ثابت) آزاد هستند، اما می بایست محدودیت های مربوط به حداقل فشار ته چاهی (با رعایت حداکثر دبی نفت تولیدی)، حداکثر فشار تزریق (با رعایت حداکثر دبی آب تزریقی) و هزینه سرمایه ای (ذکر شده در جدول شماره ۴) را رعایت نمایند. همچنین هزینه مربوط به آب تزریقی و تولیدی بایستی بصورت جداگانه در محاسبات NPV منظور شود، بدین معنا که شرکت کنندگان مجاز نیستند از آب تولیدی مخزن بعنوان آب تزریقی استفاده کنند. در این مسابقه موقعیت چاه های فعلی می بایست حفظ شود اما امکان تبدیل چاه های تولیدی به تزریقی (در صورت نیاز) وجود دارد. تبدیل چاه تولیدی به تزریقی، هزینه ای ندارد.

در مسابقه شماره ۲ و ۳، مشخصات چاه های جدید (ضریب پوسته و شعاع) می بایست مشابه چاه های قبلی و مطابق با اطلاعات موجود در جدول شماره ۵ باشد. شایان ذکر است که در تمامی مسابقات، موقعیت چاه های فعلی (قدیمی) می بایست ثابت فرض شود. همچنین در صورتیکه مقدار برش آب از محدوده ۹۰ درصد بیشتر شود، چاه تولیدی می بایست از سطح بسته شود و امکان بستن برخی از مشبک های آن یا تغییر در مشبک ها وجود ندارد. مبنای اصلی مقایسه نتایج NPV خواهد بود. در صورتیکه مقادیر مربوط به NPV گزارش شده برای شرکت کنندگان نزدیک به یکدیگر باشد، ملاک های دیگری از جمله الگوریتم مورد استفاده، نوآوری در روش و تعداد اجراهای شبیه ساز نیز در انتخاب گروه برتر دخالت داده خواهد شد.