



بهینه سازی مکان چاه

فاطمه قربانی، دکتر روح الدین میری



خلاصه کار آموزی

خلاصه مراحل کارآموزی:

گام اول: بوت کمپ آموزشی

برگزاری دوره فشرده تخصصی و مهارت‌های نرم برای آماده‌سازی

کارآموزان قبل از ورود به محیط عملیاتی

گام دوم: انتخاب منتور و تعیین شرکت محل کارآموزی

اختصاص منتور از میان مدیران ارشد و تعیین واحد تابعه PEDC

متناسب با علایق و رشته تحصیلی

گام سوم: شروع فعالیت عملی در شرکت‌ها

ورود رسمی کارآموزان به شرکت‌های تابعه و آغاز وظایف عملیاتی

یا دفتری متناسب با برنامه

گام چهارم: بازدیدهای میدانی

بازدید از میداین نفتی سپهر و جفیر همراه با آشنایی دقیق با

پروتکل‌های HSE و نحوه اجرای عملیات حفاری و تولید

گام پنجم: جلسه گفتگو با مدیرعامل

نشست منتورینگ و پرسش‌وپاسخ مستقیم با مدیرعامل گروه برای

درک چشم‌اندازهای استراتژیک و کلان

گام ششم: تعریف و اجرای پروژه‌های کاربردی

محول شدن پروژه‌های واقعی (مثل بهینه‌سازی مکان چاه) و

پیگیری تحقیق، تحلیل و ارائه نتایج

گام هفتم: مراسم اختتامیه

برگزاری جمع‌بندی نهایی و تقدیر از کارآموزان به‌منظور ارتقای

انگیزه و تثبیت دستاوردها

معرفی محل کار آموزی

- شرکت بهره‌برداری نفت و گاز سپهر پاسارگاد، زیرمجموعه اکتشاف، تولید و توسعه پاسارگاد (PEDC)، در مهر ۱۴۰۲ و بر پایه قرارداد IPC با شرکت ملی نفت ایران تأسیس شد. این شرکت مأموریت دارد تا با به‌کارگیری سیستم‌های یکپارچه‌ی نظارت بر چاه، مخزن و تاسیسات سطح‌الارضی (RTM/WRFM)، تولید ایمن و پایدار از میدان‌های سپهر و جفیر را مدیریت کند.

- فعالیت‌های کلیدی شامل مهندسی تولید، عملیات درون‌چاهی، نگهداری و تعمیر تاسیسات سطحی و زیرسطحی است که همگی تحت پوشش مرکز WRFM و فناوری‌های نوظهوری مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء و سامانه مدیریت عملیات (OMS) قرار دارند.

- با راه‌اندازی مرکز دیجیتال WRFM در اسفند ۱۴۰۲، امکان پایش لحظه‌ای داده‌ها، صدور هشدارهای عملیاتی و اتخاذ تصمیمات فوری فراهم شد. چشم‌انداز شرکت، تبدیل شدن به ارائه‌دهنده دانش فنی بهره‌برداری نفت و گاز در سطح بین‌الملل و تضمین رشد پایدار و ارزش‌آفرینی برای ذی‌نفعان است.

مراحل پروژه بهینه سازی مکان چاه

تعریف مسئله: هدف‌گذاری برای یافتن بهترین محل حفاری با بیشترین سود اقتصادی (NPV)

جمع آوری داده ها:اطلاعات زمین‌شناسی، پتروفیزیکی، فشار، تولید، هزینه‌ها.

مدل‌سازی مخزن: ساخت مدل سه‌بعدی با نرم‌افزار RETINA و تعیین ویژگی‌های سنگ و سیال.

تعریف متغیرها و تابع هدف: تعیین مختصات چاه به‌عنوان متغیر

طراحی و تعریف تابع NPV

$$NPV = \sum_{i=1}^T \frac{Q_0 P_0 + Q_w P_w - OPEX}{(1 + D)^i} - CAPEX,$$

اجرای الگوریتم بهینه‌سازی: استفاده از الگوریتم ژنتیک برای

جستجوی مکان بهینه.

شبیه‌سازی و ارزیابی: محاسبه تولید و NPV برای هر نقطه

پیشنهادی.

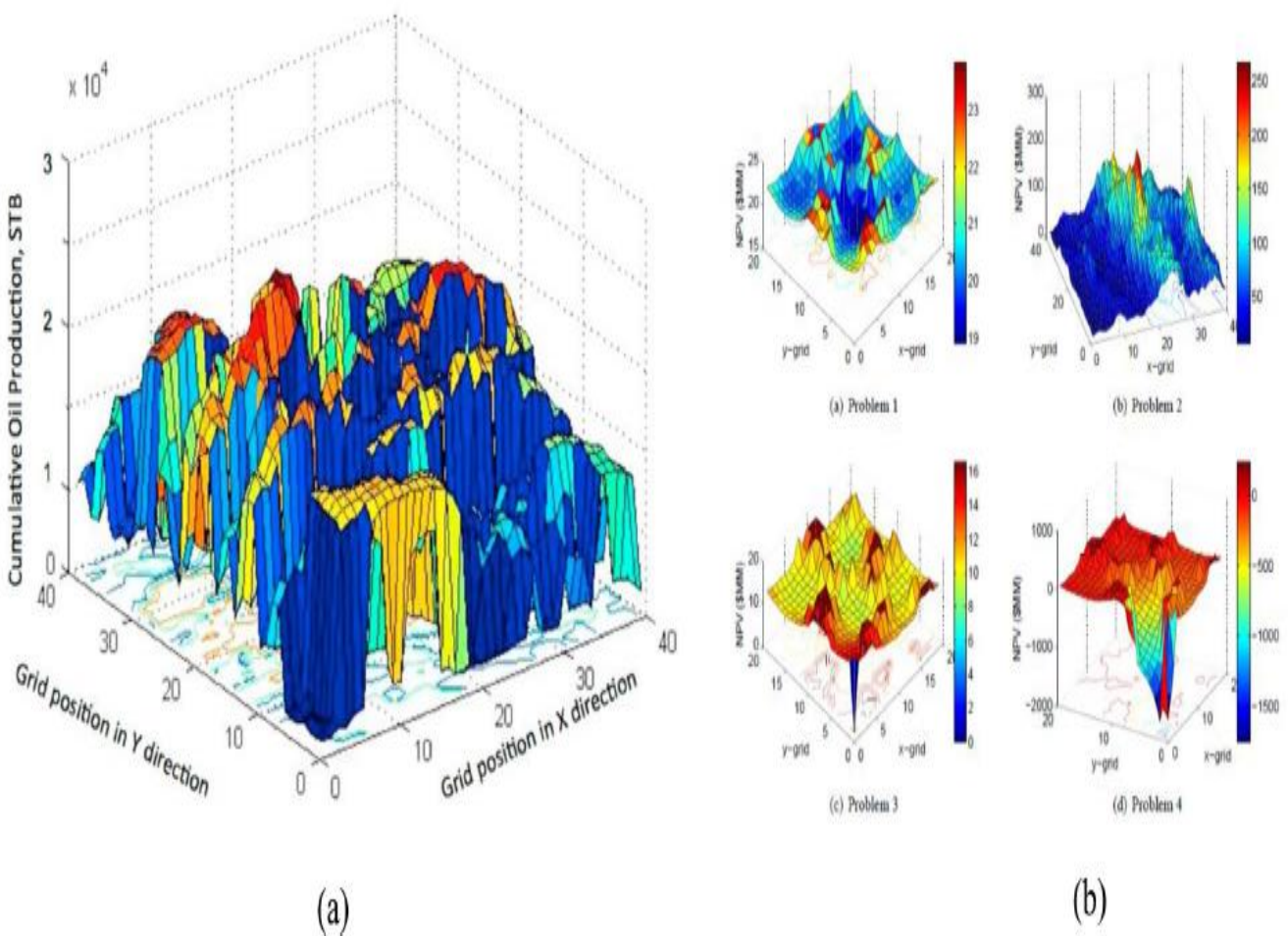
انتخاب مکان نهایی: تحلیل نتایج و پیشنهاد بهترین محل حفاری

بر اساس سود و ریسک.

مزایای بهینه سازی مکان چاه

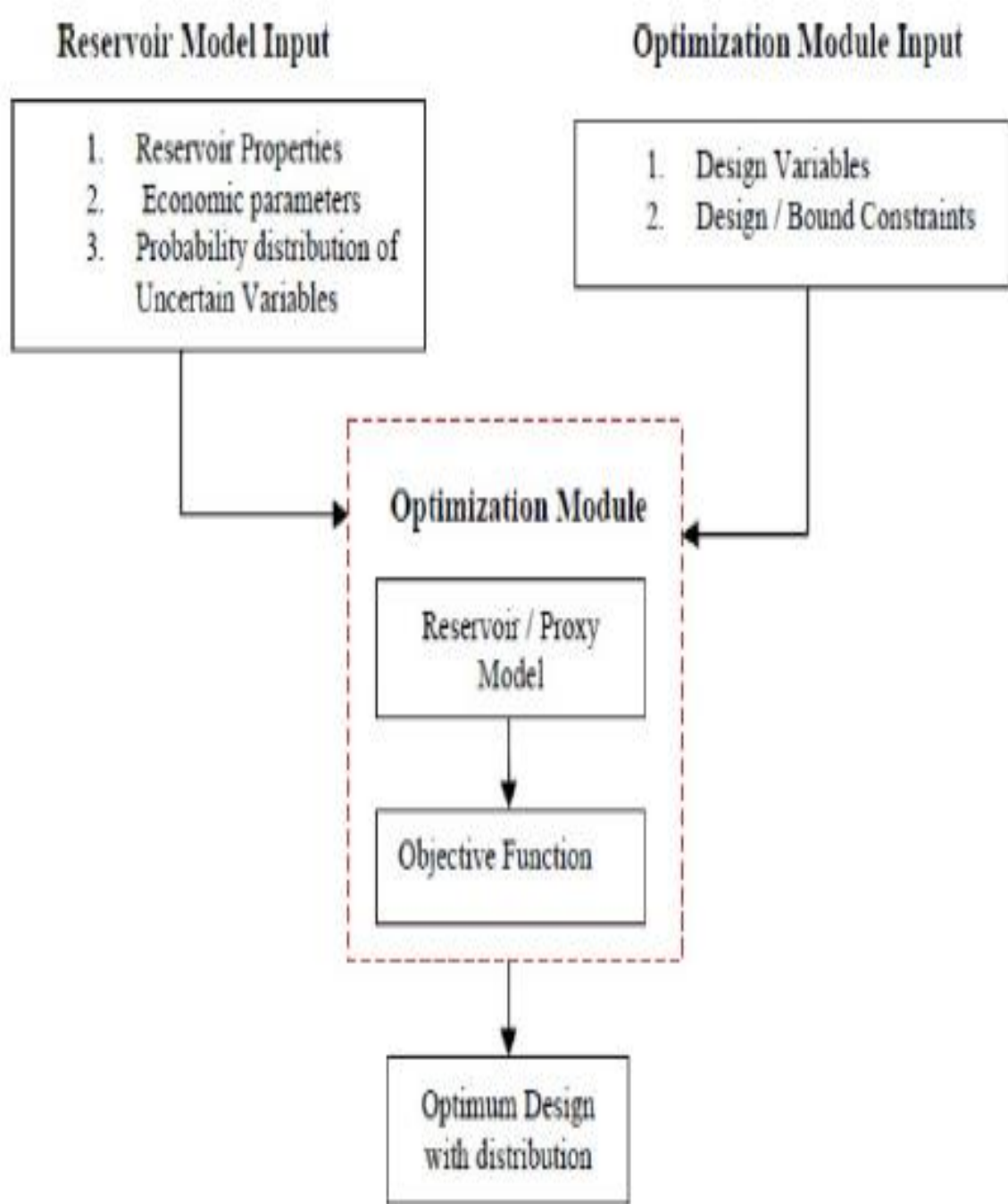
- افزایش سود اقتصادی
 - حداکثرسازی مقدار NPV با انتخاب بهترین نقاط حفاری
 - کاهش هزینه‌های CAPEX و OPEX از طریق حفاری هدفمند
- کاهش ریسک و عدم قطعیت
 - تحلیل حساسیت روی پارامترهای مخزن و اقتصادی
 - اجتناب از مناطق با ریسک پایین‌تر تولید با مشکلات سازندی

- بهره‌گیری از داده‌های یکپارچه
 - تلفیق اطلاعات زمین‌شناسی، پتروفیزیکی و فنی در یک مدل سه‌بعدی
- به‌روزرسانی مستمر مدل با داده‌های جدید دریافتی از WRFM
 - تصمیم‌گیری سریع و کارآمد
- شبیه‌سازی اتوماتیک سناریوهای متفاوت حفاری
 - ارائه نقشه‌های توزیع NPV و تولید تجمعی برای مقایسه بصری
- بهینه‌سازی تخصیص سرمایه
 - اجتناب از حفاری‌های غیرضروری و کاهش تعداد چاه‌های کم‌بازده
- افزایش بازده سرمایه‌گذاری در پروژه‌های توسعه میدان
 - انعطاف‌پذیری روش‌شناسی
- قابلیت به‌کارگیری انواع الگوریتم‌های بهینه‌سازی (ژنتیک، PSO و...)
 - امکان تعریف توابع هدف و محدودیت‌های جدید متناسب با شرایط میدان
- ارتقای کیفیت مستندسازی
 - تولید گزارش‌های فنی جامع با نمودارها و فلوجارت‌های قابل ارائه
- شفافیت نتایج برای ذی‌نفعان، مدیران پروژه و تیم‌های عملیاتی



شکل ۱_نقشه سه بعدی NPV (a)

b)cumulative oil production of well placement optimization



شکل ۲_فلوجارت بهینه سازی مکان چاه

شرح فعالیت انجام شده و نتایج

- تعریف مسئله و اهداف
 - شناسایی نیاز به بهینه‌سازی NPV میدان سپهر
 - تعیین متغیرهای طراحی (مختصات X و Y چاه) و محدودیت‌های محیطی
- گردآوری و پردازش داده‌ها
 - استخراج اطلاعات زمین‌شناسی (ساختار لایه‌ها، شکستگی‌ها)
 - تفسیر لاگ‌های پتروفیزیکی برای تعیین تخلخل، اشباع نفت و شیل
- جمع‌آوری پارامترهای اقتصادی (قیمت نفت، OPEX, CAPEX)
 - ساخت مدل مخزن سه‌بعدی
- ایجاد گرید شبکه و انتساب ویژگی‌های سنگ و سیال
 - بارگذاری داده‌های PVT و SCAL برای شبیه‌سازی رفتار جریان
- تعریف تابع هدف اقتصادی
 - تعیین فرمول NPV با احتساب جریان‌های نقدی ورودی (نفت) و خروجی (هزینه‌ها)
 - مشخص کردن دوره عمر پروژه و نرخ تنزیل

- انتخاب و پیاده‌سازی الگوریتم بهینه‌سازی
 - استفاده از الگوریتم ژنتیک برای جستجوی تصادفی و تکامل جمعیت
- مقداردهی اولیه جمعیت و پارامترهای الگوریتم
 - فراخوانی شبیه‌ساز برای هر پیشنهاد
- ارسال مختصات پیشنهادی به مدل مخزن
 - اجرای شبیه‌سازی تولید و استخراج نتایج (تولید تجمعی، فشار، OIP)
- محاسبه و ارزیابی NPV
 - محاسبه NPV برای هر نقطه طبق خروجی شبیه‌ساز و ثبت بهترین جواب‌ها در هر نسل الگوریتم
- تحلیل حساسیت و ترسیم نتایج
 - بررسی تغییرات NPV در برابر نوسان پارامترهای کلیدی
- تولید نقشه‌های سه‌بعدی توزیع NPV و تولید تجمعی روی گرید میدان
 - انتخاب نقطه بهینه و مستندسازی
- تعیین مختصات چاه با بیشینه NPV و ریسک کم
 - تهیه گزارش فنی شامل فلوجارت فرایند، جداول و نمودارها
- نتایج به‌دست‌آمده
 - تولید نقشه‌های سه‌بعدی از توزیع NPV و تولید تجمعی نفت در سراسر میدان
 - شناسایی نقطه‌ای که بیشینه NPV (حدود ۱۵٪ افزایش نسبت به نقطه مرجع) را دارد
 - کاهش ریسک حفاری با انتخاب محل‌هایی که فشار و تخلخل مناسب‌تری دارند
 - بهینه‌سازی تخصیص سرمایه با کاهش نیاز به چاه‌های آزمایشی و حفاری کم‌بازده
 - ایجاد چارچوب قابل تکرار برای پروژه‌های آینده و امکان اعمال الگوریتم‌های دیگر (PSO,DE)

چالش‌های صنعتی موجود

- عدم قطعیت و کیفیت داده
 - پراکندگی و گپ داده‌های زمین‌شناسی و پتروفیزیکی (تخلخل، تراوایی)
- خطاها و عدم تطابق لاگ‌های چاه با داده‌های لرزه‌ای
 - پیچیدگی ژئولوژیکی میدان
- ناهمگنی شدید سازندها که مدل سه‌بعدی را از واقعیت دور می‌کند
 - وجود گسل‌ها و ساختارهای فرعی که دسترسی به مناطق بهینه را محدود می‌کند
- محدودیت‌های محاسباتی و زمانی
 - زمان‌بر بودن اجرای صدها سناریوی شبیه‌سازی مخزن در هر دوره بهینه‌سازی
- نیاز به منابع سخت‌افزاری قوی برای الگوریتم‌های تکاملی
 - پارامترهای الگوریتم بهینه‌سازی
- حساسیت زیاد به تنظیمات اولیه (اندازه جمعیت، نرخ جهش)
 - ریسک همگرایی زودرس به جواب‌های محلی (Local Optima)
- چالش یکپارچگی با عملیات واقعی
 - فاصله گرفتن نتایج مدل از شرایط لحظه‌ای میدان به‌دلیل تأخیر در دریافت داده
- دشواری در به‌روزرسانی مدل با داده‌های تولیدی جدید برای بهینه‌سازی پویا
 - ملاحظات اقتصادی چندمعیاره
- توآمان مدیریت NPV، نرخ بازده داخلی (IRR) و زمان بازگشت سرمایه (Payback)

پیشنهادها برای رفع چالش‌ها

- بهبود کیفیت داده‌ها:
 - استفاده از داده‌های لرزه‌ای با وضوح بالا و لاگ‌های ترکیبی
 - اجرای تاریخچه‌سازی دقیق برای تطابق مدل با تولید واقعی
- کاهش بار محاسباتی:
 - استفاده از مدل‌های جانشین (Proxy Models) برای شبیه‌سازی سریع
- اجرای موازی الگوریتم‌ها با بهره‌گیری از پردازش ابری
 - بهبود الگوریتم‌های بهینه‌سازی:
- تنظیم دقیق پارامترهای الگوریتم و استفاده از روش‌های ترکیبی (Hybrid Optimization)
 - اعمال مکانیزم‌های جلوگیری از همگرایی زودرس
 - یکپارچه‌سازی داده‌های لحظه‌ای:
- اتصال مستقیم مدل به سامانه WRFM برای به‌روزرسانی خودکار
 - تحلیل اقتصادی چندمعیاره:
- ترکیب NPV با شاخص‌های IRR و Payback