



مدیریت و استانداردسازی اخذ داده‌ها از چاه‌های نفت و گاز

مهدی شاه حسینی ■ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت بر منابع هیدروکربوری

مقدمه

مخزن هیدروکربوری به مثابه یک موجود واقعی و زنده ای است که دور از دسترس ماست. مملو از پیچیدگی، عدم قطعیت در شرایط و وضعیت و سرشار از نادانسته‌ها. در گذشته و در هنگام بهره‌برداری از نفت، صرفاً بنا به بازتاب‌های مخزن به فعالیت‌های خود مثل تولید و غیره، حدسیاتی راجع به مخزن زده می‌شد، اما امروزه با به‌دست آوردن اطلاعات بیشتر از مخزن و با به کارگیری فناوری‌های نوین در آنالیز این داده‌ها، حدس‌ها کامل تر می‌شود. بشر از قرن‌ها پیش به وجود نفت پی برده بود و این ماده روغنی شکل از دیرباز مورد استفاده پیشینیان بوده است. در اوایل پیدایش صنعت نفت، آثار و علائم سطحی زمین از قبیل تراوش گاز، نفت و قیر به سطح زمین، به جویندگان نفت کمک کرد تا منابع زیر زمینی را کشف کنند. به این ترتیب که هر جا این آثار و علائم را مشاهده می‌کردند، در کنار آن چاهی می‌زدند و اگر به نفت می‌رسیدند، آن را استخراج می‌کردند. اما کم کم متوجه شدند که شناسایی وضع لایه‌ها، کمک موثری به کشف نفت می‌کند. از این پس، خواص فیزیکی و شیمیایی لایه‌ها نیز مورد مطالعه قرار گرفت. امروزه، اکتشاف نفت به وسیله یک رشته عملیات گوناگون زمین شناسی و فیزیکی

صورت می‌گیرد؛ مانند عکس برداری، نقشه برداری، نوسان سنجی، ثقل سنجی و حفر چاه برای نمونه گیری از خاک. معمولاً این روش‌ها برای تعیین ساختارهایی که احتمال وجود هیدروکربور در آن باشد، موثر است، ولی قادر به پیش بینی دقیق وجود هیدروکربن در این ساختارها نیست. در حال حاضر، برای تعیین دقیق وجود هیدروکربن در طبقات، راه حل دیگری به غیر از حفاری وجود ندارد.

۱- مدیریت علمی مخازن و صیانت از منابع هیدروکربوری

افزایش نیاز جامعه بشری به انرژی‌های فسیلی و کاهش این منابع انرژی و به طور خاص نفت خام، بشر را بر آن داشته تا از شیوه‌های سنتی دست کشیده و به روش‌های نوین بهره‌برداری از منابع نفتی و گازی رو آورد. این نوگرایی نیازمند اخذ اطلاعات دقیق، آنالیز صحیح آن‌ها و برقراری ارتباط تنگاتنگ بین علوم مختلف مرتبط با مراحل کشف، حفاری، توسعه و بهره‌برداری از یک مخزن هیدروکربنی است. بدین منظور، نیاز به پیاده‌سازی الگوهای مطلوب مدیریت مخازن بیش از پیش احساس می‌شود. در یک تعریف جامع، مدیریت مخازن

هیدروکربوری عبارت است از: استفاده از دانش و فناوری موجود برای کنترل عملیات بهره‌برداری و عوامل مرتبط با مخزن در جهت حداکثر کردن سودآوری مخزن، حداقل کردن هزینه‌های عملیاتی و بیشینه کردن باز یافت آن‌ها. به عبارت دیگر، مدیریت مخزن، یکپارچه‌سازی مراحل جمع‌آوری اطلاعات به منظور تبیین راه کارهای مناسب، تفسیر هر یک از انواع اطلاعات و مدل‌سازی آن، ایجاد ارتباط بین کلیه مدل‌های تفسیر اطلاعات در مخزن، نظارت بر کلیه عملیات پیش‌بینی شده، ارزیابی میزان تطابق مدل مخزن با عملکرد واقعی مخزن و اصلاح و تجدیدنظر در راه کار و مدل ارائه شده را به عهده دارد. بدیهی است که تمام مراحل فوق به صورت مجموعه‌ای منسجم می‌تواند متضمن موفقیت فرآیند مدیریت مخزن باشد.

امروزه در کلیه مباحث و رویکردهای فنی و اقتصادی، مفهوم صیانت ریشه دوانده و به جزء جدانشدنی در مفاهیم فنی تبدیل شده است، به طوری که تولید و ارزیابی بهینه از مخازن در شرکت‌های بزرگ نفتی هدف اول اقتصادی در مطالعه جامع طرح‌هاست. در تعاریف جدید، "صیانت"، طیف گسترده‌ای از اقدامات فنی اعم از جمع‌آوری اطلاعات، توصیف و شناخت مخزن،

مدل‌سازی، روش‌های تولید در دوره‌های مختلف، اقدامات توسعه‌ای در زمینه‌های حفاری (حفاری افقی و چندشاخه) و تأسیسات سطح‌الارضی، شناخت ساختارهای زمین‌شناسی و مخزنی و بالاخره اعمال روش‌های مختلف افزایش برداشت که منجر به حفظ و تأمین انرژی‌های تولیدی، تداوم طولانی مدت تولید، رسیدن به بیشترین مقدار تولید و کمترین آسیب‌دیدگی به مخزن، جلوگیری از هدر رفت سیالات، حفظ و اقتدار اقتصادی، درک متغیرهای زمانی و مکانی، توجه به بازار عرضه و تقاضای نفت و نهایتاً تلفیق طرح‌های منجر به تولید از مخازن با توجه به اهداف استراتژیک و... می‌شود را شامل می‌گردد.

۲- انتخاب استراتژی و الگوی توسعه بهینه میادین

مخازن نفت و گاز، فرسنگ‌ها زیر زمین هستند و اساساً غیرقابل مشاهده؛ این مهم، ضریب ریسک را در کلیه‌ی عملیات و فرآیندهای مرتبط با مخزن، افزایش می‌دهد. مهندسی مخزن، حرکت روی طناب باریکی است که دارای مخاطرات و ظرایف بسیاری است؛ غفلتی کوچک از برنامه و یا حرکت در خارج از چارچوب برنامه‌ریزی شده، منجر به دفن ثروت و سرمایه‌ی عظیمی می‌شود که به نوبه خود می‌توانسته عامل جهش در اقتصاد ملی باشد. بنابراین، شاید بتوان گفت اساسی‌ترین چالش یک مدیر مخزن، ضریب بالای ریسک است. ویژگی دیگری که مدیریت مخزن را با مشکلاتی جدی مواجه می‌سازد، منحصر به فرد بودن هر مخزن است که در نتیجه‌ی آن، نمی‌توان مدل‌های حل مسئله را تعمیم داد؛ چراکه مخزن جدید، بسان مسأله‌ای جدید با مفروضات جدید است. بالاخره می‌توان گفت عدم قطعیت، پیچیدگی و تنوع متغیرها، اساسی‌ترین چالش‌هایی هستند که در کنار متغیرهای خارجی و محیطی، مدیریت مخزن را با مشکلاتی اساسی مواجه می‌سازند. در این فرآیند، مطالعه مخزن و به تبع آن جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای مطالعه‌ی خصوصیات سنگ و سیال مخزن اهمیت بسزائی دارد. بدین ترتیب اولین گام برای انتخاب استراتژی و الگوی توسعه بهینه میادین، تکمیل اطلاعات اولیه مورد نیاز از مخزن است.

۳- داده‌های مورد نیاز و ملزومات شناسایی خصوصیات مخازن هیدروکربوری

جهت تصمیم‌گیری‌های موثر فنی و اقتصادی، به حجم بالا و متنوعی از داده‌های چاه‌های نفت و گاز نیاز است. مجموعه این داده‌ها، به مهندسان کمک می‌کند تا وضعیت کنونی مخزن و چاه را برآورد و ارزیابی کنند. بدین طریق، هرگونه اختلال در شرایط فیزیکی و مشکلات چاه، تشخیص داده و به روش‌های مهندسی برطرف می‌شود. با گذشت زمان، این اطلاعات بیشتر می‌شود و تفسیر بهتری از عملکرد چاه و مخزن به دست می‌آید.

حداکثر اطلاعات در خصوص یک مخزن نفتی یا گازی از یک یا چند حلقه چاه با قطرهای کوچک به دست می‌آید که ابعاد آنها نسبت به ابعاد مخزن واقعاً ناچیز است، به همین دلیل، یافته‌های اولیه و استخراج‌های مبتنی بر آن، همواره توأم با خطاست. چاه‌های نفت و گاز را از جهات مختلف می‌توان تقسیم‌بندی کرد؛ یکی از مهمترین تقسیمات بر مبنای هدف از حفاری آن‌هاست. بر این مبنای می‌توان چاه‌های حفاری را به ۴ گروه عمده‌ی اکتشافی، توصیفی، مشاهده‌ای و توسعه‌ای تقسیم کرد:

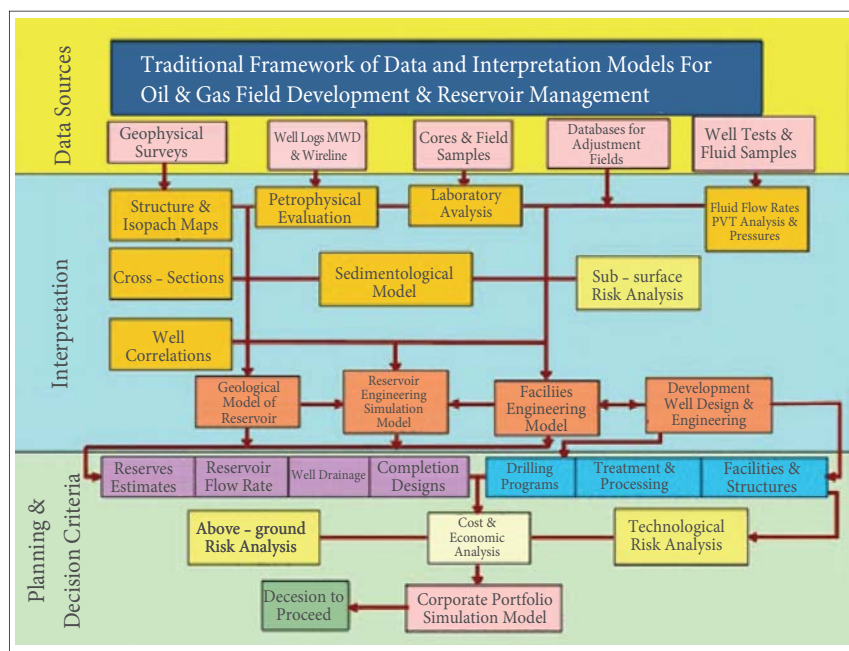
۱- چاه اکتشافی اولین چاهی است که جهت کسب اطلاعات زمین‌شناسی و آگاهی از وضعیت نفت و گاز در ناحیه‌ای حفار می‌شود. حفر چاه

اکتشافی پس از انجام مراحل اکتشاف و تعیین نواحی دارای پتانسیل ذخیره کردن نفت و گاز صورت می‌گیرد. اگر اکتشاف در یک میدان نفتی مشکل از دو یا چند مخزن به عمل آید، اولین چاه ورود به هر مخزن در واقع، چاه اکتشافی آن مخزن محسوب می‌شود. این حفاری جهت برآورد میزان نفت یا گاز در جا صورت می‌گیرد، تا مشخص کند آیا توسعه‌ی میدان اقتصادی هست یا نه.

۲- آگاهی از مرزهای جانبی مخزن، تعیین مقدار ذخیره، چگونگی گسترش ذخیره مخزن و شناخت کامل پارامترها با حفر چاه توصیفی مورد بررسی قرار می‌گیرد. چاه‌های توصیفی پس از حفر چاه اکتشافی و اطمینان از حضور ذخیره دارای قابلیت اقتصادی، حفر می‌شود.

۳- چاه‌هایی که به منظور مشاهده وضعیت دائم مخزن حفاری شود، چاه مشاهده‌ای نامیده می‌شود. فشار مخزن، سطح آب و نفت، نسبت آب و نفت و... از جمله مواردی است که با استفاده از چاه‌های مشاهده‌ای قابل بررسی و اندازه‌گیری است.

۴- پس از حفاری چاه‌های اکتشافی و توصیفی و ضمن تأیید ذخیره دارای قابلیت اقتصادی مخزن، اقدام به حفر چاه‌های توسعه‌ای می‌شود. استخراج نفت و گاز از مخزن به‌طور عمده توسط چاه‌های توسعه‌ای صورت می‌گیرد.



شکل ۱ | نمونه‌ای از گردش کار اخذ اطلاعات و تفسیر آن‌ها برای برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح مخازن



میدان با این حجم داده، دارای ریسک بالایی است. به عنوان مثال، ممکن است میدان کشف شده‌ی جدید بیشتر یا کمتر از آن میزانی که مطالعه اکتشافی میدان پیش‌بینی کرده، تولید کند. در نتیجه، تسهیلات مورد نیاز میدان، متناسب با توان تولید میدان در نظر گرفته نشده و نهایتاً سوددهی پروژه با مشکل روبرو شود.

از طرفی دیگر، براساس محدودیت‌های اشاره شده در قانون اساسی، قانون بودجه و الزامات مجلس محترم شورای اسلامی برای سرمایه‌گذاری در بخش نفت و گاز، یکی از سازوکارهای تثبیت شده برای توسعه میدانی نفت و گاز کشورمان استفاده از قراردادهای بیع متقابل است. در این میان، پیمانکارانی که حاضر به عقد این نوع قرارداد هستند، اکثراً خطری پذیری مرحله اکتشاف را نمی‌پذیرند و ما بلند در میدانی که دارای ذخایر اثبات شده هستند، سرمایه‌گذاری کنند.

لذا ضروری است به محض تکمیل مطالعه مقدماتی اکتشاف میدان، محل مناسب برای حفر چاه/چاه‌های توصیفی شناسایی و اقدام به حفر و اخذ اطلاعات مورد نیاز گردد. چاه توصیفی در واقع به عنوان مکمل چاه اکتشافی و برای اطمینان از حضور ذخیره دارای قابلیت اقتصادی و آگاهی از مرزهای جانبی مخزن، تعیین میزان ذخایر و چگونگی گسترش آن حفر می‌گردد. این الگو به عنوان الگوی بهینه توسعه میدانی نفت و گاز دنیا شناخته شده و در اکثر میدانی جدید کشف شده‌ی جهان پیاده سازی شده است.

مدیریت مخزن تنها در شرایطی قابل پیاده شدن به نحو مطلوب خواهد بود که اطلاعات کلیدی، جمع‌آوری و آنالیز شده باشد. داشتن اطلاعات فنی از مهندسی نفت (خصوصیات سنگ و سیال مخزن، مکانیزم‌های تولید، فرایندهای رانش نفت، عملکرد چاه‌ها، پروفیزیک، مدل‌سازی استاتیک و شبیه‌سازی دینامیک مخزن و ...) از جمله ملزومات ارابه یک مدیریت مخزن پویا و علمی است.

همتراز عمقی و نقشه‌های خصوصیات زمین‌شناسی و اطلاعات بخش حفاری مانند اطلاعات حفاری چاه‌ها، میزان و عمق هرزروی گل حفاری و نحوه تکمیل چاه‌ها، از جمله ملزومات شناسایی واقعیت‌های حاکم بر یک مخزن هیدروکربوری است.

در ضمن، کسب هر گونه اطلاعات اضافی معمولاً به عنوان اطلاعات تکمیلی مورد توجه قرار می‌گیرد. همچنین، در طول دوران بهره‌برداری، لازم است که مخزن به‌طور مرتب و دوره‌ای "چک آپ" شود، درست مثل انسان که این کار با آزمون‌های فشار و تولید صورت می‌گیرد.

۴- پیاده‌سازی الگوی مطلوب مدیریت دانش در اخذ داده‌ها از چاه‌های نفت و گاز

در یک مخزن باید الگوی مطلوب مدیریت دانش را پیاده کرد. هدف از مدیریت دانش، توسعه دانش در مخزن برای انجام فعالیت‌هایی با ارزش افزوده برای توسعه مخزن است. توسعه دانش مخزن نباید صرف جمع‌آوری و ذخیره هر نوع داده بدون نیازسنجی، اعتبارسنجی و تفسیر باشد. مرحله بعد از جمع‌آوری داده‌ها و نتایج آنالیز آزمایش‌های انجام گرفته در هر مخزن، کنترل کیفیت داده‌هاست. در این مرحله باید اطمینان به اعتبار داده‌ها از طریق انجام تست‌های کیفیت و سازگاری داده‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد و در نهایت، پس از تفسیر داده‌ها، هر دو نوع اطلاعات خام و تفسیر شده برای ارجاع‌ها و استفاده‌های آتی برای بروزرسانی مدل تحلیلی، در قالب بانک اطلاعاتی داده‌های مخازن طبقه‌بندی و ذخیره گردند.

نتیجه‌گیری

معمولاً داده‌هایی که با حفر چاه/چاه‌های اکتشافی در فاز اکتشاف میدان اخذ می‌گردد، برای تعیین محدوده میدان، میزان ذخایر حقیقی میدان و قابلیت تولید، مناسب نبوده و تعیین استراتژی توسعه

یکی از علت‌های اصلی اشتباه در برآورد اولیه عمر مفید مخزن نفتی، عدم قطعیت در داده‌های به‌دست آمده از چاه‌های اکتشافی است. به همین دلیل، قبل از آغاز به توسعه میدان، از داده‌های اخذ شده در چاه‌های توصیفی در به‌روزرسانی اطلاعات مربوط به ذخایر استفاده می‌شود. اما همچنان در برخی مواقع، برخی از مجهولات و عدم قطعیت‌های مخزن ممکن است تا پایان عمر تولید از آن، ناشناخته باقی بماند. در چاه توصیفی که هدف، به‌دست آوردن حداکثر اطلاعات مربوط به مخزن نفتی یا گازی جدید است، لازم است تمامی آزمایش‌ها بر روی چاه‌ها عملی گردند. در واقع، پایه و اساس ارزیابی سازنده‌های زیرزمینی، داده‌های اخذ شده در چاه‌های توصیفی است. این داده‌ها را می‌توان به ۴ دسته زیر تقسیم کرد:

- ۱- نمودارهای عملیات حفاری که عبارتند از نمودارهای گل‌نگاری و اندازه‌گیری در حین حفاری
 - ۲- بررسی مغزه و آزمایش‌های انجام شده‌ی روتین و ویژه بر روی آن‌ها
 - ۳- نمودارهای چاه‌پیمایی شامل نمودارهای الکتریکی، نمودارهای صوتی، نمودارهای رادیواکتیو و نمودارهای الکترومغناطیس.
 - ۴- آزمایش‌های تولیدی شامل تحقیق و بررسی بر روی وضع فشار مخزن، موقعیت سنگ مخزن، نمونه‌برداری از سیال تولیدی به جهت مشخص کردن خصوصیات آن، تهیه نمودارهای تولیدی و فشاری مختلف از چاه و در آخر، محاسبه ظرفیت تولیدی چاه و نسبت گاز به نفت خروجی از آن.
- این داده‌ها در کنار اطلاعات ژئوفیزیکی مانند داده‌های دو و سه‌بعدی لرزه‌نگاری و نتایج تعبیر و تفسیر آن‌ها، اطلاعات بخش زمین‌شناسی مانند مطالعات رسوب‌شناسی، فسیل‌شناسی، چینه‌شناسی، زمین‌شناسی ساختمانی، زمین‌شناسی ناحیه‌ای، زون‌بندی، ژئومتری شکستگی‌ها و گسل‌ها و همچنین مشخصات آبد و منشاء آن، مشخصات کلاهک گازی، نمودارهای تصویری، نقشه‌های

منابع

1. Honarpour, M. M., Nagarajan, N.R., "Rock/fluid characterization and their integration implementations on reservoir management", Journal of petroleum science, September 2012
2. Saleri, N.G. et.al., " Reservoir Manegment Tenets", Journal of petroleum science, 2005