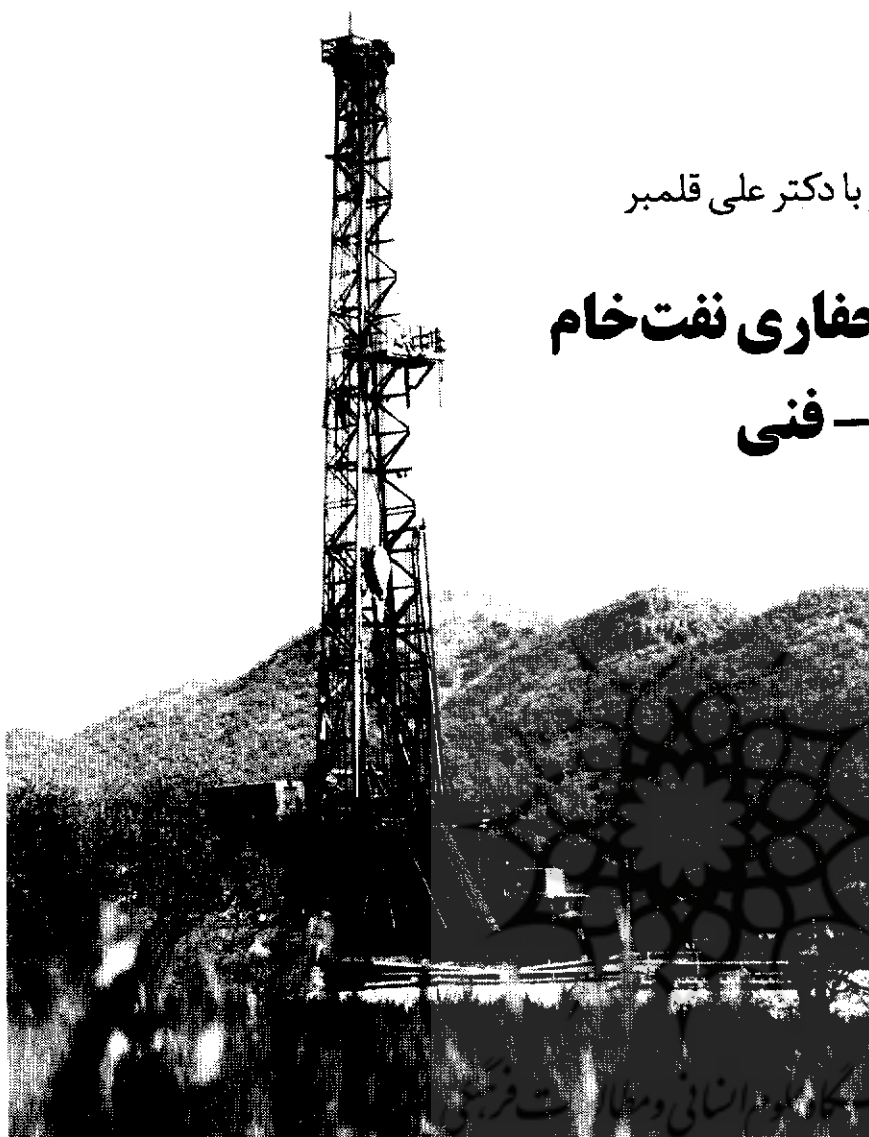


روش‌های جدید حفاری در گفتگو با دکتر علی قلمبر

## تکنیک‌های مختلف در حفاری نفت خام و ملاحظات اقتصادی - فنی

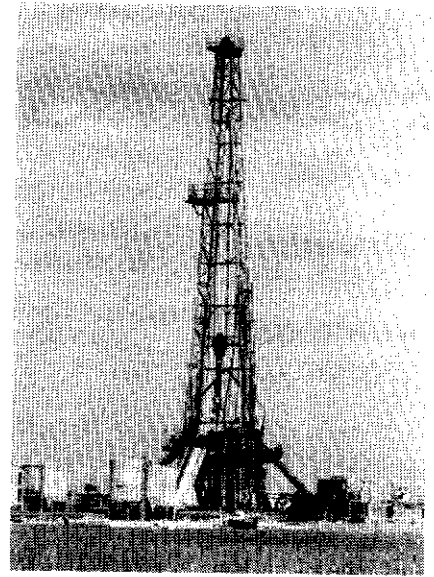
گفتگو از: فرهاد محمدی



یکی از موضوعات مطرح در حفاری چاه‌های نفت، داشتن اطلاعات به‌روز مورد نیاز برای تدارک، اجرا و کنترل موفقیت‌آمیز حفاری یک چاه جهت‌دار است تا با استفاده از دانش تکنیک‌های محاسبه جدید در رابطه با استفاده انواع مختلف مجموعه (دستگاه) دستیابی به مشخصات ته چاه را حتمی نماید. در کشور ما نیز انتقال و تبادل دانش علمی و فنی در این زمینه و بومی کردن آن از جایگاه خاصی در صنعت نفت ایران برخوردار است. بدین منظور دانشگاه صنعت نفت ایران (مرکز آموزش حین خدمت) با دعوت از دکتر علی قلمبر استاد دانشگاه مهندسی نفت لویزیانا در آمریکا با هدف استفاده از شیوه‌های جدید و به‌روز تکنولوژی و تمرین مهارت‌ها توسط کارشناسان و کار با تجهیزات پیشرفته در محل کار خود، چندی پیش دوره «حفاری جهت‌دار» را برای کارشناسان شاغل در صنعت نفت برگزار نمود. در این دوره مباحثی

همچون کنترل خط سیر، تجهیزات حفاری، تجهیزات حفاری خاص، تجهیزات اندازه‌گیری و برنامه‌ریزی و کنترل ارائه شد. در حاشیه برگزاری این دوره نشریه «اقتصاد انرژی» در گفتگویی با دکتر قلمبر سؤالات مطرح در این زمینه را در میان گذاشت. وی دارای دکترای مهندسی از دانشگاه ویرجینیا در آمریکا و دارای مطالعات پژوهشی و علمی در زمینه تکنیک‌های حفاری است. در ادامه حاصل گفتگوی انجام شده با ایشان به نظر خوانندگان می‌رسد:

● ضمن تشکر از اختصاص وقت برای این گفتگو، به عنوان اولین سؤال در مورد فعالیتهای علمی و کاری خود توضیحاتی را ارائه بفرمایید.  
○ بیشتر فعالیت بنده، تحقیق، تدریس و آموزش در زمینه حفاری و تکمیل چاه می‌باشد. البته چندین سال نیز در بخش صنعت نفت مشغول کار بودم، ولی در حال حاضر حدود ۱۸ سال است که در دانشگاه هستم. و به‌تازگی نیز به ریاست دانشکده صنعت نفت، دانشگاه لویزیانا منصوب شده‌ام. در مورد حفاری و تکمیل چاه مقالات زیادی نوشته‌ام که در مجلات جامعه مهندسی آمریکا چاپ می‌شود، اما در عین حال فعالیتهای تحقیقاتی من عمدتاً در زمینه‌های



## تازمانی که عملیات تکمیل چاه به پایان نرسد به توانایی لازم در مخزن برای تولید دست نمی‌یابیم

عملی بوده است تا نظری.

### ● منظور از تکمیل چاه چیست؟

○ همان طور که می‌دانید، پس از اینکه مشخص شد مخزن نفت یا گاز در کجا قرار دارد، باید این مخزن را با سطح زمین ارتباط بدهیم که این ارتباط از طریق حفاری انجام می‌شود. منتها، پس از اینکه حفاری به اتمام رسید، ممکن است لایه‌هایی که قابل تولید هستند، احتیاج به ترمیم داشته باشند، و حتی ممکن است نیاز به عملیاتی داشته باشند که در آن صورت، این لایه‌ها باید شبیه‌سازی بشوند. یا اینکه ممکن است بعضی از این لایه‌ها، گوا اینکه توانایی زیادی به لحاظ تئیدروکربن داشته باشند، اما موانعی در این مخازن وجود دارد. که وقتی چاه به مخزن برسد، در آن موقع است که این موانع خودشان را نشان می‌دهند. قبلاً چون هیچ راهی موجود نبود، این موانع مشخص نمی‌شدند.

به‌طور کلی جلوگیری از این موانع و ترمیم چاه را تکمیل چاه می‌گوییم. زیرا تا زمانی که این موانع وجود دارند یا اصلاً نمی‌توانیم تولید بکنیم یا نسبت به توانایی که مخزن دارد، تولید خیلی کم خواهد بود. در این خصوص عملیاتی وجود

دارد که روی هم رفته به آنها تکمیل چاه می‌گوییم. اینها ممکن است ناشی از تولید زیاد آب یا از تولید ذرات معلق باشد که به آنها ماسه‌سنگ گفته می‌شود. این ذرات زمانی که حرکت می‌کنند، شاهرگهایی را که در مخزن وجود دارد، مسدود می‌کنند و باعث کاهش تولید می‌شوند. و اگر به داخل لوله فلزی تولیدکننده راه پیدا کنند، باعث ساییدگی پمپ‌ها و لوله‌ها می‌شوند که باید مانع از این کار شد. یا لایه‌هایی وجود دارند که دارای تئیدروکربور هستند، ولی قدرت تولید آنها به دلیل اینکه تراوایی (نفوذپذیری) آنها کم است، پایین است. این لایه‌ها را می‌توان از طریق ایجاد یک رگ مصنوعی و با فشار زیاد باز کرد.

● در این حالت، تزریق انجام نمی‌شود و فقط این راه‌ها باز می‌شود، آیا درست است؟  
○ برای باز کردن خود سنگ، از تزریق استفاده می‌کنیم. به تمام این عملیات نیز تکمیل چاه می‌گوییم و تا این تکمیل انجام نگیرد به آن توانایی که در مخزن برای تولید وجود دارد، دست نمی‌یابیم. پس از آن که چاه تکمیل شد، تولید شروع می‌شود.

● هرچاهی خصوصیات خاص خودش را دارد، آیا برای تکمیل هر چاه مطالعات جداگانه‌ای نیاز است، یا اینکه بواساس خصوصیات یک چاه می‌توانیم در مورد سایر چاه‌ها نیز عمل بکنیم.

○ هر چاهی ممکن است تا حدی خصوصیات خاص خودش را داشته باشد، البته در یک میدان ممکن است چاهها خصوصیات شبیه به هم داشته باشند. در نتیجه پس از حفاری چاه اول و دوم، در آن میدان تجربیاتی حاصل می‌شود و با استفاده از آن تجارب ممکن است بتوانیم چاه‌های بعدی را با کارایی بهتری تکمیل نماییم.

● سؤال بعدی در خصوص مقایسه قیمت‌هاست. به هر حال هر کار حفاری با ملاحظات اقتصادی همراه است، در حال حاضر آیا در مورد حفاری افقی و عمودی نمونه‌ای وجود دارد که این مقایسه در آن انجام شده باشد و نتایج آن برای موارد دیگر نیز قابل استفاده باشد؟

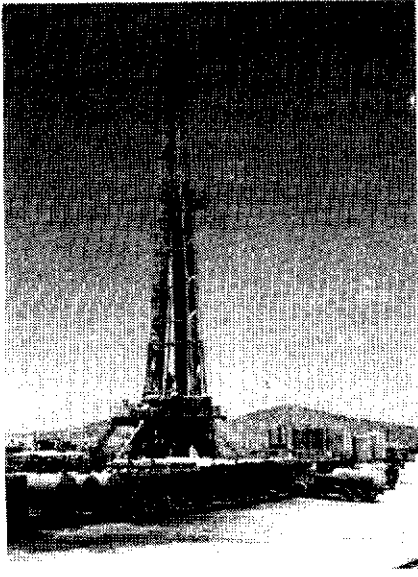
○ البته حفاری‌های عمودی و افقی مزایایی دارند که به خاطر آن مزایا، این نوع عملیات را از

لحاظ اقتصادی توجیه می‌کنیم. به عنوان مثال، ممکن است بخواهیم ۵ یا ۱۰ چاه عمودی حفر نماییم تا مخزنی که در آنجا وجود دارد، قابل بهره‌برداری بشود. در صورتی که ممکن است برای رسیدن به مقصود، از طریق حفر یک چاه افقی به آن مخزن دسترسی پیدا بکنیم، منتها بعضی مواقع موضوع دسترسی با تولید متفاوت است. اینکه دسترسی پیدا کنیم، دلیل بر آن نیست که تمام مخزن با حفر یک چاه به تولید برسد، زیرا چاههای افقی نیز مسائل مخصوص خودشان را دارند که حفاری چاههای عمودی این مسائل را ندارند. به این دلیل است که مطالعات و برنامه‌ریزی باید به صورت جامع انجام بشود تا مشخص شود، مقدار تولید واقعا چند درصد افزایش می‌یابد و در مقایسه با مخارجی که حفاری افقی دارد، آیا مقرون به صرفه هست یا نه. نتیجه کار معمولاً چیزی بین این دو است، یعنی از یک چاه افقی بیشتر از چاه عمودی می‌توانیم تولید نماییم، ولی نه در حدی که مثلاً یک چاه افقی بتواند جای ۱۰ چاه عمودی را بگیرد، به همین دلیل، نیاز به مطالعه دقیق تری در این مورد وجود دارد. همین طور در مورد حفاری‌های جهت‌دار، که آن هم مزایای خودش را دارد. البته چاه‌های جهت‌دار به نسبت گرانتر هستند، ولی در این حالت تا حدی از لحاظ اقتصادی، در مواردی از قبیل حمل و نقل و دکلهای حفاری صرفه‌جویی می‌شود. برای این کار در یک نقطه چند چاه حفر می‌شود، یا مجبور نیستید تا چند جای مختلف را برای حفاری آماده نمایید، زیرا این کار مخارج زیادی دارد. مسئله دیگر این است که در جایی ممکن است حفر چاه عمودی امکان‌پذیر نباشد، مثلاً مخزن در زیر یک ساختمان یا مجتمعی قرار دارد که اصلاً قابل دسترسی نیست. البته در حفاری‌های جهت‌دار، بهره‌گیری بیشتر در خارج از زمین است و با ایجاد یک سکو می‌توانید چندین چاه حفر نمایید.

### ● تفاوت‌های عمده تکنولوژی‌های حفاری

#### افقی و عمودی در چیست؟

○ در مورد حفاری افقی، هنوز تکنولوژی موجود آن قدر پیشرفته نیست تا بتوانیم از آن در مخازن بسیار عمیق استفاده نماییم. ولی ابزار و تکنولوژی موجود برای مخازن ایران که زیاد عمیق نیستند، بسیار قابل استفاده است. منتها در مورد مشکلاتی که ممکن است پیش بیاید، لایه‌ها باید به دقت مطالعه شود، زیرا در لایه‌ها علاوه بر چیزهای غیرمفید چیزهای مفید هم



## حفاری‌های عمودی و افقی

### مزایایی دارند که

### با بررسی آن مزایا،

### می‌توانیم نوع عملیات را

### از لحاظ اقتصادی توجیه می‌کنیم

نظر نمایند، ولو اینکه ممکن است اینها زیاد از کار یکدیگر اطلاع نداشته باشند. ولی نکته‌ای که در مورد این گروه‌ها هست، این است که اینها به همکاران خود بگویند که این تصمیماتی که می‌گیرند روی چه اساسی می‌باشد. این امر باعث می‌شود که در کارشان هماهنگی به وجود بیاید که این خاصیت را خواهد داشت که در پیشبرد پروژه ناهماهنگی‌ها از بین برود و به این ترتیب کارشناسان در هر قسمتی مستقیماً با هم در تماس باشند. من فکر می‌کنم که در این زمینه کمبودهایی وجود دارد که باید تلاش بشود تا این کمبودها به حداقل برسد.

### ● در این خصوص، دانشگاه چه کمکی می‌تواند بکند؟

○ چون دانشگاه نفت تحت پوشش وزارت نفت می‌باشد، این موضوع برای پیشبرد کارهای آموزشی امتیاز بزرگی است و به نظر من، دانشگاه در این مورد نقش بزرگی را می‌تواند داشته باشد. به این ترتیب که از دانشجو گرفته تا اساتید، اینها باید به طور کامل در کارهای صنعت نفت درگیر باشند. چون در بخش‌های دیگر ممکن است دانشگاه تحت پوشش این وزارتخانه

خصوصیات مخزن بستگی دارد و همه به یک حالت نمی‌باشند.

### ● توانایی صنعت نفت ایران را در زمینه

### حفاری چه افقی و چه عمودی، چگونه ارزیابی می‌کنید؟

○ عوامل مثبت در این زمینه عبارت است از: کارکنان و نیروی انسانی با استعداد که به اندازه کافی در ایران وجود دارند، منتها چون ما به لحاظ سیاسی منزوی شده بودیم، به دلیل مسائلی که در چند سال گذشته وجود داشته است، ارتباطات در آن حدی نبود که کارکنان به تکنولوژی‌ها و ابزار جدید دسترسی داشته باشند. ولی تا آنجا که اطلاع دارم، خیلی از کارکنان صنعت نفت سعی می‌کنند که از تکنولوژی‌های جدید استفاده بکنند و این تکنولوژی‌های جدید را پیاده بکنند، ولی در هر صورت این کار چالش خیلی بزرگی است، چون خواستن یک طرف قضیه است و داشتن امکانات طرف دیگر آن. فرضاً اگر یک کارشناس تکنیک را هم بداند، بدون ابزار نمی‌تواند آن را پیاده کند. من فکر می‌کنم بزرگترین ضعفی که فعلاً وجود دارد، همین مسئله است. موضوع بعدی، مقداری هم باید در زمینه آموزش فعال باشیم، ولو اینکه کسانی باشند که سابقه کاری زیادی هم داشته باشند و ۸۰ تا ۹۰ درصد مطالب را نیز بدانند، اما باید در دوره‌های آموزشی شرکت نمایند. زیرا قرار گرفتن در یک فضا با کارکنان دیگر و تبادل نظرات در این دوره‌ها، مهمتر از خود آموزش است.

### ● به نظر شما، برای انتقال آموخته‌ها و اجرا شدن آن‌ها در عمل در بخش حفاری، چه کارهایی باید انجام شود و چه پیش‌بینی‌هایی برای این کار لازم است تا بتوانیم به اهداف مورد نظر دست یابیم؟

○ یکی از مسائلی که به تجربه در سالهای اخیر در بعضی از کشورها در حال انجام شدن است، تشکیل گروه‌هایی به نام گروه‌های ارزیابی می‌باشد و باید سعی نمایم که به طریق قسمتهای مختلف صنعت نفت را با هم یکپارچه بکنیم. من فکر می‌کنم که وزارت نفت و دانشگاه صنعت نفت می‌توانند در این مورد همکاری نمایند. به این ترتیب که این گروه‌های ارزیابی یا زمینه‌های مختلف از افراد مختلف تشکیل بشوند و در مورد پروژه‌هایی که در حال انجام است در آینده انجام می‌شود، با یکدیگر تبادل

هست، مثلاً همان ذرات معلق و آب. ما نمی‌خواهیم آب تولید کنیم، منتها چاههای افقی این مشکلات را دارند که باعث می‌شوند تولید افت بکند.

### ● آیا در چاههای با عمق کم نیز این

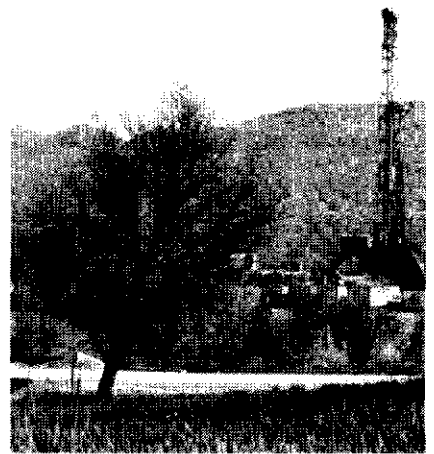
### اشکالات به وجود می‌آید؟

○ پس از مدتی، در همه حفاریهای افقی بعضی مواقع اشکال پیدا می‌شود، زیرا چاههای افقی مانند چاه‌های عمودی بادوام نیستند که تا چندین سال به همان حالت باقی بمانند. البته باید این موضوع را نیز در نظر گرفت که چاههای افقی ممکن است چند برابر یک چاه عمودی تولید داشته باشد، مثلاً ظرف یک سال، یک چاه افقی ممکن است به اندازه ۳ سال یک چاه عمودی تولید داشته باشد، اما اگر یک چاه افقی ۲ سال دوام داشت، نمی‌توانیم بگوییم که این مخزن ۲ سال تولید داشته است. در صورتی که بعضی از چاههای عمودی ممکن است تا مدت ۲۰ سال با یک افت کم تولید بکنند، اما یک چاه افقی ممکن است برای یک یا دو سال، بیشتر از آن چاه عمودی تولید داشته باشد و افت آن بعد از یکی دو سال خیلی زیادتر باشد. البته وقتی که این دو مسئله را در نظر می‌گیریم، باید توجه داشته باشیم که کدام یک از آنها مقرون به صرفه است، چون هرچند که تولید بیشتر باشد، سرمایه صرف شده را سریع‌تر بازمی‌گردانند. به همین دلیل ممکن است اصلاً نیازی به آن نباشد که مثلاً یک چاه افقی مانند یک چاه عمودی به مدت ۸ سال تولید بکند. به علاوه، ممکن است مثلاً یک چاه افقی در ظرف ۳ سال به اندازه ۸ سال یک چاه عمودی هم از نظر حجم و هم از نظر مقدار درآمد حاصله تولید داشته باشد. در این خصوص، محاسبات زیادی وجود دارد که باید هم از لحاظ مخازن و هم از نظر اقتصادی بررسی شوند.

### ● نکته‌ای در مورد برداشت‌های اولیه و

ثانویه وجود دارد آن اینکه، معمولاً در ایران این برداشتها بیش از ۲۰ تا ۳۰ درصد نیست و تا ۷۰ یا ۸۰ درصد هم با استفاده از روشهای ازدیاد برداشت نفت قابل برداشت است، در مطالعاتی که در این زمینه انجام می‌شود، این موارد هم لحاظ می‌شود یا نه؟

○ اینها در عمل مشخص می‌شود، مثلاً در یک چاه افقی، درصدی از تولید که باز یافت می‌کنید بیشتر است. مثلاً ۱۰، ۲۰ یا ۳۰ درصد بیشتر است، این موضوع به نوع مخزن و به



## در حفاری افقی، هنوز تکنولوژی آن قدر پیشرفته نیست تا بتوانیم از آن در مخازن بسیار عمیق استفاده نماییم

نباشد در حال حاضر که این موقعیت وجود دارد، باید از آن استفاده کرد. یعنی هم باید دانشگاه خودش را آماده بکند که این کار را انجام دهد، چون خودش نیاز به نیروی متخصص دارد و هم از طرف وزارت نفت به کارکنان در قستهای مختلف بگویند که روال کار این است که می خواهیم دانشگاه در پیشبرد کارهای عملی و تحقیقاتی صنعت نقش بزرگتری داشته باشد. فکر می کنم که این یکی از کارهای خیلی سازنده باشد.

● چه توصیه ای برای تقویت دانش و توانایی های ما در بخش حفاری چه جهت دار و چه افقی دارید؟

○ چون اطلاعات من در این خصوص محدود است، به نظر من شاید صنعت باید از شرکت های نفتی که به او خدمات ارائه می کنند، بیشتر باید استفاده بکند. به عنوان مثال، چند سال پیش که به عنوان مشاور یک شرکت نفتی به چین رفته بودم، یکی از شرایط آنها برای اعطای امتیاز استخراج مخازن این بود که این شرکت در هر سال باید تعدادی از کارکنان چینی را آموزش بدهد، این جزء قرارداد بود. سؤال این است که آیا این شرایط در ایران نیز وجود دارد یا نه. این امر

می تواند یک امتیاز باشد و فکر می کنم بتواند به آشنایی و آموزش کارکنان کمک نماید.

● با توجه به اینکه در حفاری در سطوح پیشرفته ما با مشکلاتی مواجه شده ایم، بدین منظور از تکنولوژی های جدیدتری استفاده می کنیم. آیا می توانید مواردی را ذکر کنید که در آنها حفاری با مشکلاتی روبرو شده و با کمک تکنولوژی های جدید برطرف شده باشد؟

○ ما در بعضی از موارد می توانیم کارهایی انجام بدهیم و مشکلات را برطرف کنیم، ولی با چه قیمتی؟ من فکر می کنم صنعت نفت ایران امکانات زیادی دارد تا از عهده این گونه مسائل برآید. یعنی ممکن است هم تکنولوژی داشته باشیم و هم بتوانیم موانع را برطرف بکنیم، ولی اگر از بهترین تکنولوژی استفاده نکنیم، یا به لحاظ زمانی کارها را به تعویق بیندازیم، در نتیجه مخارج بیشتری را متحمل می شویم. من فکر می کنم که خیلی از این مسائل در قسمتهای مختلف داریم که می شود اینها را با استفاده از تکنیک هزینه-فایده به طرق بهتری حل نماییم.

● به نظر شما، برای تبادل اطلاعات و تجربیات در زمینه آخرین پیشرفت های علمی حفاری چه راه کارهایی وجود دارد؟

○ الان یکی از کارهایی که ما می توانیم انجام دهیم، تشکیل سازمانی از جامعه مهندسی نفت است. یک سازمان بین المللی مهندسی، تشکیل این سازمان باعث می شود تا تکنولوژی های جدید در داخل کشور معرفی شده و کارکنان صنعت نیز با اینها آشنا بشوند و همین طور از این طریق می توانیم مشکلات صنعت نفت ایران را از نظر عملیاتی و تحقیقاتی به بقیه دنیا نشان بدهیم. و با همکاری بین دانشگاه و صنعت نفت، کارکنان صنعت نفت می توانند یافته های خود را در مورد مسائل مختلف و راه حل برطرف کردن آنها به صورت مقاله در سطح جهان عرضه نمایند. به نظر من، در این خصوص کارشناسان ایرانی کوتاهی می کنند، در صورتی که در مقایسه با کارشناسان کشورهای دیگری که توانایی بیشتری از ایران ندارند، مثل عربستان و اندونزی و... آنها مقالات بیشتری ارائه می کنند. این موضوع به نظر من یک کمبود است و ما باید توانایی کارکنان صنعت نفت ایران را به دنیا نشان بدهیم که این کار اعتبار صنعت نفت ایران را بالا می برد.

● این کار اثری بر ارائه دهندگان امکانات علمی و فنی صنعت نفت ایران می گذارد؟

○ این اقدامات باعث می شود تا صنعت نفت ایران در سطح جهان بیشتر معرفی بشود، و حتی ممکن است بازارهای دیگری برای ایران باز شود، هم برای کارکنان و هم برای خدمات که می توانند ارائه کنند. چون اگر درها را ببندید و کسی کار شما را نبیند، نمی تواند از توانایی های شما باخبر شود. یک روش برای عرضه توانایی ها، همین مقالات تکمیلی هستند.

● آیا فکر می کنید که اگر در این زمینه نقایصی باشد، قابل برطرف کردن است؟

○ بله، چون تمام اشکالات فنی جواب نهایی ندارند. مثلاً اگر شما مسائلی را مطرح کردید و مقداری از آنها حل شد و مقدار دیگر باقی ماند، می توانید مسئله را در یک مقاله ارائه دهید، خواه ناخواه در سطح جهانی ممکن است اشخاص دیگری باشند که به همین موضوع علاقه مند باشند. من این تجربه را بارها در مقالات خودم داشته ام. و به همین دلیل از طریق این مقالات با کسانی تبادل نظر کرده ام که هیچ گونه آشنایی قبلی با آنها نداشتم.

● چه زمینه ای برای همکاری متخصصانی نظیر شما که در خارج از کشور فعالیت دارند، وجود دارد؟

○ البته تا به حال پروژه های زیادی مطرح شده است، ولی به طور رسمی از مادرخواستی نشده است تا این پروژه ها شروع بشوند، هر زمان صنعت نفت ایران بخواهد تا از یک پروژه به خصوصی حمایت به عمل آوریم، ما این آمادگی را، چه از نظر شخصی و چه از نظر دانشگاهی، داریم.

● آیا برای این کار ما از لحاظ سازمانی مشکل داریم؟

○ شاید اگر چیزی من بگویم براساس حدس و گمان باشد، زیرا به طور مستقیم چیزی به من گفته نشده است، ولی من فکر می کنم که شاید حمایت مدیریت در سطحی نبوده تا بتوانند این کار را انجام دهند، مثلاً تماسها در سطح پایین تر بوده است.

● از شرکت شما در این گفتگو تشکر می کنم.

○ من هم از شما متشکرم.