ماهنامه تخصصی نفت و انرژی

چشم انداز نفت

حامی ساخت داخل

۵۳

سال یازدهم
اردیبهشت ۱۴۰۲
۷۰ هزار تومان

اجرای صد درصدی تعهدات تزریق و تولید اولین پروژه EPDF فراساحلی توسط شرکت DCI در خلیج فارس

تولید جریان سنج چندفازی در ایران

Petroyatech VG MPFM

PETROYATECH

فهرست کامل ۲۰۴ قلم تجهیز نفتی مشمول ممنوعیت واردات

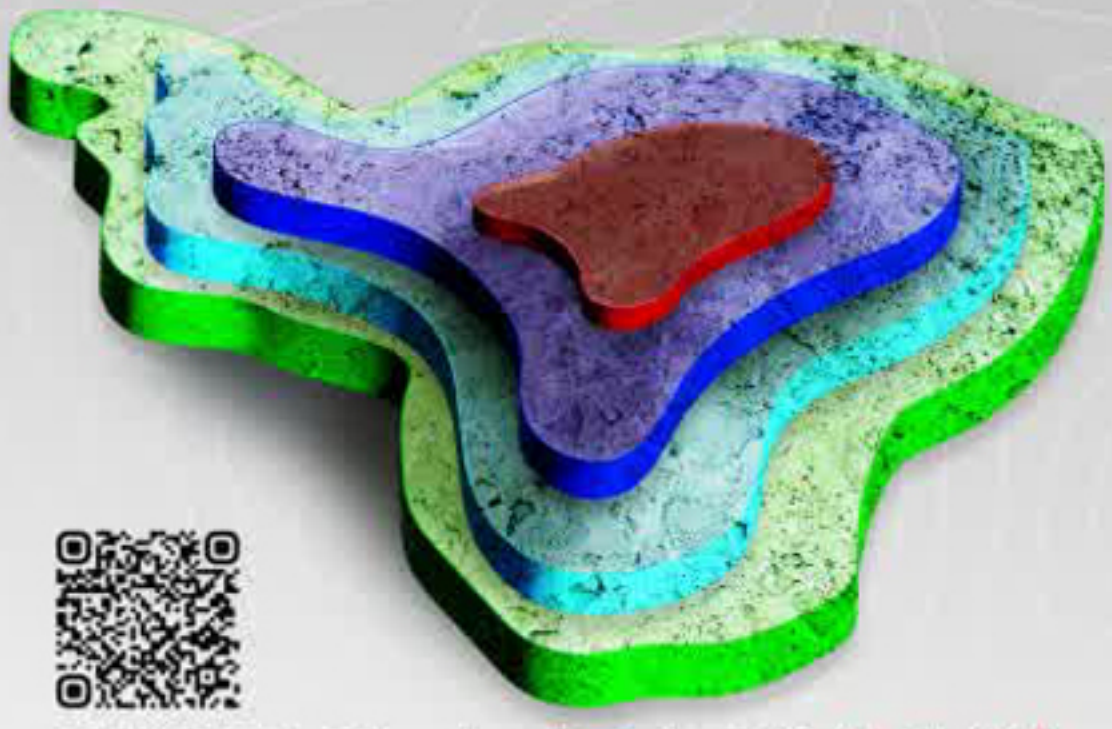
گزارش مراحل تولید و تست میدانی اولین ESP ساخت ایران

پذیرش ریسک تسهیل‌گر نفوذ فناوری های بومی در صنعت نفت

«ایرانور صنعت هوشمند» در مسیر تحول دیجیتال صنایع ایران

PETROIRAN
DEVELOPMENT GROUP
PEDCO گـــروه توسعه پترو ایران

PETROIRAN.COM



گروه توسعه پترو ایران: با تکیه بر نیروی انسانی متخصص مبتنی بر رویکرد توسعه پایدار، تعامل کارا و مؤثر با تمامی ذینفعان، سیستم‌های پیشرفته و دانش فنی روز دنیا، برای پاسخگویی به نیازهای صنایع نفت، گاز و انرژی‌های تجدیدپذیر فعالیت می‌نمایند. **اکتشاف، توسعه و بهره‌برداری، سرمایه‌گذاری، تأمین مالی، بازاریابی و فروش محصولات و خدمات مرتبط با صنعت نفت و دیگر حوزه‌های انرژی مأموریت اصلی ماست.** سه شرکت تخصصی زیر مجموعه در زمینه‌های حفاری، مهندسی و خدمات بازرگانی، فعالیت‌های خود را در حوزه تولید و اکتشاف(E&P) ارائه می‌دهند و از شرکت‌های دانش بنیان حمایت می‌کنند.

| بخش بالادستی صنعت نفت (اکتشاف، توسعه، تولید و بهره‌برداری) ◣ لرزه‌نگاری، مطالعات زمین‌شناسی و ژئوفیزیک ◣ تهیه طرح توسعه جامع میادین نفت و گاز ◣ طراحی و انجام عملیات حفاری و تکمیل چاه‌ها ◣ طراحی و اجرای مدیریت مخازن، ازدیاد برداشت و افزایش ضریب بازیافت ◣ ساخت و راه‌اندازی تأسیسات سطح الارضی و بهره‌برداری ◣ تولید، نگهداشت و تعمیرات تأسیسات بهره‌برداری | بخش میان‌دستی و پایین‌دستی صنعت نفت و انرژی‌های تجدیدپذیر ◣ مدیریت و اجرای پروژه‌ها و طرح‌ها ◣ تولید، بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات

PETROIRAN DEVELOPMENT CO. شرکت توسعه پترو ایران PEDCO
DCI شرکت حفاری بین‌المللی ایران DRILLING COMPANY INTERNATIONAL LTD.
PEDCOKISH شرکت توسعه پترو ایران کیش
PETRO SAHEL OFOGH KISH CO. پترو ساحل افق کیش PSOK

فناپ
زیرساخت
تحـول از زیرساخت آغاز می‌شود
فناپ زیرساخت؛ شریک راهبردی صنایع در مسیر تحول دیجیتال و صنعت ۴
ارائه راهکارهای هوشمندسازی برای صنایع
ارائه راهکارها و پلتفرم اینترنت اشیا
راهکار جامع سازمانی فناپی (ERP)
طراحی و پیاده‌سازی مراکز داده و ارائه خدمات و پلتفرم ابر صنعتی
طراحی و مدل‌سازی Living Lab اختصاصی در بافتار صنعت ۴
ارائه پلتفرم مدیریت هوشمند کنتور گاز
تهران، میدان ونک، انتهای حقانی، خیابان دیدار شمالی، کوچه کیش، پلاک ۱۱ | ۸۶۰۰-۹۵۱۳۳۳۵۵ | www.fanap-infra.ir

Masterbatch, Compound, Additive,
BDO (Chemical intermediate), PBT (Engineering Polymer),
PBAT, PBS (Biodegradable Polymers), Carbon Black,
Biodegradable Compound, Extruded Polymer, Plastic Granules,
Powder Predisperse Solid, Pigments (Industrial and sanitary),
PE100+, PE80+, PP-r,
Welding Rod, Steel Pipe Coating (TOP-COAT)
and adhesive for the middle layer of steel pipe coating,
Agro PET Wire, High Strength Yarn & Fibers

مستربچ، افزودنی،
کامپاند، آمیزه های پلیمری،
کامپاند و گرانول زیست تخریب پذیر،
پودر و پیگمنت پری دیسپرس (صنعتی و بهداشتی)،
نخ و الیاف مدول و مقاومت بالا

رنگدانه سیرجان ®

موارد استفاده در صنایع نساجی، نخ و الیاف

فرش ماشینی و موکت :

- نخ های فیلامنتی و الیاف کوتاه
- الیاف پلی استر ، پلی پروپیلن و پلی آمید کوتاه
- نخ های B.C.F مورد مصرف در فرش ماشینی، موکت تافتینگ، کات و لوپ
- نخ های CF مورد مصرف در دوخت، کمربند ایمنی، بافت محافظتی
- نخ های POY, FDY مورد مصرف در فرش ماشینی، رومبلی، جوراب و البسه ورزشی
- الیاف پلی استر، پلی آمید، پلی پروپیلن مورد مصرف در ریسندگی نخ های پنبه ای،
فرش ماشینی، موکت و نانی های سوزنی

منسوجات نبافته (Non woven) بهداشتی :

- اسپان باند (Spunbond) ، ملت بلان (Melt Blown)
- سورن زن SS , SMS , SMMS

نخ های TFO , DTY , FDY , POY , C.F. , B.C.F. ، پلی پروپیلن، پلی استر و
پلی آمید مورد مصرف در فرش ماشینی، پارچه رومبلی، پرده ای، البسه ورزشی

مستربچ و افزودنی الیاف پلی استر کتان تایپ

جهت تولید الیاف DOPE DYED

گونی و جامبو پلی پروپیلن

سفید کننده و براق کننده جهت تولید الیاف پلی استر PSF

www.rangdaneh.ir
info@rangdaneh.com

دفتر تهران :

خیابان دکتر بهشتی ، خیابان پالستان ، کوی هشتم ، پلاک ۲۲
تلفن : (۲۰ خط) ۸۸۷۵۰۶۱۸ - ۰۳۱
فاکس : ۸۸۷۳۱۵۳۰ - ۸۸۷۵۰۶۰۲ - ۰۳۱

شرکت دانش بنیان بازرسی فنی
و مجتمع آزمایشگاهی شاخه زیتون لیان

بزرگترین و مجهزترین مجتمع آزمایشگاهی جنوب کشور

SZL Technical Inspection & Laboratory Complex

تنها شرکت دانش بنیان دارنده پروانه بازرسی بین‌المللی در جنوب کشور
پرسنل مجرب و متخصص دارای کارت نفت و کارت IFIA
آزمایشگاه معتمد کارگروه ستاد مبارزه با قاچاق سوخت کشور
بازرسی و نمونه برداری از محموله‌های نفتی در زمینه‌های نفت و فرآورده‌های نفتی
پیشتاز در ارائه خدمات در زمینه بازرسی، آزمایش، تضمین کیفیت،
مدیریت ریسک و پشتیبانی فنی صنعت نفت و پتروشیمی

معتمد وزارت نفت در اداره نظارت بر صادرات و مبادلات نفتی
همکار سازمان ملی استاندارد ایران / همکار سازمان دامپزشکی
همکار سازمان غذا و دارو / همکار سازمان حفاظت محیط زیست

شعب داخلی:
بوشهر (مرکزی)، تهران، بندرعباس، بندر لنگه، ماهشهر، عسلویه، بندر گناوه، چابهار، اصفهان، تبریز

شعب خارجی:
دبی، اتریش، هالزی، روسیه، کانادا، ارمنستان

نشانی: بوشهر، بلوار دهمان، روبروی درب خروج گمرک، انتهای کوچه بانک تجارت، ساختمان نور
کد پستی: ۷۵۱۳۸۸۵۶۵۵ تلفن: ۰۷۷-۳۳۳۲۲۰۰۱ فکس: ۰۷۷-۳۳۳۳۰۸۸۰
E-mail: info@szlco.com Web: www.szlco.ir

PETROCO
rubber-metal professionals

شرکت دانش بنیان

پترو پژوهان شریف

MaxSwell®

MaxFlate®

UltraPak®

شرکت دانش‌بنیان پترو پژوهان شریف (پتروکو) در زمینه بومی سازی و تولید تجهیزات پیشرفته صنعت نفت و گاز فعالیت می‌نماید. این شرکت دارای دانش فنی و تجهیزات تولید و تست یکپارچه متسط شونده (Swell Packer) و متورم شونده (Inflatable Packer) است که این محصولات به منظور ایجاد آببندی موقت و دائمی و انسدادی انتخابی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

همچنین شرکت پتروکو دارای دانش فنی و تجهیزات ساخت انواع الاستومرهای پیشرفته صنایع نفت و گاز می‌باشد. این شرکت توانایی ساخت انواع Rubber Packing Element ها بر پایه HNBR, AFLAS ,VITON و سایر الاستومرهای مهندسی را دارا است.

آدرس: تهران، شهر قدس، شهرک صنعتی زاگرس، بلوار زاگرس، خیابان کاوشگران، پلاک ۳

تلفکس: ۰۲۱-۴۶۸۸۳۴۱۸

Email: info@ThePetroco.com

Website: www.ThePetroco.com

شناسنامه | Petroleum Outlook

ماهنامه چشم انداز نفت
حامی ساخت داخل

سال یازدهم شماره ۵۳ ماهنامه اردیبهشت ۱۴۰۲
شماره ثبت ۹۰/۲۴۶۹۷

- صاحب امتیاز و مدیر مسئول: قدرت اله حیدری
- زیرنظر شورای سردبیری
- اسامی نویسندگان به ترتیب الفبا: رضا آذین، حامد آزادیان، محمد علی بیگ زاده، حبیب بیرامی، علی پاک، مهدی خدایاری، احمد علی خدایی اردبیلی، رضا دهدار، علی رنجبر، عباس روحی، برزین شریفی، اصغر صادق آبادی، محمد رضا طبیب زاده، میثم عربی، محمد رضا علیزاده عطار، حسن قاسم زاده، کاظم کوکرم، منصور محسنی اصل، عزیز میردار، عنایت اله مهمی
- گرافیک و صفحه آرایی: یاسمن نامدارنیا و محمد رضا طیاری
- عکس: سعید واشقانی فراهانی

- ماهنامه تخصصی نفت و انرژی (اطلاع رسانی- تحلیلی- علمی- آموزشی)
- دیدگاه‌های مطرح شده در مقالات و مصاحبه‌ها لزوما نظر ماهنامه نیست.
- اقتباس و استفاده از عموم مطالب مندرج در ماهنامه با ذکر منبع مجاز است.
- ماهنامه در انتخاب و ویرایش متون آزاد است و مسئولیت مطالب چاپ شده بر عهده نویسنده می‌باشد.

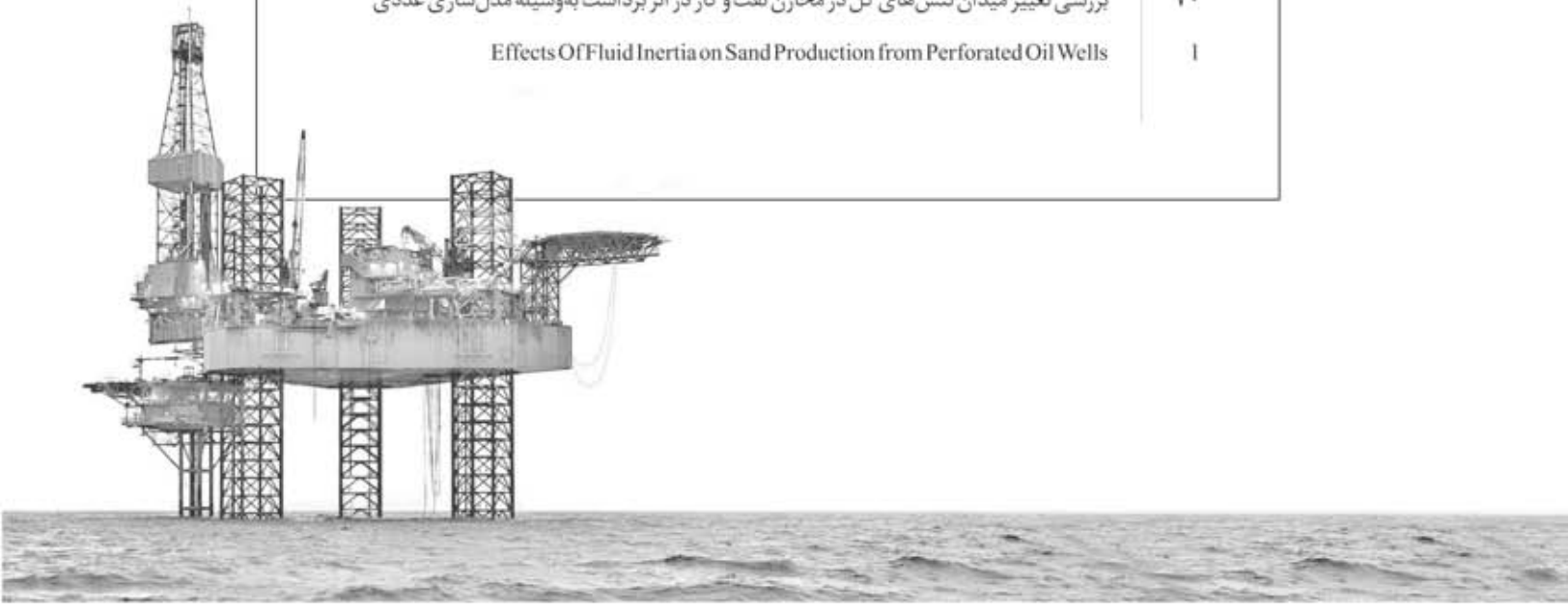
- نشانی: تهران، خیابان اسکندری شمالی، کوچه حمید، پلاک ۱۲، واحد۴

- تلفن امور آگهی و بازرگانی: ۰۹۰۱۳۴۲۱۳۷۷ ■ تلفکس: ۶۶۴۳۴۴۶۸-۰۲۱
- وب‌سایت: www.chashmandaznaft.com
- اینستاگرام: chashmandaz_naft

- چاپ و لیتوگرافی: گلبرگ ■ تلفن: ۳۸۲۰۸۹۵۸-۰۲۵

فهرست

۳	سر مقاله
۴	تبیین جایگاه بخش دولتی و بخش خصوصی در صنعت نفت
۱۰	آموزش صنعتی ابزار نفوذ فناوری
۱۲	اهمیت و تاثیر فناوری های پایدار در صنعت نفت و گاز
۱۴	«اپراتور صنعت هوشمند» در مسیر تحول دیجیتال صنایع ایران
۲۰	روایت بومی سازی جریان سنج چند فازی
۲۱	جریان سنج چندفازی مدل VG MPFM، از ایده تا میدان
۲۷	چالش معکوس توتال و توانمندی شرکت‌های ایرانی
۲۸	اجرای صددرصدی تعهدات تزریق وتولیداولین پروژه EPDF فراساحلی توسط شرکت DCI در خلیج فارس
۳۲	دستاوردهای اولین پروژه موفق EPDF فراساحلی
۳۴	گزارش مراحل تولید و تست میدانی اولین ESP ساخت ایران درکارخانه شرکت پادیاب تجهیز
۳۹	فهرست کامل ۲۰۴ قلم تجهیز نفتی مشمول ممنوعیت واردات
۴۴	چالش رتبه بندی اقتصاد صنعتی
۴۶	کدام دسته از مدیران تاثیرگذار تر هستند؟
۴۸	نقش راهبر جلسات خطر-کار
۵۲	انواع کشتی‌های نفتی
۵۴	بررسی کاربردآلیاژهای منیزیم در صنایع و ظرفیت‌های استفاده در تجهیزات صنایع نفت، گاز وپتروشیمی
۵۸	دسته‌بندی مشکلات حفاری با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین، مطالعه موردی یکی از میادین دریایی ایران
۶۴	مروری بر چهارمین کنفرانس ملی ژئومکانیک نفت
۶۶	در راه خلاقیت : مهندسان به عنوان کارآفرینان درون سازماني
۶۹	مقالات برگزیده چهارمین کنفرانس ملی ژئومکانیک نفت
۷۰	بررسی تغییر میدان تنش‌های کل در مخازن نفت و گاز در اثر برداشت به‌وسیلهٔ مدل‌سازی عددی
I	Effects Of Fluid Inertia on Sand Production from Perforated Oil Wells



پذیرش ریسک
تسهیل‌گر نفوذ فناوری های بومی در صنعت نفت

قدرت اله حیدری
صاحب امتیاز و مدیر مسئول

۱. کاتالیست یکی از استراتژیک ترین کالاهایی است که نقش مهم و حیاتی در فرایندهای پالایشگاهی و پتروشیمیایی دارد. بومی سازی این محصول استراتژیک از سال ۱۳۷۹ در وزارت نفت کلید خورد و اولین کاتالیست ساخت داخل در سال ۱۳۸۷ با پذیرش ریسک عملیاتی آن توسط مدیرعامل وقت شرکت پخش و پالایش در پالایشگاه شیراز بارگذاری شد. با گذشت بیش از ۲۵ سال، هم اکنون شرکت‌های توانمند داخلی بخش عمده‌ای از نیاز صنایع کشور به کاتالیست را تامین می کنند.

۲. در سال ۱۳۸۷ شرکت نفت فلات قاره اقدام به جایگزینی تجهیزات سرچاهی خارجی با محصولات ساخت داخل کرد و ساخت چهار دستگاه تاج سرچاهی دریایی را به دو سازنده توانمند داخلی واگذار نمود. با پذیرش ریسک عملیاتی توسط مسئولین وقت شرکت فلات قاره، این تجهیزات در چاه‌های دریایی نصب شد. با پایش عملکرد تجهیزات نصب شده و اطمینان از عملکرد آنها از سال ۱۳۹۳ تاکنون تمام تجهیزات سرچاهی مورد استفاده در چاه‌های این شرکت توسط سازندگان داخلی تامین شده است.

۳. نخستین خط لوله کامپوزیتی انتقال نفت با هدف جایگزینی خطوط انتقال فلزی با لوله‌های کامپوزیتی در سال ۱۳۹۵ در منطقه مارون استان خوزستان به بهره برداری رسید. این طرح با دستور مستقیم مرحوم رستم قاسمی به عنوان وزیر نفت و با پذیرش ریسک عملیاتی توسط شرکت مناطق نفت‌خیز جنوب به بهره برداری رسید. با گذشته بیش از ۷ سال از اجرای این طرح تاکنون هیچ گزارشی مبنی بر نشتی یا عملیات تعمیراتی بر روی این خط لوله گزارش نشده است.

موارد ذکر شده تنها نمونه ای است از بیشمار موضوعاتی که روایت گر چگونگی نفوذ یک فناوری جدید در صنعت نفت کشور است. عامل مشترک در موفقیت تمامی این طرح‌ها پذیرش ریسک توسط یکی از مسئولین تصمیم گیر در وزارت نفت و یا یکی از مجموعه‌های دارای مسئولیت است که اتفاقا منجر به یک تحول چشمگیر در استفاده از فناوری‌های بومی شده در صنعت نفت شده است.

در این شماره چشم انداز نفت موضوع بومی‌سازی پمپ‌های درون چاهی (ESP) و جریان سنج چند فازی (MPFM) روایت شده است. دو تجهیز استراتژیک که نقشی اساسی در پایداری تولید از چاه‌های نفتی کشور را بر عهده دارند. البته با دو رویکرد متفاوت. یکی با پذیرش ریسک عملیاتی توسط یکی از شرکت‌های تابعه وزارت نفت موفق به گذراندن مراحل تست میدانی شده و تعداد زیادی از چاه‌های این شرکت توسط جریان سنج چند فازی ساخت داخل مورد تست قرار گرفته است ولی پمپ‌های درون چاهی که چند سالی است کارگاه‌های تعمیرات و ساخت آن در کشور به بهره برداری رسیده است، کماکان در انتظار یک پذیرش ریسک تاثیرگذار برای طی کردن آخرین مرحله از فرایند بومی سازی یعنی تست میدانی است.

اشارات فوق بیانگر این موضوع است که پذیرش ریسک می‌تواند مهمترین عامل برای نفوذ یک فناوری جدید در شرایط فعلی کشورو جایگزین شدن فناوری‌های بومی با تکنولوژی‌های تحریم شده باشد. موضوع مهمی که بارها توسط مسئولین رده بالای کشور مورد تاکید قرار گرفته است ولی ضرورت دارد که با ایجاد ساز و کارهای قانونی، هم رده‌های مدیریتی برای پذیرش ریسک مشخص شود و هم میزان و حد پذیرش ریسک نیز برای هر گروه تصمیم گیر معین گردد. این سازو کار قانونی راه نفوذ بیشتر فناوری‌های جدید و بومی شده به صنعت نفت را هموارتر خواهد کرد.

تبیین جایگاه بخش دولتی و بخش خصوصی در صنعت نفت

مهندس محمدرضا طبیب زاده
عضو هیات مدیره انجمن پیمانکاران نفت، گاز و پتروشیمی

پیشگفتار:

نگارنده در سه دهه گذشته تلاش بسیاری به عمل اورد که جایگاه دولت و بخش خصوصی را در مقابل یکدیگر و با توجه به قوانین و ضواط جاریه در کشور بازخوانی و به هم نزدیک کند. در حال حاضر معتقدم این نزدیکی به معنای واقعی شکل نگرفته که این امر به ضرر مهندسی و صنعت احداث کشور بوده است. ماحصل آن تطویل بی رویه پیمانها تا ۴ برابر مدت اولیه پیش بینی شده پروژه ها بطول انجامیده که به غیر از هدر منابع ملی نمی توان نامی برای آنها نهاد. باز نویسنده تلاش می نماید در حد ممکن و در این نوشتار با روایتی از نوشته های گذشته و بالاخص چالش های بوجود امده در این سه دهه در شرایط حال نگاه دولت به بخش خصوصی را مجددا بررسی و یادآوری نماید امید است ارکان دولت محترم به این نوشته ها وقعی نهاده و در مسیر اصلاح ان باشند.

مقدمه:

در طی چند دهه گذشته بحث جایگاه بخش خصوصی و میزان اثرگذاری اش در حوزه صنعت احداث کشور من جمله صنعت نفت همواره مورد بحث دولت های مختلف بوده است. در قبل از انقلاب دولت در تشکیل شرکت های خصوصی و عمدتا شرکت های بزرگ نقش اساسی داشت و سازمان برنامه از دهه ۴۰ در حال شکل دادن به تقسیم پروژه ها، تعریف نقش کارفرما، مشاور و پیمانکار بود. این امر ابتدا با محوریت سازمان برنامه و بودجه با محوریت کارفرمای پروژه ها و اجرا کننده راسا صورت می گرفت و با بزرگ شدن پروژه ها مهندسان مشاور و پیمانکاران به تدریج وارد صحنه اجرای پروژه های مختلف صنعت احداث گردیدند. البته فضای صنعت نفت به طور مشخص دارای فضای جداگانه ای بود. با شروع برنامه های متعدد پنج ساله قبل از انقلاب و بالارفتن توان مالی دولت به جهت افزایش یکباره قیمت نفت فکر تقسیم کار بین مشاور بعنوان طراح پروژه و پیمانکاران بعنوان اجرا کننده در مقابل زیر مجموعه های قوه مجریه بعنوان کارفرما شکل گرفت که این امر پس از انقلاب نیز ادامه یافت.

گرچه در دولت های پس از انقلاب همواره چه بر اساس قوانین موضوعه، امر بر این بوده است که بخش خصوصی در آینده جمهوری اسلامی جایگزین کامل بخش دولتی گردد. ولی متاسفانه بایستی اعلام نمود که این امر تاکنون میسر نگردیده

است که در ادامه گزارش اجمالا به این قوانین برای مراجعه سریع پرداخته می‌شود.
قدم اصلی و در ابتدا در این مورد که بر اساس تغییر در اصل ۴۴ قانون اساسی و جایگزینی بخش خصوصی بجای فعالان بخش دولتی مد توجه قرار گرفت توسط مقام معظم رهبری با ابلاغ سند چشم انداز نظام تا افق سال ۱۴۰۴ بوده است که در یک دوره ۲۰ ساله تا سال ۱۴۰۴ می‌بایستی این مهم محقق می گردید که به پایان این مدت چند سالی باقی مانده ولی ما در کشور به آن دست نیافتیم که ذیلا در این مقاله به طور اختصار به این ضوابط پرداخته می‌شود.

بحث اول: قوانین بالادستی کشور حاکم بر شکل گیری بنگاههای خصوصی

۱- اصل ۴۴ قانون اساسی

در قانون اساسی اولیه جمهوری اسلامی اصل ۴۴ بعنوان محور اصلی حضور بخش‌های مختلف دولتی، تعاونی و خصوصی مد نظر و توجه بوده است. در این اصل ابتدا اولویت با بخش دولتی و پس از ان بخش تعاونی و بالاخره در انتها بخش خصوصی بوده است. این نگاه نشان دهنده آن بود که در ابتدای انقلاب جایگاهی برای بخش خصوصی بدرستی تعریف نشده بود و بر همین اساس قوانین بعدی به منظور باز کردن فضا برای بخش خصوصی عینیت پیدا نمود که ذیلا به قوانین مهم در این مورد اشاره می‌شود.

۲- سند چشم انداز نظام جمهوری اسلامی ایران تا افق سال ۱۴۰۴

جامعه ایرانی در افق این چشم انداز، چنین ویژگی هایی خواهد داشت:
۲-۱- توسعه یافته، متناسب با مقتضیات فرهنگی، جغرافیایی و تاریخی خود متکی براصول اخلاقی و ارزشهای اسلامی،
۲-۲- مشخصات ملی و انقلابی، با تأکید بر مردم سالاری دینی، عدالت اجتماعی، آزادی‌های مشروع، حفظ کرامت و حقوق انسانها و بهره مند از امنیت اجتماعی و قضایی.
۲-۳- برخوردار از دانش پیشرفته، توانا در تولید علم و فناوری، متکی بر سهم برتر منابع انسانی و سرمایه اجتماعی در تولید ملی.
۲-۴- شرایط امن، مستقل و مقتدر با سامان دفاعی مبتنی بر بازدارندگی همه جانبه و پیوستگی مردم و حکومت.
۲-۵- برخوردار از سلامت، رفاه، امنیت اجتماعی، فرصتهای برابر، توزیع مناسب درآمد، نهاد مستحکم خانواده، به دور از فقر، فساد، تبعیض و بهره مند از محیط مطلوب.
۲-۶- فعال، مسئولیت پذیر، ایثارگر، مومن، رضایت مند، برخوردار از وجدان کاری، انضباط، روحیه تعاون و سازگاری اجتماعی، متعهد به انقلاب و نظام اسلامی و شکوفایی ایران و مفتخر به ایرانی بودن.
۲-۷- دست یافتن به جایگاه اول اقتصادی، علمی و فناوری در سطح منطقه آسیای جنوب غربی (با تأکید بر جنبش نرم افزاری و تولید علم، رشد پرشتاب و مستمر اقتصادی)
۲-۸- ارتقای نسبی سطح درآمد سرانه و رسیدن به اشتغال کامل.
۲-۹- الهام‌بخش، فعال و مؤثر در جهان اسلام با تحکیم الگوی مردم اسلامی دینی، توسعه کارآمد، جامعه اخلاقی، نو
۲-۱۰- دارای تعامل سازنده و مؤثر با جهان بر اساس اصول عزت، حکمت و مصلحت.

۳- قانون اجرای سیاست‌های اصل ۴۴ قانون اساسی

فصل دوم - قلمرو فعالیت‌های هر یک از بخش‌های دولتی، تعاونی و خصوصی
ماده ۲ - فعالیت‌های اقتصادی در جمهوری اسلامی ایران شامل تولید، خرید و یا فروش کالاها و یا خدمات به سه گروه زیر تقسیم می‌شود:
گروه یک- تمامی فعالیت‌های اقتصادی به جز موارد مذکور در گروه دو و سه این ماده.
گروه دو- فعالیت‌های اقتصادی مذکور در صدر اصل چهل و چهارم (۴۴) قانون اساسی به جز موارد مذکور در گروه سه این ماده.
گروه سه - فعالیت‌ها، مؤسسات و شرکت‌های مشمول این گروه

۴- قانون ابلاغ سیاست‌های کلی برنامه ششم توسعه

در این سند نظرات و دیدگاه‌های مقام معظم رهبری به جهت اجرایی شدن برنامه ششم توسعه کشور به رییس محترم جمهوری اسلامی در ۸ حوزه از جمله امور اقتصادی، امور فناوری، ارتباطات و اطلاعات، امور اجتماعی، امور دفاعی و امنیتی، امور سیاست‌های خارجی، امور حقوقی و قضایی، امور فرهنگی، امور علم، فناوری و نواوری ابلاغ شده که به اهم موارد از آنها که بنحوی اثر گذار به بحث این گفتار می‌باشد فهرست وار اشاره شده است :
۴-۱- بهبود مستمر فضای کسب‌وکار و تقویت ساختار رقابتی و رقابت‌پذیری بازارها.
۴-۲- تغییر نگاه به نفت و گاز و درآمدهای حاصل از آن از منبع تأمین بودجه‌ی عمومی به «منابع مالی و سرمایه‌های زاینده‌ی اقتصادی»
۴-۳- حمایت از تأسیس شرکت‌های غیردولتی برای سرمایه‌گذاری در فعالیت‌های اکتشاف (نه مالکیت)، بهره‌برداری و توسعه‌ی میادین نفت و گاز کشور به‌ویژه میادین مشترک در چارچوب سیاست‌های کلی اصل ۴۴.
۴-۴- دانش‌بنیان نمودن صنایع بالادستی و پایین‌دستی نفت و گاز با تأسیس و تقویت شرکت‌های دانش‌بنیان برای طراحی، مهندسی، ساخت، نصب تجهیزات و انتقال فناوری به‌منظور افزایش خودکفایی
۴-۵- افزایش مستمر ضریب بازیافت و برداشت نهایی از مخازن و چاه‌های نفت و گاز.
۴-۶- اولویت دادن به حوزه‌های راهبردی صنعتی (من جمله صنایع نفت، گاز، پتروشیمی)
۴-۷- تدوین و اجرای سند جامع و نقشه‌ی راه تحول نظام استانداردسازی کشور و مدیریت کیفیت.
۴-۸- ارتقاء سلامت اداری و اقتصادی و مبارزه با فساد در این عرصه با تدوین راهبرد ملی مبارزه با فساد و تصویب قوانین مربوط.
مجددا در این دستورالعمل تاکیدات مقام معظم رهبری بر محوریت اصول روشن اشاره شده در بند (۱) فوق الذکر می‌باشد و مهم تر در این دستورالعمل اشاره مستقیم به بهبود وضعیت صنعت نفت کشور (در بندهای ۳ و ۴ و ۵)، بند ۸ در مورد ارتقاء سلامت اداری و مبارزه با فساد شده است.

۵- ابلاغ سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی

۲۴ محور اشاره شده مقام معظم رهبری و خصوصا محورهای اشاره شده ذیل دال بر حداقل شرایط ذیل برای ایجاد و بسترسازی فضای کسب و کار در همه بخش‌های کشور خصوصا در بخش خصوصی را دارد :
الف: بستر سازی برای ایجاد تولید در فضای کسب و کار با تکیه به اقتصاد دانش بنیان و تقویت ارکان اجرایی در کشور خصوصا تاکید به فضای بخش خصوصی. چه معظم له بر اساس ماده ۴۴ قانون اساسی و در پی ان در اجرای قانون اصل ۴۴ قانون اساسی و سند چشم انداز نظام تا افق سال ۱۴۰۴ را تبیین فرمودند که در تمام این متون اشاره به توانمندی بخش خصوصی و احراز از هر نوع ایجاد مانع برای این اهداف بوده است.
ب: تاکید به شفاف سازی و سالم سازی روابط اقتصادی به منظور حذف شرایط

فساد زا در حوزه های پولی و تجاری و اصولا هر عاملی که در فضای کسب وکار در قانون تجاری کشور در این مورد اثر گذار می باشد.

ت: تقویت نهادهای داخلی در صنعت نفت کشور به منظور قطع وابستگی کامل از نفت شروع این نگاه کلان در عمل با ایجاد شرایط لازم برای تقویت نهادهای بخش خصوصی در اجرای پروژه های صنعت نفت متبلور خواهد شد.

لذا دستورالعمل ها و سیاست های فوق الذکر به درستی نشان دهنده نگاه های معظم له در ایجاد فضای کار و تقویت بخش خصوصی در همه زمینه ها خصوصا در صنعت نفت و گاز و پتروشیمی به عنوان اصلی ترین منبع تولید درامد کشور می باشد که از این منظر میبایست به بخش سهم ایرانی Local Content با محوریت اقتصاد مقاومتی توسط مسئولان ذیربط توجه خاص بعمل آید.

۶- قوانین ۵ ساله جمهوری اسلامی ایران

در بند ب ماده ۲۱۴ قانون پنجم ۵ ساله فوق الذکر روش های ورود پیمانکاران برای اجرای پروژه ها با آورد و تامین منابع مالی به صورت ذیل پیش بینی شود:

روش های اجرائی مناسب از قبیل "تأمین منابع مالی، ساخت، بهره برداری و واگذاری" تأمین منابع مالی، ساخت و بهره برداری"، "طرح و ساخت کلید در دست"، "مشارکت بخش عمومی خصوصی" و یا" ساخت، بهره برداری و مالکیت" را با پیش بینی تضمین های کافی به کار گیرد (نقل از متن)

در روش های ارائه شده در دستورالعمل فوق به روش های project financing & execution models اشاره شده است و عموما در این روش ها "سرمایه پذیر "یعنی کارفرمایان در مقابل "شرکت یا سرمایه گذار" پیمانکار حضور دارند. سرمایه گذار موظف است از منابع مالی مختلف من جمله منابع داخلی و خارجی (من جمله صندوق توسعه ملی) برای پروژه های به نسبه طولانی مدت تا ۲۰ سال یا بیشتر نسبت به اورد سرمایه اجرای بهره برداری از پروژه اقدام نمایند.

۷- قوانین بودجه سالیانه کشور

از سال ۱۳۹۱ در قوانین بودجه سالیانه کشور با نگاه به موضوع بند ب ماده ۲۱۴ روش هایی تعبیه گردید که در قوانین بودجه سال ۹۱ و ۹۲ (مواد ۹۰ و ۱۰۲)تامین منابع مالی به عهده پیمانکاران و در قالب ایجاد" شرکت پروژه" محول گردید به علت وجود مشکلات عدیده در اجرایی شدن موارد فوق الذکر، در ماده واحده قانون بودجه سال ۹۳ اقدام به درج" بند ق" و در اخر امر بر اساس ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید رقابت پذیرو ارتقای نظام مالی کشور با تخصیص ۱۰۰ میلیارد دلار از منابع ارزی کشور و در اختیار قرار دادن ان به وزارت نفت گردید که مقرر گردید وزارت نفت با رعایت اجرای قانون سیاست های اصل ۴۴ نسبت به اجرای طرح های بهینه سازی و کاهش گازهای گلخانه ای و بهینه نمودن مصرف انرژی پروژه هایی را تعریف نماید و به اجرا دراورد.

۸- قانون بهبود مستمر محیط کسب و کار

"قانون بهبود مستمر محیط کسب و کار" مصوب ۹۰/۱۱/۱۶ مجلس شورای اسلامی به رئیس جمهوری وقت ابلاغ شد منطقا اجرا و عمل به این قانون به عنوان یک قانون بالادستی و لازم الاجرا برای کلیه ذینفعان حاضر در قانون الزام آور است و درخواست مشخص بخش خصوصی و همه NGOهای مرتبط در این حوزه عمل به آن توسط همه مسئولان و دینفعان اشاره و مصرح در آن می باشند. ذینفعان حاضر در قانون که بنحوی بایستی پاسخگوی نیازهای بخش خصوصی باشند بشرح ذیل نوشته و تاکید شده است:

۱- "اتاق" در این قانون "اتاق بازرگانی، صنایع، معادن وکشاورزی ایران" و "اتاق تعاون مرکزی جمهوری اسلامی ایران" به عنوان متولی اصلی اجرای این قانون معرفی شده است (موضوع بند الف ماده ۱ و موارد ۴، ۵، ۱۱، ۱۷)

۲- "شورای گفتگو" موضوع ماده ۱ بند ج و به استناد ماده ۷۵ قانون برنامه پنج ساله جمهوری اسلامی ایران مصوب ۸۹/۱۰/۱۵

۳- "وزارت اقتصاد و دارایی" موضوع مواد ۴ و ۲۷

۴- "دولت" (قوه مجریه) موضوع مواد ۲، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷ و ۲۹

۵- "تشکل های اقتصادی" موضوع ماده ۵، بند ج ماده ۱۱ و ماده ۱۲

۶- "شهرداری ها" موضوع ماده ۱۶

۷- "بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران" موضوع تبصره ذیل ماده ۲۳

۸- "دستگاه اجرایی" زیربخش های قوه مجریه موضوع مواد ۳، ۱۵، ۲۳، ۲۴ و ۲۷

۹- "مرکز آمار ایران" موضوع ماده ۶ و بند خ ماده ۱۱

۱۰- "وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی" موضوع ماده ۱۸

۱۱- "سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور" موضوع ماده ۱۹

۱۲- "وزارت صنعت، معدن و تجارت" موضوع ماده ۸

۱۳- "وزارت امور خارجه" موضوع مواد ۹ و ۱۰

۱۴- "وظایف وزرا و روسای دستگاه های اجرایی" (قوه مجریه) موضوع تبصره ۱ ماده ۱۱ و ماده ۱۴

۱۵- "شورای رقابت" موضوع تبصره ماده ۱۹

۱۶- "وزارت نفت" موضوع ماده ۲۵

۱۷- "وزارت جهاد کشاورزی" موضوع ماده ۲۵

۱۸- "وزارت نیرو" موضوع ماده ۲۵

۱۹- "شورای تامین استان" موضوع ماده ۲۶

۲۰- "هواشناسی و محیط زیست" موضوع ماده ۲۶

۲۱- "شورای اصناف کشور" موضوع بند ب ماده ۱۱

• پاره ای نظرات و دیدگاه های مهم در مورد متن قانون

در این قانون مهم همه موارد خصوصا در مواد ۲، ۳ و ۱۱ به دولت تاکید دارد که با مشورت بخش خصوصی تصمیمات مهم در مورد اجرای کار پروژه ها گرفته شود که این مهم تاکنون بدرستی عمل نشده است.

۹- قانون مناقصات و معاملات

قانون معاملات و ایین نامه مربوط به برگزاری مناقصات بعنوان یکی از قوانین اصلی بالادستی در حوزه کارهای بخش خصوصی اثرگذار است. متاسفانه بایستی اعلام نمود که قانونی بنام قانون معاملات در کشور به طور مشخص جاری نیست و تاکنون از ایین نامه معاملات سال ۱۳۴۹ خورشیدی استفاده می شود و قانون جاری مناقصات که می تواند خود به صورت ایین نامه ای از قانون معاملات باشد در در سال ۱۳۸۵ جاری گردد ذیلا و بطور اختصار در مورد این قانون توضیحاتی نوشته شده است.

۹-۱- قانون مناقصات

"قانون جاری مناقصات" اول بار در سال ۱۳۸۵ توسط مجلس شورای اسلامی تصویب و به دولت جهت اجرا ابلاغ گردید این قانون در حقیقت جایگزین ایین نامه سال ۱۳۵۴ قبل از انقلاب به منظور تعیین رسیدگی به مناقصات و تعیین برنده مناقصه گردید

قانون جاری از همان ابتدای امر دارای اشکالات عدیده ای در متن و نحوه نگارش قانون داشت که اینجانب اقدام به ارائه نظراتی به مرکز پژوهش های مجلس در مورد اصلاح ان نمودم متعاقبا به همت موسسه نشر فن دو کنفرانس به منظور بحث و بررسی این قانون در ۱۴ و ۱۵ تیرماه ۱۳۹۰ و دومی در مورخ ۱۷ و ۱۸ بهمن ماه ۱۳۹۱ و با حضور فعال مسئولان محترم مرکز پژوهش ها به مجلس من جمله ریاست محترم این دفتر به منظور بحث و بررسی این متن و خصوصا ضمایم و ایین نامه اجرایی ان گردید که اینجانب در کنفرانس اول با ارائه مقاله حضور فعال داشتم

در بازخورد و نتیجه گیری این دو کنفرانس چنین حاصل شد که قطعا متن قانون و همچنین ایین نامه‌ها و قوانین وابسته به ان در طول نزدیک به ۱۶ سال بایستی مورد بازخوانی دقیق قرار گیرد.

۹-۲- قانون معاملات

در شرایط حال قانون معاملات در کشور وجود ندارد و انچه مورد استناد در شرایط حال می‌باشد ایین نامه معاملات مصوب ۱۳۴۹ مربوط به قبل از انقلاب می‌باشد در این مورد اینجانب در نوشته‌ها و مقالات قبلی خود به این مساله مهم اشاره نمودم و اعتقاد بر این است که اصول ذیل می‌تواند در مورد قانون معاملات و مناقصات جاری باشد.

الف: ارجح و اصلح است که قوه مقننه ابتدا نسبت به تهیه و ابلاغ" قانون معاملات "به عنوان قانون اصلی و مادر اقدام نماید

ب: قانون مناقصات فعلی می‌تواند به عنوان یکی از زیر مجموعه قانون معاملات و به‌صورت ایین نامه‌های اجرایی تلقی شود

پ: با اعمال نظرات فوق موضوع رفتار در مناقصات از منظر و ساختار قانون خارج شده و به صورت ایین نامه‌های اجرایی مورد عمل قرار خواهد گرفت و تغییرات ان می‌تواند به‌صورت سهل تر و بر اساس اصل ۱۳۸ جمهوری اسلامی هیات وزیران قرار گیرد چه در شرایط قانون مناقصات هر نوع تغییر در ان نیاز به ورود و دریافت مصوبه مجلس دارد که متاسفانه اشکالات و چالش‌های قانون فعلی مناقصات و گذشت بیش از ۱۶ سال از این قانون هنور مورد اصلاح و بازخوانی قرار نگرفته است

بحث دوم اصل گفتار

همواره و به هنگام رجوع به جایگاه بخش خصوصی در مقام فعالان اقتصادی دولتمردان با تمام قد اعتقاد دارند که گذار از چالش‌های موجود و گریبان گیر در همه زمینه‌ها من جمله پروژه‌های صنعت احداث کشور تنها گذر از مسیر و به کارگیری تمام امکانات بخش خصوصی می‌باشد، ولی باز مشخص نیست در

عمل به کدامین دلیل و علیرغم تاکیدات روشن و پیوسته مقام معظم رهبری در این مورد خاص و سایر مسئولان بلند پایه نظام در هر سه قوه مقننه، مجریه و قضاییه و علیرغم وجود شفافیت قوانین بالادستی که در این نوشتار به اجمال به ان پرداخته شد باز بخش خصوصی در عمل به گوشه رانده شده و بدست فراموشی سپرده می‌شود؟

و مهم تر اینکه به تایید مسئولان ذیربط از شروع و جاری شدن بحث خصوصی سازی برای دوران ۲۰ سال که کشور تا رسیدن به افق سال ۱۴۰۴ که تنها چند سالی به پایان ان مانده است خصوصی سازی واقعی (نه انتقال مایملک دولت به بخش‌های خصولتی و شبهه دولتی) صورت نگرفته است و طبق اقاریر مسئولان دولتی در کنفرانس‌ها و سمینارها وحتی گزارش‌ها رقمی حدود ۱۰٪ به‌صورت واقعی انتقال مایملک دولتی به بخش خصوصی صورت گرفته است .

سوال اصلی این است که:

آیا عزم روشنی برای شناخت چالش‌ها و ورود صحیح به دستورات موکد مقام معظم رهبری در بین اجرا کنندگان این قوانین تاکنون وجود داشته است ؟

کدام چالش جدی تابحال مانع حصول به این امر مهم گردیده است؟

چرا این نگاه ملی و اینده نگر مقام معظم رهبری که قطعا برای سلامت اقتصاد ایران اسلامی الزام جدی است که تاکنون مغفول مانده است؟

به نظر می‌رسد همه فعالان و شاغلان در صنعت احداث که به نحوی دغدغه اینده جمهوری اسلامی را دارند بایستی اعتقاد و ایمان داشته باشند که برای رفع مشکلات و معضلات کشور و برون رفت از آن بایستی حداقل (نه محدود به آنها) الزامات زیر را پذیرا بوده و به واقع در مسیر حل و فصل آنها حرکت نمایند .

۱- بسیار روشن است که اقتصادهای دولتی من جمله اقتصاد ابر قدرت دولتی شرق در سطح جهانی و در ۱۰۰ سال گذشته با شکست و فروپاشی کامل، جدی و غیرقابل باوری مواجه شد و نه تنها این فروپاشی النهایه به از بین رفتن کامل حیثیت این کشورها منجر گردید و انواع فشارها و محرومیت‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی به شهروندان خود نیز وارد نمودند. بلکه بازسازی شرایط موجود و حاضر آنها برای رسیدن به کشورهای هم تراز در حوزه مقابل در بلوک غرب شاید براستی یا امکان پذیر نبوده و یا حداقل برای ترمیم اقتصاد آنها سال‌های متمادی دیگر زمان لازم می‌باشد. مثال بارز و روشن این پدیده غیر معقول و غیر مطلوب اقتصادی / اجتماعی در حال حاضر مقایسه دو بخش کره از منظرهای مختلف اجتماعی، فرهنگی، سیاسی، اقتصادی برای دو جامعه ایست که با یک مرام و فرهنگ برادر و خواهر هم هستند. چه شد که چنین تفاوت فاحش در این دو بخش سرزمینی به دوپاره شده بعد از جنگ جهانی دوم اتفاق افتاده است؟ به تحقیق دلایلی از منظرهای اقتصادی و سیاسی در این حوزه دیده می‌شود .

۲- وقت ان رسیده است که دولتمردان نظام فعالان در حوزه‌های قوای مقننه و مجریه البته با کمک و همفکری بخش خصوصی و دانشگاهی علل جهش بی مهابای انجام شده درسه دهه گذشته کشورهایی همچون برزیل، هند، کره، ترکیه، مالزی (بعضی از اعضای گروه G۲۰) را بررسی و نتایج مثبت انرا برای کشورمان الگوسازی (Customized) نمایند.

این در حالتی است که کشورهای اشاره شده فوق الذکر عموما بدون هیچ گونه منابع خدادادی زیر زمین، روی زمین و دریا، هوا که به وفور در کشور ما قرار دارد، به درجات بسیار بالا و رفیع در نظامات جهانی در حوزه‌های مختلف اقتصاد، فناوری و بعضا سیاسی رسیده اند چرا ما نه؟

۳- در جلسات، کنفرانس ها، سمینارها بعضا توسط پاره‌ای از مسئولان دولتی خرده به بخش خصوصی گرفته می‌شود که بایستی همت نماید، کمر را ببندند و با تجمیع امکانات خود مستقیما سرنوشت اجرای پروژه‌ها را به دست گیرند.

در ابتدا به ظاهر این ادعا صحیح است ولی سوال بخش خصوصی این است که آیا بدون کمک و پشتیبانی بخش مقابل خصوصا قوای مقننه، مجریه و حضور عملی

سیستم‌های مالی و اعتباری در کشور چنین امکانی برای بخش خصوصی متصور و امکان پذیر است؟

وفی المثل بخش خصوصی کشور کره و خصوصا ترکیه در کنار کشور ما، خود و به صورت جداگانه در سه دهه اخیر به این درجات رسیده اند؟ و جزء گروه G۲۰ قرار گرفتند؟ قطعا پاسخ منفی است ما در سال‌های اخیر حتی شاهد پشتیبانی‌های بلا قید و شرط توسط دولتهای این کشورها از پیمانکارانشان برای حضور در پروژه‌های حداقل نفتی، گازی در کشورمان حتی تا مرحله Damping بوده ایم.

۴- پیمانکارانی همچون شرکت هیوندایی کره ای که در شرایط حال دارای نام و اوازه بلندی در جهان و در کشور ما نیز می‌باشد، در طول دهه گذشته و با اختصاص بخشی از منابع ارزی کشور ما و در همه زمینه‌ها من جمله صنعت نفت و گاز در سطح بین المللی به این موقعیت‌ها دست یافته است و مهندسان و کارشناسان خود را از منابع ارزی پروژه‌های کشور ما تربیت نموده است و به بازارهای جهانی روانه نموده است.

۵- دولتمردان ما بایستی قبول نمایند که بخش مهندسی و پیمانکاری کشور ما به بلوغ کامل برای ورود به پروژه‌های بزرگ در همه بخش‌ها رسیده است و پیمانکاران ما تنها در شرایطی با پشتیبانی همه جانبه و جدی دولت می‌تواند حتی در اغلب موارد و بدون حضور و کمک خارجیان در پروژه‌های کلان کشور خود سرنوشت پروژه را بدست گرفته و پروژه‌ها را مقتدرانه مدیریت نمایند. بعنوان نمونه ما شاهد بلوغ پیمانکاران ایرانی در اجرای کلان پروژه‌های گازی عسلویه بوده ایم و جا دارد در این حوزه به حضور قدرتمند پیمانکاران ایرانی در اجرای پروژه‌های فاز ۱۲ عسلویه در طول ۲ دهه گذشته اشاره نمود و از مهندسین زحمت کش چنین پروژه‌هایی قدردانی نماییم.

۶- پیمانکاران و دست اندرکاران صنعت احداث در بخش خصوصی معتقدند که قراردادهای منعقده توسط بخش دولتی ما بین مجریان دولتی و پیمانکاران منتسب به بخش دولتی کاملا یکسویه می‌باشد و کارفرمایان دولتی معتقدند که هرچه بیشتر مسئولیت را به گردن پیمانکاران دولتی بیندازند در حفظ منافع دولتی عمل می‌کند و نگاه قدیمی که "کارفرما می‌تواند و پیمانکار میبایستی" در همه قوانین و ضوابط حاکم بین طرفین شفاف مینماید. این نگاه متضاد با حفظ منافع ملی است.

۷- پیمانکاران بخش خصوصی در چند دهه گذشته در دوهه قبل و سه دهه بعد از انقلاب همواره با معضل تامین منابع مالی پروژه توسط کارفرمایان (بودجه بندی و بودجه ریزی) بوده اند و به باور و تایید مقامات ذیربط دولتی بر اساس انجام مطالعات میدانی عمر مفید پروژه‌ها بیش از ۱۰ سال به درازا کشیده و هم اکنون این رقم در گزارشاتی تا ۱۶ سال بالا رفته است و عملا به علت عدم مدیریت صحیح دولت در تامین منابع مالی و نبود ان از اوائل دهه ۹۰ این مسئولیت به عهده پیمانکاران البته بدون ایجاد بستر و هدایت لازم در سیستم کارفرمایی دولتی قرار داده است که این نیز مشکل جدیدی بر مشکلات صنف پیمانکاری اضافه شده است.

۸- آیا این نگاه پاره ای از پیمانکاران و کارشناسان که اعتقاد دارند که بایستی تامین منابع مالی پروژه‌ها با پشتیبانی دولت و البته با ورود سیستم بانکی و مالی صورت گرفته و پیمانکاران به کار خود یعنی اجرای پروژه‌ها مشغول شوند تا چه میزان صحیح است؟ ما معتقدیم روش‌های بکارگرفته در سطح جهانی برای احاله تامین منابع مالی بعهده پیمانکاران دارای نرم‌ها و استانداردهای خاص خود می‌باشد که شرایط حال کشور ما بسیار از این شرایط دور و فاقد ان است.

بحث سوم حاکمیت، تصدی گری و رگولاتوری در نظام اجرایی صنعت احداث کشور

الف: بحث حاکمیتی:

در نظام و فرهنگ اجرایی پروژه‌ها تاکنون و طی سال‌های گذشته در ایران امر بر اطاعت کامل و بلاشرط بخش خصوصی از دولت بوده است. بدین معنی که کلا اختیار منابع مالی از درامدهای مختلف دولت بالاخص نفت در اختیار دولت بوده و عملا بخش خصوصی در تعریف پروژه‌ها با نگاه به امایش سرزمین یا نقشی بازی نکرده یا این نقش بسیار کمرنگ بوده است. در حقیقت اعمال نظر دولت در قالب حاکمیت و حفظ انفال تاکنون با قدرت صورت گرفته است.

ایا این روش بدرستی صورت گرفته و ما از ان نتایج مثبت استفاده نموده ایم؟ و بایستی بعنوان چراغ راه اینده ادامه دهیم؟ نگارنده اعتقاد دارد تجربیات بین المللی نشان داده است النهایه راه عبور از این دره عمیق گرفتن دست بخش خصوصی و عبور از این چالش بزرگ با کوشش و پایداری بخش خصوصی است

ب: بحث تصدی گری

دولت بخش خصوصی را رقیب خود تلقی می کند و تلاش دارد حضور بخش خصوصی تا مرحله‌ای خاص تعریف شود و خط قرمز برای ان تعریف می‌نماید. این همان عدم توفیق و تجربه همچون کشورهایی است که کلیه اختیارات در دست دولت و بخش دولتی بوده است و این کشورها توفیق لازم نداشتند و نه تنها برای سرنوشت مملکتشان ارمغانی نداشتند بلکه ضربه‌های مهلکی بر آنها در عمل زدند حداقل ما این تجربیات را تکرار نکنیم. ما شاهد حضور همه جانبه دولت در اجرای پروژه‌ها توسط ذینفعان خصولتی‌ها و غیر خصوصی‌ها بوده ایم و در این مورد دولت اجازه کار بخش خصوصی را با بهانه نداشتن منابع مالی بخش خصوصی کمتر داده است.

پ: بحث رگولاتوری:

بخش خصوصی سالهاست که به دنبال اصلاح قوانین جاری با نگاه به حضور دولت در کنار بخش خصوصی با محوریت اصل رگولاتوری است. تاکنون قانون مدونی به‌صورت همه جانبه برای همه امور جدی دولت توسط مجلس شورای اسلامی تدوین و ابلاغ نگردیده است طبق اطلاع هم اکنون صنعت برق کشور موجدانه بایستی این مساله با مجلس در جهت قانونی برای اجبار دولت به تنها رگولاتوری در صنعت برق باشد. ضمن استقبال از این مورد پیشنهاد نگارنده بر این است که در تدوین یک قانون همه جانبه رگولاتوری به شرط اینکه در روند حاضر کار اصلی صنعت برق خدشه‌ای وارد نشود تدوین گردد. این قانون می‌تواند با نگاه ذیل تهیه و ابلاغ شود.

اول: عمومیات قانون: که موضوع اصلی رگولاتوری، جوانب مختلف ان در مورد اعمال و حضور دولت از مرحله اهداف، ماموریت ها، سیاست گذاری و سیستم‌های کنترلی و نظارتی در اختیار قانون گزار قرار گیرد.

دوم: خصوصیات فعالیت‌های مختلف صنعت احداث: طبعا ساختار و جزییات رفتار رگولاتوری دولت در بخش‌های مختلف صنعت با یکدیگر تفاوت عمده دارد این مرحله در فرایندهای مربوطه و به‌صورت جداگانه و به تدریج توسط ذینفعان مربوط توسط ایین نامه‌های اجرایی در زیر چتر قانون تهیه و تدوین شود قطعا این ایین نامه‌ها برای بخش‌های مختلف با یکدیگر تفاوت عمده داشته باشد.

بحث چهارم پاره‌ای نظرات و راهکارهای پیشنهادی

نگارنده معتقد است تا زمانی که حداقل (نه محدود به انها) موارد ذیل در حوزه کسب و کار صنوف مختلف پیمانکاری و صنعت احداث توسط ذینفعان وقوع نیابد حرفه پیمانکاری بخش خصوصی ما روی خوش نخواهد دید و افتاب ما با همین شرایط در بخش خصوصی طلوع و غروب می کند.

۱- کلیه ذینفعان دولتی حاضر در حوزه نظام صنعت احداث و خارج از حوزه و فضای بخش خصوصی بایستی در عمل نه در روی کاغذ، سخنرانی‌ها و کنفرانس‌ها حق و حقوق بخش خصوصی را کاملا به رسمیت بشناسد و صادقانه به این حوزه با چنین نگاه ملی ورود نمایند.

۲- قوانین و مقررات بالادستی ما عمدتا با نگاه امرانه "کارفرما می‌تواند و پیمانکار

بایستی" شکل گرفته است. کسانیکه در تهیه و تدوین این قوانین دخیل اند بایستی از افرادی مطلع، خبیر و اگاه به امور ساخت و ساز صنوف پیمانکاری و صنعت احداث انتخاب شوند که خود در حوزه کارهای اجرایی حداقل در یکی از لباس های کارفرما، مشاور و پیمانکار حضور داشته و استخوان خرد کرده باشند. کارشناسان بدون تجربه خارج از فضای کار اجرایی نمی توانند و نبایستی در نگارش چنین متونی ورود نمایند و بعضا با دیدگاههای محدود غیر اجرایی برای طرح های اجرایی مملکت دستورالعمل به بخش خصوصی دیکته نمایند. ما نیاز جدی به تغییر نگرش و اصلاح متون قراردادی بین دولت و بخش خصوصی داریم.

۳- قوانین مخل و بازدارنده که به نحوی حتی دست و پای مجریان دولتی را برای دادن حق و حقوق قانونی طرف مقابل قرارداد را بسته است را شناسایی و حذف نماییم. خوشبختانه در این حوزه مهم و در سال های اخیر و در معاونت های حقوقی رییس جمهورها مسئولیت شناخت و حذف قوانین دست و پا گیر را دارند و با سعه صدر و روی گشاده حاضر به شنیدن خواسته های بخش خصوصی هستند.

۴- نگارنده بارها در کنفرانس ها، نوشته ها و سمینارها تاکید نموده ام که شرایط احاله حق یک جانبه خلع ید پیمانکاران به کارفرمایان در قراردادها خواه و ناخواه در سیستم، نگاهی بعضی از مجریان و کارفرمایان اثر نامطلوبی گذاشته و میگذارد و این نوع مجریان تصور می نمایند که می توانند با هر نوع استدلال که از متون قراردادی برداشت می نمایند، طرف مقابل بایستی بدون قید و شرط انرا بپذیرد.

۵- قوانین جاری و حاضر اشاره شده در شروع این نوشتار من جمله قانون بهبود محیط کسب و کار حاکم بر شرایط ارتباطی بین قوه مجریه و وظایف ایشان نسبت به بخش خصوصی بایستی توسط قوه مجریه به واقع بدرستی محترم شمرده شود. دولت و مجلس بایستی در مسیر تقویت عملی "شورای گفتگو" که در ساختار اتاق بازرگانی بعنوان پارلمان بخش خصوصی فعالیت دارد قدم بردارد.

۶- پیشنهاد دارد سیستم های کنترلی و نظارتی در کشور همچون سازمان بازرسی کل کشور به نحوی به حوزه مسئولیت ها و تعهدات کارفرمایان و مجریان ورود نمایند که موجب حذف اختیار و سلب فضای تصمیم گیری آنها را در پی نداشته باشد.

۷- در سه دهه گذشته در کشور سیاست و موج بسیار پسندیده توسط نظام های دولتی من جمله معاونت فنی سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور و سازمان بازرسی کل کشور برای ارزیابی عملکرد کارفرمایان / مهندسان مشاور / پیمانکاران در پروژه های عمرانی بکارگرفته شد. در تمام این مطالعات میدانی که از بعضی از پروژه های کشور صورت گرفت مشخص شد که عمر متوسط پروژه های عمرانی در کشور متاسفانه بالای ۱۰ سال و دوران اجرای پروژه ۲ تا ۳ برابر مدت اولیه پیمان به طول انجامیده است.

۸- اثرات تحریم ایران در ۲ دهه گذشته که موجب تقلیل ارزش پول ملی گردیده اثرات بسیار مخرب بر روی قراردادهای شرکت های پیمانکاری (در همه نوع قراردادهای ارزی، ارزی / ریالی و ریالی) گذاشته است. بخش خصوصی انتظار و امید دارد که به این معضل بزرگ قراردادهای عمرانی با نگاه کارشناسانه و دقیقی صورت گیرد و دستورالعمل ها و بخشنامه های اعلام شده از طرف دولت با واقعیت های فضای مالی این نوع قراردادها منطبق باشد.

۹- بخش خصوصی امید دارد دولت محترم با نگاه کارشناسانه فضای جاری بانک ها، موسسات مالی و بیمه ای را در مسیر پشتیبانی از بخش خصوصی سوق دهد. در شرایط حال ما نیاز جدی به تغییر ساختار نظام بانکی کشور برای ورود بانک های بخش خصوصی یا دولتی در کنار پیمانکاران ایرانی چه در پروژه های داخلی چه در پروژه های فرا مرزی داریم.

۱۰- پیمانکاران و فعالان بنگاههای اقتصادی در صنعت کشور درخواست دارند که زیر ساخت های فعال در قوه مجریه به قوانین جاری و حاکم در روابط کسب و کار و ارجاع کار همچون قانون جاری مناقصات و قانون بهبود محیط کسب و کار احترام گذاشته و ترتیبات قانونی تکلیف سفره توزیع کار بخش پیمانکاران دولتی، شبهه دولتی و خصولتی را با بخش خصوصی کلا جدا نمایند تا با ایجاد شفاف سازی از ایجاد رانت در این حوزه جدا جلوگیری شود چه عدم شفافیت این امر منجر به تعطیلی بنگاههای بخش خصوصی گردیده است.

۱۱- در مقابل ما پیمانکاران بخش خصوصی، پروژه ها را از آن خود بدانیم و به قراردادهایمان با دولت به صورت برد- برد نگاه نماییم و خود آستین هایمان را بالا بزنیم و با انتقاد از درون برای اصلاح قوانین دست و پا گیر در فضای کسب و کارمان و در کنار مسئولان دولتی اقدام نماییم

امید دارد نگاه های اشاره شده در این نوشتار توانسته باشد بخشی از چالش های بخش خصوصی را به گوش ذینفعان رسانده تا قوای سه گانه بتوانند در حل مشکلات پیمانکاران قدم شایسته بردارند.

آموزش صنعتی ابزار نفوذ فناوری

دکتررضا آذین
رییس مرکز پژوهشی نفت و گاز دانشگاه خلیج فارس

در سال‌های اخیر مفهوم دانشگاه نسل سوم با مأموریت‌هایی متفاوت از دانشگاه‌های نسل اول و دوم، وارد ادبیات آموزش عالی کشور شده و ادراک کلاسیک آموزش و پژوهش و مأموریت‌های دانشگاه‌ها را دستخوش تغییراتی شگرف ساخته است. اما دانشگاه نسل سوم چیست و چه تفاوت و مرزبندی با دانشگاه نسل اول و دوم دارد و چه ارزش افزودهٔ جدیدی به فرآیند آموزش عالی می‌افزاید؟ دانشگاه‌های نسل اول بر پایهٔ آموزش و دانشگاه‌های نسل دوم بر پایهٔ آموزش و پژوهش بنا نهاده شده است. آموزش عالی در این دانشگاه‌ها به صورت تربیت علمی و خلق دانشمندان و متخصصان آینده و پژوهش با چاپ مقالات در نشریات معتبر و مبادلهٔ اطلاعات با جامعهٔ علمی ولی بدون پیوند با سازمان‌های واقع در جامعهٔ پیرامون دانشگاه نمود پیدا می‌کند. آموزش و پژوهش در این نسل از دانشگاه‌ها به طور عمده تک‌رشته‌ای و به مدل دانشکده‌های منفرد و مجزا تعریف می‌شود و درهای این دانشگاه‌ها به روی دانشجویان «زرنگ و کوشا» از نظر فعالیت علمی باز است. این نسل از دانشگاه‌ها در قرن‌های هجده، نوزده و تا اواخر قرن بیستم میلادی خدمات و دستاوردهای فکری، علمی و پژوهشی زیادی به جامعهٔ بشری ارزانی داشتند، ولی خود در منافع حاصل از این دستاوردها سهیم نبودند.

به گفتهٔ هانس ورنر هان[1] در دانشنامهٔ تاریخ صنعتی آلمان[2]، کاربست مجموعه‌ای از نوآوری‌های فناورانه به عنوان یکی از عوامل کلیدی شروع انقلاب صنعتی در بریتانیا و بعدها سایر کشورها از جمله آلمان شناخته می‌شود. در همان زمان، دستاوردهای تفکر و پژوهشِ علمیِ دانشگاهی به عنوان پیشران توسعهٔ صنعتی به ویژه در به کار گیری فرآیندهای شیمیایی در تولید گستردهٔ محصولات بر پایهٔ این فرآیندها و با استفاده از مواد اولیهٔ معدنی از جمله آهن و منابع انرژی نظیر زغال سنگ نگریسته می‌شود.

در نقطهٔ مقابل، دانشگاه نسل سوم بر پایهٔ بهره‌برداری از دانش، پژوهش‌های عظیم میان‌رشته‌ای، تعامل مستقیم با صنعت به شیوهٔ تحقیق و توسعه بنا نهاده شده است. آموزش در این دانشگاه‌ها علاوه بر تربیت دانشمندان آینده و متخصصان آموزش دیده، کارآفرینان علمی نیز تربیت می‌کند که آزمایشگاه‌ها و پژوهشکده‌های دانشگاهی را به محل توسعهٔ فناوری، تجاری‌سازی دانش و خلق کسب‌وکار فناورانه تبدیل می‌کنند و کسب‌وکار خود را از درون آزمایشگاه‌های دانشگاه شروع می‌کنند. مفهوم دانشگاه نسل سوم بر روی پلتفرم اقتصاد دانایی استوار است که فراتر از منابع طبیعی، مواد خام و ماشین‌ها بر عنصر دانش تکیه دارد و با خلق ایده‌ها، افکار، فرآیندها و محصولات جدید و تبدیل آن‌ها به ثروت اقتصادی ظهور می‌یابد. اقتصاد دانایی محور عبارت از خلق و پرورش ایده‌ها، افکار، فرآیندها و محصولات جدید و تبدیل آن‌ها به ثروت اقتصادی است. این اقتصاد بر پایهٔ زیرساخت‌های خلاقیت و نوآوری، شبکه‌های ارتباطی دانایی، آموزش و سرمایهٔ انسانی استوار است.

چنان چه دانشگاه با پذیرش پارادایم نسل سوم به دنبال ایجاد ارتباط مؤثر بر پایهٔ دانش و فناوری با صنعت به عنوان یکی از مخاطبین کلیدی جامعهٔ پیرامون خود باشد، باید شناخت کافی از این مخاطب به دست آورد. یکی از دریچه‌های رسیدن به این شناخت، ورود به حوزهٔ دوره‌های آموزش مهندسی صنعتی توسط اساتید دانشگاه و متخصصین صنعتی است. این دوره‌ها زمینهٔ مناسبی برای شناخت بهتر استادان از صنعت و دریافت تجربیات عملی مهندسی ایجاد می‌کند تا با کالبدشکافی مسئله‌های مهندسی و رسیدن به به زیرمسئله‌هایی که راه‌حل‌های نوآورانه و خلاقانه دارند، زمینه‌ساز پژوهش‌های مبتنی بر آموزش و یادگیری مهندسی باشد. به این ترتیب، کلاس درس مستقل از مکان بوده در هر جایی قابل تشکیل خواهد بود. برای استاد تفاوتی ندارد که آموزش در کلاس‌های دانشگاه، اتاق کنترل بهره‌برداری پالایشگاه یا سایت عملیاتی واحد صنعتی برگزار شود. هرجا که بتوان فرآیند یادگیری تعاملی را اجرا نمود و به تعریف و حل مسئله‌ای پرداخت، کلاس درس است. حل این مسئله‌ها به خلق فرآیندها و محصولات با ارزش افزودهٔ بالاتر می‌انجامد که می‌تواند در صنعت به عنوان یک بازار مهم فناوری به کار گرفته شود. از این منظر، دوره‌های آموزشی صنعتی به ابزار دانشگاه نسل سوم در ایجاد پل ارتباطی میان دانشگاه و صنعت، شکل‌دهی تفکر خلاقانه بر پایهٔ دانش کلاسیک و تجربهٔ مهندسی، شناسایی نیازهای فناورانه و مسئله‌های صنعت، گسترش کارآفرینی و خلق ثروت بر پایهٔ دانش و فناوری تبدیل می‌شود. در این فرآیند، سرفصل و محتوای دوره‌های آموزشی در صنعت و واحدهای آموزشی در دانشگاه می‌تواند متناسب با رهیافت‌های پویای تبادل دانش و تجربه، تولید و به کارگیری دانش، نوآوری و خلق ثروت بر پایهٔ دانش تغییر کرده و تقویت شود. از این منظر، می‌توان تعریف مسئله مهندسی را از این دوره‌های آموزشی آغاز نمود. لیکن باید توجه داشت که در عصر دانایی، آموزش از «یادگیری چگونگی انجام دادن[3]» به «چه اندیشیدن[4]» و تاکید بر «آموختن یادگیری[5]» و «چگونگی اندیشیدن[6]» تغییر ماهیت می‌یابد.

این دگردیسی در آموزش مهندسی نیز کارکرد دارد و تحول آموزش مهندسی می‌تواند زمینه‌ساز خلق ایده و نوآوری باشد. به طور متقابل، دستاوردهای پژوهش‌وفناوری و نوآوری‌های حاصل از تعامل دانشگاه نسل سوم با صنعت می‌تواند در تقویت و به‌روزرسانی محتوای آموزش‌های مهندسی صنعتی و دانشگاهی به کار رود. در اقتصاد دانایی محور، یادگیری و آموزش به شیوه‌های

1. Hans-Werner Hahn
2. Hahn, Hans-Werner Die Industrielle Revolution in Deutschland: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmBh, 2011.

3. Learning to do
4. What to think
5. Learning to learn
6. How to thinks

متنـــوع یادگیری بـــا به‌کارگیـــری[7]، یادگیری با انجـــام دادن[8] و یادگیـــری با به اشـــتراک‌گذاری[9] صورت می‌پذیرد.[10] این امر مستلزم تعریف مدل یکپارچهٔ تعامل دانشـــگاه با صنعت اســـت، طوری که فعالیت‌های به ظاهر مجزای دانشـــی در یک ساختار یکپارچه با یکدیگر برهم‌کنش داشته باشد و ارتباط صنعت با دانشگاه را نیز متحول سازد.

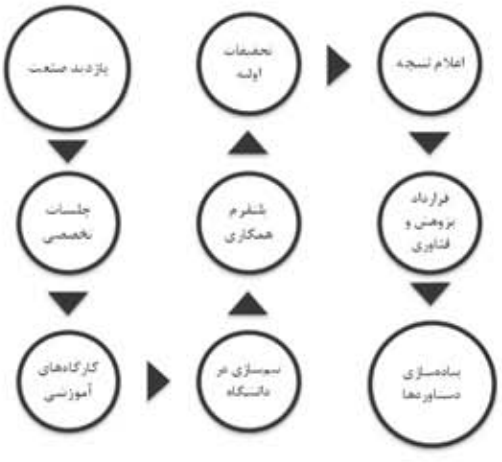
سابقهٔ مدل‌های ارتباط صنعت با دانشـــگاه و تعریف مسئله توسط اساتید دانشگاه و گروه‌های دانشـــگاهی در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی به طرح‌های اینترنشیپ[11] و تعریف و اجرای طرح‌های پژوهشـــی دانشـــگاهی در صنعـــت برمی‌گردد. بنا بر متن آئین‌نامهٔ اینترنشـــیپ شرکت ملی گاز ایران[12]، این مدل بر گرفته از مدل‌های مشابه جهان مانند انســـتیتوی فناوری ماساچوست[13]، دانشگاه کالیفرنیای لس‌آنجلس[14] و دانشـــگاه بریتیش کلمبیا کانادا می‌باشـــد. در این طرح، یک تیم متشـــکل از استاد دانشگاه به همراه تعدادی از دانشجویان برای مدت مشخصی در یک واحد صنعتی به مطالعه و بررســـی یکی از مســـئله‌های پیش‌روی واحد می‌پرداختند. در پایان دوره، انتظار می‌رفت که بیان شـــفاف و روشنی از صورت مسئله به همراه مروری بر پیشینهٔ موضوع در قالب گزارش تهیه و به کارفرما ارائه شود. نکته حائز اهمیت در برنامه‌های اینترنشـــیپ، ابهام در سرنوشـــت طرح‌های مطالعه شـــده و نقش هســـتهٔ مطالعاتی اینترنشیپ در ادامهٔ فرآیند اجرای مطالعه تا رسیدن به خروجی مدنظر صنعت است. به عبارت دیگر، طرح اینترنشیپ پس از تحویل گزارش اولیهٔ تیم به کارخانه، تضمینی برای اجرا نداشـــت و در بیشـــتر موارد رها می‌شـــد، بی آن که نقطه اثر مشخصی در سیاست‌ها، برنامه‌ها و اقدامات شرکت بر جای گذارد. این فرآیند نقش ناچیزی در حل مســـائل اولویت‌دار صنعت بر جای می‌گذاشت و در عین حال رویکرد انتقادی صنعت در خصوص توان دانشگاه به تمرکز و حل موضوعات صنعتی را تشدید می‌نمود. وجود حلقه‌های مکمل پیش و پس از شـــناخت و تعریف مسئله برای رسیدن به راه‌حل‌های مهندسی و پاســـخ به نیازهای فناورانه صنعت اهمیت اساسی دارد. بازنگری در نحوهٔ تفکر و برنامه‌ریزی، توجه ویژه به نقش آموزش مهندســـی به عنوان نخستین حلقه در ارتباط با صنعت در یک دانشـــگاه نســـل ســـوم و نگرش جامع و یکپارچه به آموزش مهندسی، پژوهش مهندسی، خلاقیت و نوآوری در حل مسئله‌های مهندسی صنعت می‌تواند زمینه‌ساز ایفای نقش دانشگاه نسل سوم باشد.

ایـــن نگرش یکپارچه می‌تواند برخی از چالش‌های جاری علم‌وفناوری کشـــور در ارتباط با صنعت شـــامل مشتری محصولات پژوهشـــی پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری، انطباق دانش و معلومات دانش‌آموختگان مقطع دکتری با نیازهای روز صنعت، به‌روزرســـانی محتویات آموزشـــی درس‌ها و رشـــته‌های تحصیلی با نیازهای صنعت را مرتفع سازد. توسعهٔ ارتباط دانشگاه و صنعت در ایران با توجه به مؤلفه‌هـــای دانایی از جمله تربیت افراد دارای روحیهٔ جســـت‌وجوگری، خلاقیت، کارآفرینـــی، کار گروهی، بهره‌گیری از تجربهٔ متخصصین صنعتی و مشـــارکت در طراحی برنامه‌های درســـی با مبادلهٔ کادر علمی و تحقیقاتی با اهداف توسعهٔ منابع انســـانی، انتقال و انتشـــار فناوری، کارآفرینی و تولید خدمات فناورانه امکان‌پذیر است. صد البته صبوری در رسیدن به این اهداف بسیار حائز اهمیت است. بسیاری از این برنامه‌ها نیازمند صرف زمان و تمرکز بر اهداف اســـت تا به تدریج شـــناخت متقابل میان صنعت و تیم علمی به وجود آید و شایستگی‌های تیم نتیجه دهد.

مدل پیشـــنهادی تعامل یک دانشگاه نســـل ســـوم با صنعت در شکل زیر نشان داده شـــده اســـت. فعالیت‌های این مدل شـــامل گام‌های بازدیدهای صنعتی، جلسات تخصصی، آموزش مهندسی، تعریف مســـئله، محصولات خروجی و نوآوری است. ارکان مدل پیشـــنهادی تعامل دانشگاه با صنعت شامل شبکه‌ای از اساتید دانشگاه، دانشـــجویان کارشناســـی و تحصیلات تکمیلی، دانش‌آموختگان، پژوهشـــگران پســـادکتری و متخصصین صنعتی و دانشـــگاهی ایرانی/خارجی شاغل در داخل/خارج از کشور می‌باشـــند. در مرکز این مدل، یک هستهٔ پژوهش و فناوری مصوب دانشـــگاه قرار دارد که با برنامهٔ مدون ۵ ساله در دانشگاه فعالیت می‌کند. این هسته با مســـئولیت یکی از اساتید دانشگاه و با مشـــارکت یک یا چند استاد و دانشجوی تحصیلات تکمیلی شـــکل می‌گیرد. تعریف و بیان مســـئله، ساختارسازی، پایش و بازنگری در ســـاختار هســـته‌های پژوهش و فناوری و نوآوری، تجمیع اطلاعات و مدیریت دانش و تجربه‌ها در این شبکه توسط استاد مسئول هسته صورت می‌پذیرد. همچنین، این اســـاتید وظیفهٔ تعریف و تشریح مســـئله‌های مـــورد علاقهٔ صنعت، برنامه‌ریزی جهت به‌روزرسانی دانش و تجزیهٔ شبکه و هماهنگی بین اعضای شبکه را به عهده دارند. جلســـات معمولا به صورت فیزیکی در محل صنعت یا دانشگاه و یا به صورت مجازی از طریق شبکه‌های اجتماعی و ابزارهای ارتباطی مثل اسکایپ[15] (یا هر پلتفرم مشابه) برگزار می‌شود.

شکل ۱: مدل تعاملی یک دانشگاه نسل سوم با صنعت

کامیابـــی این چهارچوب تعاملی با صنعت در گروی درک ارزش‌های دانشـــگاهی و همراهی و همکاری صنعت با دانشـــگاه است. شناخت نیازها و اولویت‌های صنعت و تعریف صورت مسئله بخشی از فرآیند است که در پلتفرم همکاری دانشگاه و صنعت رخ می‌دهد. بخش‌های دیگر و گام‌های اساسی نیازمند ارادهٔ صنعت در اجرایی‌سازی اهداف تعریف شده در این پلتفرم همکاری است.



شکل ۳: گام‌های اساسی در تعریف، اجرا و پیاده‌سازی دستاوردهای پژوهش و فناوری در صنعت

7. Learning by using
8. Learning by doing
9. Learning by sharing
۱۰. نبی‌پور، ایرج. اقتصاد دانایی محور: دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی و درمانی بوشهر، ۱۳۸۷.
11. Internship
۱۲. آئین‌نامهٔ اینترنشیپ شرکت ملی گاز ایران، ۱۳۸۶.
13. MIT
14. UCLA
15. Skype

اهمیت و تاثیر فناوری های پایدار در صنعت نفت و گاز

دکتر مهدی خدایاری
مدیر بخش نفت، گاز و پتروشیمی هلدینگ آراز

با توجه به اینکه دولت‌ها در سراسر خاورمیانه و جهان، اهدافی را برای انتشار کربن کمتر و حضور بیشتر انرژی‌های تجدیدپذیر در ترکیب انرژی ملی خود تعیین می‌کنند، صنعت نفت و گاز به دنبال نوآوری‌های فناوری پاک است تا بهترین راه‌ها را برای چرخش موفقیت‌آمیز به سمت چشم‌انداز انرژی آینده بیابد. امروزه به طور فزاینده‌ای شاهد هستیم که شرکت‌های نفت و گاز بیشتری با طیف گسترده‌ای از فناوری‌ها و راه حل‌هایی که به آنها کمک می‌کند تا پایدارتر شده، هزینه‌ها را به حداقل رسانده و در نهایت اثر کربن خود را کاهش دهند را آزمایش می‌کنند و از موفقیت‌ها در این آزمایشات سود می‌برند.

با توجه به اینکه بسیاری از کشورهای عضو اوپک خاورمیانه سرعت استراتژی‌های متنوع‌سازی اقتصادی خود را پیش می‌برند، این امر باعث اتخاذ تدابیر پایداری بیشتر و سریع‌تر در سراسر صنعت شده است. از این رو می‌توان انتظار داشت نمونه‌های بیشتری همچون موارد زیر مورد بررسی، تحقیق و آزمایش قرار گیرند.

استفاده بهتر از داده ها در پایان سال گذشته:

مک کینزی شکاف عملکرد صنعت نفت و گاز را ۲۰۰ میلیارد دلار اعلام کرد. این تحقیقات بیان می کند که به طور متوسط، سکوهای فراساحلی تنها با ۷۷ درصد حداکثر پتانسیل تولید، کار می کنند. سیستم ها و ابزارهای تجزیه و تحلیل داده که به درستی پیاده سازی شده اند می توانند بر پیچیدگی عملیاتی عملیات نفت و گاز غلبه کرده و به سرعت بازدهی ۳۰ تا ۵۰ برابری سرمایه اولیه و کاهش اثرات زیست محیطی، با کاهش اتلاف انرژی، حوادث و تنگناها را به همراه داشته باشند.

کاهش مصرف آب شیرین:

آب یک عنصر ضروری در فرآیندهای مختلف تولید نفت است. از فرکینگ گرفته تا جداسازی نفت از سایر عناصر موجود در ماسه های نفتی. روزانه صدها میلیون بشکه آب مصرف می شود؛ در حالی که صنعت جهانی نفت و گاز در حال حاضر موفق به بازیافت اکثریت قریب به اتفاق این آب (بین ۸۰ تا ۹۵ درصد) می شود. شرکت ها در حال تجدید نظر در فرآیند استخراج برای کاهش آب شیرین از همان ابتدا هستند.

بهبود تلاش های بازیافت آب به منظور کاهش مصرف آب شیرین:

شرکت های نفت و گاز در حال بررسی راه های موثرتری برای بازیافت و استفاده مجدد از آب برای عملیات خود هستند. هدف شرکت ها به طور فزاینده ای استفاده از آب غیر شرب ۱۰۰٪ با بهبود روش های اکسیداسیون، فیلتراسیون و همچنین راه حل های پیشرفته تصفیه آب بدون مواد شیمیایی برای خنثی کردن آلاینده های باکتریایی مانند باکتری های کاهش دهنده سولفات و اکسید کننده آهن است.

کاهش نشت متان:

یافتن راه هایی برای کاهش نشت متان یک فرصت مقرون به صرفه برای این صنعت است. ارقام اخیر آژانس بین المللی انرژی نشان می دهد که کاهش انتشار گاز متان نفت و گاز از نظر مالی با استفاده از فناوری های موجود و نوظهور امکان پذیر است [۱].

بازیافت روغن استفاده شده:

شرکت های بیشتری از واحدهای پالایشگاهی در مقیاس کوچک استفاده می کنند تا روغن استفاده شده را مجددا به سوخت دیزل تبدیل می کنند. این رویکرد نه تنها برای عملیات در حال انجام، سوخت تولید می کند، بلکه جایگزینی نسبتا ارزان برای روش های سنتی تر دفع روغن است.

ساده سازی/بهبود فرآیندها:

حتی نوآوری هایی که به طور خاص فرآوری نفت و گاز را پاک تر نمی کنند، همچنان می توانند با اجازه دادن به فرآیندهای مقرون به صرفه تر، به بهبود پایداری کلی این صنعت کمک کنند. به عنوان مثال، فناوری جدید اولتراسوند به شرکت ها اجازه می دهد تصاویر سه بعدی از داخل چاه های نفت ایجاد کنند و آنها را قادر می سازد تا تصمیمات تولید آگاهانه و مقرون به صرفه تری بگیرند. به طور مشابه، سنسورها و دستگاه های IIOT، تجزیه و تحلیل، اتوماسیون، جایگزینی ذخیره و قابلیت های بهبود، و برنامه های هوش مصنوعی در حال ظهور، همگی می توانند به یافتن و حذف ناکارآمدی های عملیاتی کمک کنند. با بهبود کارآیی فرآیندهای عملیاتی، هر چند میزان تولید تغییر چندانی ندارد، اما با کاهش هزینه ها و مصرف انرژی، منجر به کاهش ردپای کربن در حالت کلی می شود.

ایجاد میدان های نفتی دیجیتال:

فراتر از پیشرفت های عملیاتی افزایشی، سرعت سریع دیجیتالی سازی صنعت نفت و گاز، امکان ایجاد «میدان نفتی دیجیتال» را فراهم کرده است. فرآیندی که در این صنعت به شدت در حال رشد است. از طریق استفاده از فناوری های ابری و داده های بزرگ، میدان نفتی دیجیتال امکان نظارت، تجزیه و تحلیل و استفاده از تمام داده های عملیاتی را در فاصله زمان بسیار ناچیز فراهم می کند که منجر به اتخاذ تصمیم های ایمن تر و پایدارتر می شود.

کسب و استفاده بیشتر از انرژی های تجدیدپذیر:

بسیاری از شرکت های نفت و گاز به دنبال کاهش انتشار گازهای گلخانه ای با استفاده از تنوع بخشیدن به بازار انرژی های تجدیدپذیر هستند. در ابتدای سال ۲۰۱۸، کمپانی BP علام کرد که ۰/۵ میلیارد دلار از صندوق سرمایه گذاری آن به انرژی پاک اختصاص خواهد یافت و این شرکت اخیرا ۲۰۰ میلیون دلار از سهام بزرگترین تولید کننده خورشیدی اروپا را خریداری کرد. با تبدیل شدن سرمایه گذاری های با سابقه بیشتر مانند این، شرکت های نفت و گاز قرار است در دهه های آینده به یک پایگاه سرمایه گذار مهم برای انرژی های تجدیدپذیر تبدیل شوند.

منبع

[۱] https://www.energyjobline.com/article/is-clean-technology-reshaping-the-oil-industry/

کتاب دانشگاه نسل سوم و توسعه کسب وکار دانش بنیان در زیست بوم نوآوری منتشر شد

جهت سفارش خرید کتاب با شماره ۰۹۰۱۳۴۲۱۳۷۷ تماس حاصل فرمایید

گفت‌وگو با «مهدی عرب‌زاده یکتا» مدیر ارشد کسب و کارهای صنعت هوشمند شرکت «فناپ زیرساخت» درباره توانمندی‌های این مجموعه برای ایجاد تحول دیجیتال در صنعت کشور

«اپراتور صنعت هوشمند» در مسیر تحول دیجیتال صنایع ایران

کاظم کوکرم
روزنامه‌نگار علم

«تحول دیجیتال» به معنای تغییر شیوه‌های تولید، انتقال و مصرف اطلاعات، کالا و خدمات با استفاده از فناوری‌های دیجیتال همچون اینترنت، رایانه، تلفن همراه و دیگر فناوری‌های مرتبط است. این تحول باعث شده است که تجارت، ارتباطات، خدمات بهداشتی و آموزشی و سایر صنایع به‌صورت آنلاین و با استفاده از فناوری‌های دیجیتال ارائه شوند. از دیگر اثرات تحول دیجیتال می‌توان به افزایش سرعت و کارایی تولید، کاهش هزینه‌ها، فراهم کردن امکانات جدید و ایجاد فرصت‌های کسب و کار جدید اشاره کرد. مفهوم تحول دیجیتال با «صنعت ۴» گره خورده و این دو بطور کلی به هم مرتبط و همزمان با هم پیش می‌روند. صنعت ۴ از جدیدترین رویکردهای موجود در حوزه تولید است که با استفاده از فناوری‌های دیجیتالی مانند اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، کلان داده، رایانش ابری، بلاکچین و... فرایند تولید را هوشمند و بهینه می‌کند. از دیگر ارتباطات صنعت ۴ و تحول دیجیتال می‌توان به ایجاد ارتباطات سریع و دقیق بین اجزای مختلف سامانه تولید، جمع‌آوری داده‌های کارآمد و محاسبات هوشمند با استفاده از الگوریتم‌های هوشمند، بهبود کیفیت محصولات و خدمات و کاهش هزینه‌های تولید اشاره کرد. شرکت فناپ زیرساخت، مجموعه‌ای دانش بنیان و از جمله شرکت‌های هلدینگ فناپ، وابسته به گروه مالی پاسارگاد است که بعنوان اپراتور صنعت هوشمند در زمینه ایجاد زیرساخت‌های حوزه فناوری اطلاعات، هوشمندسازی و تحول دیجیتال فعال است. این شرکت با قریب به ۸۰۰ کارمند، نخستین اپراتور صنعت هوشمند کشور است که در زمینه‌هایی چون حمل و نقل هوشمند، صنعت هوشمند، یکپارچه‌سازی زیرساخت شبکه، ارائه راهکارهای جامع سازمانی (شیوه گسترش‌یافته‌ای از ERP) به ارائه خدمات در حوزه صنعت ۴ می‌پردازد.

در گفت‌وگو با «مهدی عرب‌زاده یکتا» مدیر ارشد کسب و کارهای صنعت هوشمند این شرکت، ظرفیت‌های فناپ زیرساخت و موانع توسعه تحول دیجیتال در کشور را با تأکید بر حوزه نفت و گاز بررسی کرده‌ایم.

برای شروع اگر موافق باشید با داستان ماموریت جدید فناپ زیرساخت شروع کنیم. چه شد که فناپ زیرساخت تصمیم گرفت در جایگاه اپراتور صنعت هوشمند کشور به ایفای نقش بپردازد؟

روزی نگاه کردیم و دیدیم در کشور پروژه‌های بزرگی در سطح ملی تعریف شده و بسیاری از مسائلی که روزی معضل تلقی می‌شد در زمان خودشان حل شدند. مثلا سال‌ها بود که ارائه خط تلفن ثابت به مشترکان خانگی به مشکل بزرگی تبدیل شده بود؛ این فرایند چندین سال طول می‌کشید و روند اعطای خطوط تلفن به کندی پیش می‌رفت تا اینکه نگاه مدیریت برنامه‌ریزی در آن حوزه، فضا را عوض کرد و باعث شد یک شرکت ارائه‌دهنده خدمات این وظیفه را برای خود تعریف نموده و در حکم اپراتور ارائه‌دهنده خدمات، ایفای نقش کند. وقتی نگاه اپراتوری به کار داشته باشید، یعنی مسئولیت نسبت به ایجاد، توزیع، خدمات پس از فروش، ارتقا و گوناگون کردن خدمات را ذهن دارید. همچنین در صنعت مخابرات همراه کشور هم تجارب موفقی رقم خورده است و نمونه دیگر آن، همین اپراتورهای مخابراتی کشور هستند که در سطح وسیعی خدمات دیتا را ارائه دادند.. این تجربه جرقه‌ای را در ذهن مدیران فناپ زیرساخت ایجاد کرد که چرا برای صنایع کشور چنین اپراتوری را نداشته باشیم؛ صنعتی که نسبت به حل مسائل خودش بسیار فربه و کند است. صنعتی که برای افزایش چند درصدی تولید خود، قرار نباشد درگیر و نگران مدرن کردن، کالیبره کردن، اپراتوری کردن و نگهداری تجهیزات باشد. اینها نه در حوصله و توان زیرساختی صنعت است و نه ماموریتش می‌باشد و از آن مهم‌تر، صنایع به منظور مدرن سازی زیرساختی، ابزار کافی برای برطرف کردن چنین نیازهایی را ندارد. پس جای یک اپراتور صنعتی در کشور خالی بود.

مجموعه‌ای که این فکر را داشته باشد و بتواند به صنایع اطمینان بدهد دغدغه خدمات مورد نیاز خود را

نداشته باشد و مطمئن باشد که نیاز تخصصی خود را می‌تواند به کمک مجموعه‌ای متخصص و فن محور برطرف کند. مثلا صنعت بتواند با خیال راحت، ایجاد شبکه رادیویی اینترنت اشیا و نگهداری آن را به اپراتور صنعتی بسپارد و همزمان، تولید باکیفیت ترین روغن با درجه خلوص بالا را در اختیار خود داشته باشد. در این حالت اپراتور صنعتی به صنایع کمک می کند تا مسیر هموارتری برای ارائه محصول باکیفیت خود داشته باشند. این ایده‌ای بود که فکر کردیم جایش در کشور خالی است. شاید هم جا داشت زودتر چنین مجموعه‌ای در کشور شکل می گرفت، اما واقعیت این است که بخش مهمی از ماجرا به بلوغ صنعت هم مربوط است که خوشبختانه این شرایط تا حد زیادی مهیا شده است.

بسیار خوب. یکی از محصولات مهم فناپ زیرساخت بعنوان اپراتور صنعت هوشمند، رونمایی از محصول کنتور گاز هوشمند بود که در زمستان ۱۳۹۹ انجام شد. درباره این طرح و اهمیت آن برای صنعت گاز کشور لطفا بفرمایید.

یکی از کارهای مهم ما در فناپ زیرساخت در حوزه قرائت مکانیزه کنتور گاز انجام شده است. من از حدود سال ۱۳۹۲ با این پروژه همکاری دارم که با ارائه راهکارها و توسعه فناوری‌های مختلف این کار را پیش برده ایم تا امروز که بحث هوشمندسازی در این زمینه، جدی‌تر شده است. این طرح ابعاد مختلفی دارد؛ از بحث تنوع مشتریان آن گرفته که حداقل به سه دسته مشتریان مصرف بالا و صنعتی، مشتریان اداری - تجاری و مشتریان خانگی تقسیم می‌شود. از نظر ابعاد و اندازه و حتی فناوری ساخت کنتور نیز کنتورهای این مشترکان با هم متفاوت است. اکنون دانش ایجاد کنتور هوشمند و جمع آوری داده‌های آن بروی پلتفرم اینترنت اشیاء در تمام مدل‌ها با ظرفیت‌های مورد نیاز هر بخش وجود دارد.

چه نیازی بود که به سمت قرائت مکانیزه کنتور بروید؟

اشکالاتی از جنس هزینه‌های بالای استخدام نیروی انسانی برای قرائت خانه به خانه کنتور، تقلب‌های احتمالی و هزینه‌های حاصل از این اشکالات موجب شد که بحث قرائت مکانیزه کنتور در شرکت ملی گاز ایران مطرح شود.

یعنی به کارگیری فناوری‌های نو هزینه‌های پایین‌تری برای صنعت نفت و گاز در بر دارد؟

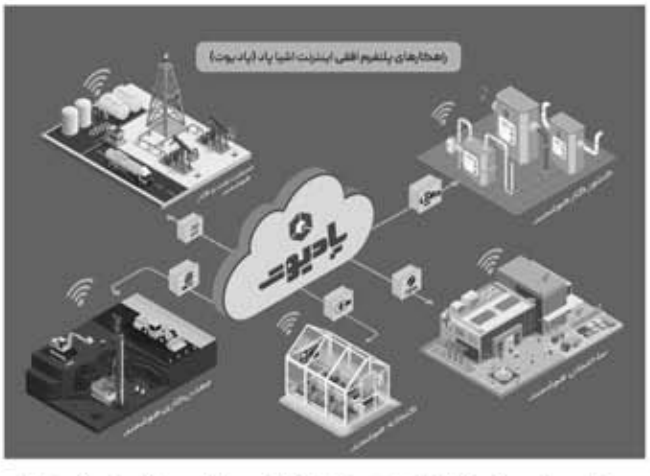
الزاما هزینه پایین‌تری ندارد، اما امروز نگاه شرکت ملی گاز به فناوری قرائت مکانیزه کنتور صرفا از منظر کاهش هزینه نیست. اکنون بحث هوشمندسازی در کنتورهای هوشمند مطرح است که علاوه بر جلوگیری از دستکاری، بحث قیمت گذاری به‌صورت پیش‌پرداخت را مطرح کرده است، به این ترتیب که مشترکان می‌توانند ظرفیت حجم گاز مشخصی را بخرند تا میزان گاز خریداری شده از منبع به مشترک اختصاص داده شود. در ادامه پیش از پایان حجم گاز خریداری شده، هشداری برای مصرف کننده ارسال می‌شود و در صورت عدم خرید حجم گاز جدید، ارائه گاز به مصرف کننده می‌تواند متوقف شود.

پس برای مدیریت بهتر گاز، بحث هوشمندسازی کنتورها مطرح شد؟

بله، هوشمندسازی برای مدیریت بهتر. مصرف انرژی در کشور با توجه به گستردگی شبکه گاز و مسائل تغییر اقلیم و همین‌طور مستهلک شدن شبکه گاز و هزینه‌های نگهداری شبکه توزیع و... موجب شده است که امروزه اهمیت مسائل مدیریتی و نظارت بر چگونگی توزیع و مصرف گاز به نیاز مهم شرکت ملی گاز ایران تبدیل شود. رفع این نیازها در کسب‌وکارهای امروزی به‌طور کامل از طرف دولت اتفاق نمی‌افتد و به ورود بخش خصوصی و شرکت‌های دانش بنیان به این حوزه نیاز دارد.

با این حساب شرایط برای به‌کارگیری این کنتورها مهیاست. آیا اشکالی وجود دارد که به‌کارگیری کنتورهای هوشمند فراگیر نشده است؟

اشکال اصلی در زمینه از خود کنتور نیست و به مسائل کلان‌تری مرتبط می‌شود. تصور کنید جابجایی کنتورهای فعلی با کنتورهای جدید با سازوکار و سیاستگذاری نوین چه چالش‌هایی را ممکن است؛ ایجاد کند یا مثلا ایجاد یک شبکه دسترسی رادیویی اینترنت اشیاء برای فعالان بالادستی صنعت نفت و گاز یک معضل جدی از منظر اپراتوری است. شرکت‌های بوده‌اند که از شبکه‌های رادیویی اپراتورهای مخابراتی استفاده کرده‌اند و دچار مشکلات و محدودیت‌هایی شده‌اند. یا مثلا جنس گازی که در پالایشگاه‌های ما تولید می‌شود از لحاظ میزان هلیوم با سایر مناطق جهان متفاوت است. همین موضوع برای تجهیزات الکترونیکی که به کنتورهای گاز بسته می‌شود شرایط متفاوتی از نظر میزان تشعشع میدان مغناطیسی و بروز احتمال انفجار در مخزن کنتور گاز ایجاد کرده است. این در حالی است که اپراتورهای مخابراتی حتی شبکه دسترسی به اینترنت اشیا را هم فراهم کردند. به هر حال کلیه موانع بالا و مسئله دسترسی به شبکه اینترنت اشیاء رادیویی به کلی حل شده است. حتی پیمانکاران در این حوزه به شرکت ملی گاز گفته‌اند که حساسیت روی فناوری نداشته باشید و بخش فنی کار را به پیمانکار بسپارید. در عوض حساسیت خود را روی مسائل پدافندی، رگولاتوری، اپراتوری و حکمرانی قرار دهید. زیرا برنامه تحول دیجیتال در صنعت توزیع و پخش گاز نیازمند تحول در کسب و کار است و حل این مسائل، زمانی اتفاق می‌افتد که به داشتن یک ساختار اپراتور صنعتی اعتقاد داشته باشیم. یعنی احساس کنیم در کنار مجموعه حاکمیتی مانند شرکت ملی گاز ایران، یک سری اپراتور تخصصی هایتک هستند که مثل پیمانکاران جدید برای این شرکت‌ها عمل می کنند و در حوزه فناوری‌های جدید به رفع نیاز در حوزه هوشمندسازی می‌پردازند.



چرا نمی‌بینیم شرکت گاز در زمینه به‌کارگیری فناوری‌های هوشمند در حوزه نفت و گاز قدم جدی بردارد؟

این برای ما هم جای ابهام دارد. ما دو سال پیش در بهمن ۱۳۹۹ از پلتفرم کنتور گاز هوشمند طراحی و عملیاتی شده در فناپ زیرساخت، رونمایی کردیم. این در حالی است که کارشناسان می‌دانستند در زمستان سال گذشته با توجه به تغییر شرایط مصرف گاز در کشور با بحران کمبود گاز مواجه می‌شویم. یکی از راه‌های مدیریت و عبور از این بحران، استفاده از کنتورهای هوشمند گاز بود. شاید اگر هر کشور دیگری با این شرایط مواجه می‌شد، خود دولت دست بکار می‌شد و اندیشکده‌ای تشکیل می‌داد، سراغ بخش خصوصی می‌رفت و برای

حل مشکل از مسیر بهره گیری از قدرت فناوری، دست یاری به سوی شرکت‌های توانمند داخلی دراز می‌کرد.

چه تعداد کنتور هوشمند گاز در سطح کشور داریم؟

بر اساس شنیده‌ها از سمت شرکت ملی گاز ایران، حدود سی میلیون کنتور گاز و حدود ۴۰ هزار کنتور صنعتی در کشور داریم و برای تعویض اینها و مهاجرت به سمت اکوسیستم کنتورهای هوشمند، می‌توانستیم پایلوت‌هایی در ابعاد هزار واحد صنعتی را در بخش‌های مختلف کشور در نظر بگیریم و به تدریج کنتورهای سنتی را با کنتورهای هوشمند تعویض کنیم.

برنامه شرکت گاز برای هوشمندسازی کنتورها چیست؟

واقعیت این است که شرکت گاز هنوز استراتژی تعامل خود را با اپراتورهای صنعتی مشخص نکرده یا دست کم اعلام نکرده است. اینکه قرار است با کنتورسازها کار را شروع کنند یا با یک اپراتور صنعتی می‌خواهند همکاری کنند و تحول دیجیتال در صنعت گاز را رقم بزنند، چیزی است که جایی اعلام نشده است. ما بارها با شرکت گاز نامه‌نگاری و اعلام آمادگی کردیم اما پاسخ مشخصی دریافت نکردیم.

به نظر شما این معلوم نبودن استراتژی علت خاصی دارد؟

من فکر می‌کنم علتش فقط این است که عزم جدی برای مدل‌سازی این طرح و حتی پایلوت آن وجود ندارد. وگرنه پایلوت هزار کنتور هوشمند، و ارائه آنها هزینه بسیار بالایی برای شرکت گاز ندارد و بر مبنای آن می‌توانند در سطح کلان‌تری تحول دیجیتال را در حوزه گاز برنامه‌ریزی و اجرا نماید.

فناپ زیرساخت چه کمکی می‌تواند بکند تا تحول دیجیتال در صنعت گاز سریع‌تر آغاز شود؟

ما از همان روز رونمایی از پلتفرم کنتور گاز هوشمند، به شرکت گاز نامه فرستادیم و طرح تجاری و فنی خود را مطرح کردیم. از آنها خواستیم کارگروهی برای شفاف‌سازی طرح تشکیل دهند. در طول دو سال گذشته حداقل این کار می‌توانست انجام شود که نقشه راه و مراحل طرح پایلوت برای به کارگیری کنتور هوشمند در صنعت گاز را با همکاری شرکت گاز مشخص کنیم. تا قبل از اینکه دیر شود و پیشرفت فناوری باعث جاماندن صنعت گاز ما بشود باید اقدام عملی داشته باشیم. به هر حال ما در جایگاه بخش خصوصی در ترکیب کنسرسیومی که ایجاد کردیم، می‌توانیم کارگروه‌های مربوطه را مشخص و شروع کار را کلید بزنیم.

اگر اجازه بدهید کمی جلوتر برویم و بطور کلی نگاهی به صنعت بیاندازیم. برای تحول دیجیتال صنعت در کشور، فناپ زیرساخت چه گام‌هایی برداشته است؟

صنعت پهنه وسیعی دارد. از منابع و فضای استخراجی شروع می‌شود تا شبکه انتقال و پالایشگاهی و شبکه توزیع و ... که در هر بخش نیازهای فناوری‌اش متفاوت است. فناپ زیرساخت در این زمینه توانایی‌های متنوعی را برای خود ایجاد نموده است. شرکتی که در برنامه‌های تحول دیجیتال از نقشه راهی که در ذهنش دارد که منطبق با برنامه‌های صنعت ۴ است شروع کرده و امروز بیشتر تمرکزش روی بخش‌های پالایشگاهی صنعت می‌باشد. محیط پالایشگاه بعلت پیچیدگی و افزایش نیاز بشر به صنعت انرژی، امروزه با مشکلات زیادی روبه‌رو است که بسیاری از آنها با بهره گیری از فناوری‌های نوپدید قابل حل است. بحث نگهداری پیشگیرانه (predictive maintenance) چیزی است که در این حوزه بسیار حائز اهمیت است. به علت تعدد دستگاه‌ها و ماشین‌ها و خصوصا سامانه‌های کمپرسوری و روتاری، بویژه در شرایط فعلی ناشی از تحریم بسیاری از نرم‌افزارها کار نمی‌کند، در چنین شرایطی باید به دنبال راهکار جایگزین بود. نکته مهم این است که در فضایی کار می‌کنیم که دست بردن در هر حوزه‌ای خطرناک است و می‌تواند تبعات زیست محیطی بالایی داشته باشد. از این رو راه حل جایگزین باید بسیار هایتک باشد و به فناوری‌هایی نظیر اینترنت اشیاء و هوش مصنوعی مجهز شده باشد تا بتواند مسائل آنها را حل کند.

در حوزه صنعت راهکار فناپ زیرساخت برای حل مسائل روز چیست؟

الان تمرکز ما روی فناوری‌هایی مثل تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه و مدیریت عملیات تولید MOM یا Manufacturing Operations Management است. این یک راه حل جامع که از طریق فناوری‌های پیشرفته‌ای چون اینترنت اشیا صنعتی و هوش مصنوعی تکامل پیدا کرده، در مدیریت عملیات تولید، دید دقیق و فراتر از کنترل و نظارت بر فرآیندها و رویه‌های تولیدی می‌دهد. و بر خلاف MES سبب بهینه سازی خودکار عملکرد تولید در زمان واقعی می‌شود. به این ترتیب که ترکیب محصولات رده اینترنت اشیای صنعتی و مدیریت عملیات تولید در چرخه پالایشگاهی را طراحی می‌کنیم. بعلاوه بحث مدیریت چرخه محصول (PLM) آنها، مخصوصا در پالایشگاهی که در آن محصول خاصی در حال تولید است را در دستور کار توسعه‌ای خود داریم.

اکنون مهم‌ترین ترندها یا روندهای اصلی فناوری در حوزه نفت وگاز شامل چه مواردی است؟

در دنیای نفت و گاز، ترندها یا روندهای اصلی حوزه فناوری را اگر بخواهیم مثلا از نظر نشریه استارت‌آس اینسایتس بررسی کنیم، به ترتیب شامل این موارد می‌شود: اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، تحلیل کلان‌داده، رباتیک، مدل‌سازی‌های سه‌بعدی و تجسم یا بصری‌سازی داده (visualization)، پردازش ابری، واقعیت افزوده، واقعیت مجازی، سامانه اجرای تولید، نگهداری پیشگیرانه و زنجیره بلوکی.

آیا مشخص است که چه تعداد شرکت در جهان روی این حوزه‌ها کار می‌کنند؟ فناپ زیرساخت در کدام حوزه‌ها محصول و راهکار ارائه کرده است؟

استارت‌آس اینسایتس می‌گوید ۲۰۸۶ استارتاپ فعال در حوزه نفت و گاز تمرکزشان به ترتیب روی همین روندهای اصلی است که اشاره کردیم. ما در فناپ زیرساخت در حوزه اینترنت اشیا در دو رده افقی (هوریزنتالی) و کلاسی صنعتی محصول داریم. در زمینه هوش مصنوعی، آزمایشگاه زی‌لب (ZLab) را با تخصص‌های مختلف داریم که اکنون در حال بررسی مشکلات صنعت و ارائه راهکارهای فناورانه متناسب با هر مشکل برای رفع هر یک از آنهاست. هوش مصنوعی پهنه وسیعی دارد؛ قابلیتی است که در هر صنعت قابلیت پیاده‌سازی

خاص خود را دارد. در بحث تجزیه و تحلیل کلان داده، محصول «پادیوت» فناپ زیرساخت از این فناوری‌ها بهره می‌برد و افزون بر این، بخش‌های مختلف گروه فناپ در این زمینه کار کرده‌اند. توسعه حوزه رباتیک و اتوماسیون نیز جزو برنامه‌های آتی ماست که در زمینه حمل و نقل و پیش رونده‌های صنعتی در شرف تاسیس و جذب نیرو است. در زمینه مدل‌سازی سه‌بعدی و تصویرپردازی بطور مفصل مشغول کاریم؛ بویژه آزمایشگاه زی‌لب و محصول همزاد دیجیتالی ما اساسا بر مبنای مصورسازی داده‌ها و پردازش تصاویر کار می‌کنند. محصول پردازش ابری (ابر صنعتی) را هم در فناپ زیرساخت توسعه داده‌ایم و جزو محصولات کلیدی و پایه‌ای ماست. از آنجا که در حال توسعه مباحث مرتبط با متاورس و همزاد دیجیتالی هم هستیم، محصولات مرتبط با فناوری‌های واقعیت افزوده و واقعیت مجازی را نیز توسعه داده‌ایم که نمونه‌اش را سال گذشته در نمایشگاه معدن‌کاری دیجیتال ۱۴۰۱ نمایش داده شد. در حوزه سامانه اجرای تولید، محصول MES جزو محصولات موجود ما در دپارتمان ERP است و اکنون روی نسخه MOM آن در حال کار هستیم. در زمینه تعمیرات پیشگیرانه که به بحث‌های روتاری و کمپرسورهای صنعتی مربوط است در حال اجرای پروژه و در مرحله ارائه کمینه محصول پذیرفتنی (MPV) هستیم. در ارائه چنین محصولاتی آنچه مهم است این است که پایداری وضعیت را داشته باشیم و دستگاه در شرایط نرمال و همیشه در حال کار باشد. این که در شرایط مختلف بتوانیم؛ متوجه شویم چه موقع ممکن است احتمال بروز خرابی برای دستگاه مورد نظر ما پیش بیاید، نکته تعیین کننده‌ای است. حوزه بلاکچین اما در میان روندهای اصلی توسعه فناوری در بخش نفت و گاز، خارج از سرفصل‌های اصلی برنامه‌های فناپ زیرساخت است. اما همانطور که می‌بینید در میان حدود ده روند اصلی توسعه فناوری در بخش نفت و گاز که حدود ۲۰۸۶ استارتاپ در سطح جهان در این حوزه مشغول کارند، فناپ زیرساخت با ارائه محصولات و راهکارهای بومی اغلب آنها را پوشش داده است.

وضع بلوغ دیجیتال را در حوزه نفت و گاز نسبت به این روندها را چطور می‌بینید؟

طبق گزارش‌ها از لحاظ بلوغ دیجیتال، صنایع نفت و انرژی به خاطر بحث اتوماسیون مورد نیاز خودشان تمایل بیشتری به استفاده از فضا و سرویس‌های اینترنت اشیا دارند. اما در ایران به این معنا که بیاییم و خودمان را کامل کنیم و مبحث اتوماسیون از جنس اتوماسیون صنعتی با رویکرد انقلاب صنعتی سوم را بر اساس مفاهیم صنعت ۴ باز طراحی کنیم تقریبا کاری نکرده‌ایم. خیلی از این کارها را امروزه اینترنت اشیا انجام می‌دهد. برای همین روی نقشه بلوغ فناوری استارت‌آس اینسایتس می‌بینیم که ۲۲ درصد از گزارش‌ها یتک فناوری که مرتبط به صنعت نفت و گاز است، متعلق به اینترنت اشیاست، ۱۹ درصد متعلق به هوش مصنوعی و ۱۳ درصد متعلق به کلان داده می‌باشد.

وضعیت فناپ زیرساخت را اگر با شاخص‌های نهادهای تحقیقاتی و مشاوره‌ای شناخته‌شده‌ای نظیر گارتنر، مکنزی، دیلویت و... در حوزه صنعت ۴ در نظر بگیریم، اکنون در چه مرحله‌ای قرار دارید؟

نگاه گارتنر را وقتی درباره ورود به صنعت از منظر صنعت ۴ای در صنعت نفت و گاز بررسی می‌کنیم، می‌بینیم در بحث تحول دیجیتال به دنبال مفهوم تحول کسب‌وکار است. گارتنر، فضای صنعت نفت و گاز را بر اساس سه شاخص تعریف می‌کند؛ نخست، بهینه‌سازی عملکرد در سطوح کسب‌وکار است؛ دوم ایجاد توانمندسازهای نوین در سطوح کسب‌وکار و سوم، توانمندسازی از مسیر بهره‌گیری از فناوری‌های پایه و بنیادی. از این منظر وضعیت فناپ زیرساخت در صنعت نفت و گاز را از نظر شاخص‌های گارتنر را وقتی بررسی می‌کنیم می‌بینیم که در بحث توانمندسازها در ده روند برتر، همه ابزارهای توانمندساز زیرساختی را برای ورود به صنعت در اختیار داریم. اما غیر از ابزارهای توانمندساز فناوری که اینها را اصطلاحا business enablers می‌دانند، از جنس فناوری نیز توانمندسازهایی داریم که اصطلاحا tech enablers نامیده می‌شوند. در این زمینه مسیرهای جدیدی را در فناپ زیرساخت شروع کرده‌ایم. واقعیت این است که صنعت به دنبال اثبات مفهوم (proof of concept) نیست، بلکه دنبال اثبات ارزش (proof of value) است. از این رو ما به دنبال این هستیم که معادل توانمندسازهای فناوری، توانمندسازهای کسب‌وکارها را هم جستجو کنیم. اینکه کدام فناوری‌ها می‌تواند کدام بخش‌های کسب‌وکار مورد نظر ما را به پیش ببرد مهم است. مثلا کارخانه‌ها سالیانه یک بازه زمانی را برای تعمیر و نگهداری (اورهال) تجهیزات در نظر می‌گیرند. اگر بتوانیم مکانیسم پیاده‌سازی فناوری‌ها را طوری تنظیم کنیم که به کمک اینترنت اشیا و هوش مصنوعی به خط تولید کمک کنیم که صرفا بخاطر اورهال فعالیتشان متوقف نشود، به این ترتیب موفق به اثبات ارزش شده‌ایم و به صنعت نشان داده‌ایم ارزش فناوری پیشنهادی ما چیست. این روالی است که ما در تعامل با صنعت در حوزه تحول دیجیتال مد نظر داریم. تحول دیجیتال یعنی اینکه مسائل صنعت را در قالب فناوری از مفاهیم مرتبط با بافتار صنعت ۴ بتوانیم در زیرساخت‌ها و مدل‌های کسب‌وکار خود بطور مشهود ببینیم. به این ترتیب است که اهالی صنعت احساس می‌کنند ارزش‌آفرینی جدیدی در حوزه صنعت در حال رخ دادن است.

بهینه‌سازی عملکرد برای صنعت در جریان تحول دیجیتال چطور رخ می‌دهد؟

گزینه آخر بهینه‌سازی عملکرد است. صنعت وقتی احساس کند زیرساختش متحول شده است، توانمندسازها در سطح فناوری وارد شده‌اند و کسب و کار نیز متناسب با آن در حال تغییر و تحول است و شاخص‌ها نیز این مسئله را نشان می‌دهند، آن وقت است که تحول را می‌پذیرد. وقتی به بهینه‌سازی عملکرد نگاه می‌کنیم، باید ببینیم پیش و پس از این تحول چه تغییری در عملکرد فروش خدمات و محصولات ایجاد شده است یا در زمینه برندینگ و محبوبیت برند چه تأثیری ایجاد شده است. اینها بسته‌ای است که وقتی از منظر گارتنر به موضوع نگاه می‌کنیم می‌بینیم شرکتی مثل فناپ زیرساخت امروز در سطحی از بلوغ قرار دارد که بتواند به صنعت مشاوره در زمینه‌های چون برندینگ، کسب و کار، فنی و تحول بدهد. ما تیم‌های مربوط و مشاوران قوی در اختیار داریم و از این نظر کاملا آماده هستیم.

از دیدگاه مکنزی چطور؟ اکنون فناپ زیرساخت در چه مرحله‌ای از توانمندی برای ایجاد تحول دیجیتال در صنعت کشور قرار دارد؟

مکنزی تحول دیجیتال صنعت نفت و گاز را در چهار حوزه می‌بیند که در اینجا نیز وقتی شاخص‌های مکنزی را با توانمندی‌های فناپ زیرساخت مقایسه می‌کنیم، می‌بینیم در شاخص «قدرتمندسازی از مباحث محاسباتی» یعنی اینکه چقدر می‌توانیم از حسگرها استفاده کنیم و یا چقدر قابلیت اینترنت اشیای ما قوی است و یا چقدر می‌توانیم بخش‌های مختلف را در جایی که هیچ داده‌ای تولید نمی‌شود بکار بگیریم و بتوانیم کاری کنیم که داده‌ها را دریافت و گردآوری کنیم، یا بتوانیم پلتفرم اینترنت اشیا یا پلتفرم ابر را برای صنعت ایجاد کنیم، همه اینها مواردی است که برای صنایع امروزی حائز اهمیت است. در اینجا نیز می‌بینیم در فناپ زیرساخت قادریم به این شاخص مورد نظر مکنزی برای صنایع نفت و گاز نیز پاسخ بدهیم.

در زمینه شاخص دوم مکنزی که بحثش برای صنعت از منظر تحلیلی و هوشمندی مهم است، جایی که بتوانید گزارش‌های آماری پیشرفته و سفارشی‌سازی شده و خاص را بدهید و از بحث هوش مصنوعی در این زمینه استفاده کنید موضوع مهمی است. ما در آزمایشگاه «زی‌لب» تمام تمرکزمان بر این است که به کمک هوش مصنوعی بتوانیم سامانه‌های گزارش‌گیری را ارائه

نقشه پراکندگی فعال‌ترین استارت‌آپ‌های جهان در حوزه نفت و گاز

StartUs insights

2 086

استارت‌آپ بررسی شده

این نقشه پراکنش 2086 استارت‌آپ فعال در جهان و شرکت‌های زیرمجموعه آنها را نشان می‌دهد. داده‌های استفاده شده در این نقشه مربوط به ژانویه 2023 است.

کنیم که توصیه‌گر باشد. یک سری بات هایی را به صنعت ارائه کنیم که شرایطی شبیه به یک دستیار را داشته باشند و بتوانند تحلیل کنند و انواع و اقسام گزارش‌های مورد نیاز را ارائه کنند.

در بحث تعامل انسان و ماشین، ما حوزه‌های مختلف را می‌خواهیم به هم متصل کنیم. در حوزه کاری مثلا یک کارگر صنعتی با اتوماسیون قرار است تعامل داشته باشند. در معادن زیرزمینی بحث فناوری‌های واقعیت افزوده، واقعیت مجازی، کارگران متصل و... را به کار می‌گیریم. مورد آخر هم بحث مهندسی پیشرفته (advanced engineering) است که وقتی به چرخه تولید نگاه می‌کنیم، از ابتدا که بحث عملیات مهندسی و عملیات تولید و سپس به کنترل کیفیت می‌رسیم و در نهایت به بازخور گرفتن از سیستم می‌رسیم و بعد به بخش مهندسی کارخانه متصل می‌شود، همه واحدهای صنعتی این چرخه‌ها را دارند. یکی از جاهایی که نقش فناپ زیرساخت می‌تواند بسیار پررنگ باشد این است که ما در حال آماده‌سازی زیرساخت‌های devOps و ابزارهای کمک‌کننده به این چرخه هستیم تا از علوم رایانه‌ای در این چرخه‌ها استفاده شود و نگرش جدید و مورد نیاز مهندسی تولید، ایجاد شود. به این ترتیب محصولی ایجاد می‌شود که کارایی و ارزش‌آفرینی بیشتری داشته باشد که ما از آن با نام مهندسی پیوسته (continuous engineering) یاد می‌کنیم.

از نکات مورد اشاره شما این طور به نظر می‌رسد که شما در فناپ زیرساخت در حال ارائه خدمات، محصولات و راهکارهایی هستید که نسبت به سطح آمادگی صنعت برای پذیرش تحول دیجیتال بسیار جلوتر است. این شکاف میان شما به عنوان خدمات‌دهنده با جامعه مخاطب شما چطور قرار است پر بشود؟

ببینید ما یک صنعت نفت و گاز داریم که تقسیم‌بندی‌های خاص خود را بعنوان بخش بالادست، میان‌دست و پایین‌دست دارد. بخش بالادست این صنعت شامل بخش مربوط به چاه‌های نفت و گاز و تجهیزات مربوط به استخراج از آنهاست. بخش میان‌دست شامل قسمت پالایش و فراوری و بخش پایین‌دست شامل شبکه توزیع است. برای فناپ زیرساخت این موضوع اهمیت دارد که بتواند توانمندی‌های فنی خود را به صنایع ارائه دهد و بگوید بطور بنیادی چه زیرساخت‌ها و دانش‌ها و پلتفرم‌ها و تصویرپردازی‌هایی را دارد و در واقع یک مرحله از فیلترهای اولیه عبور کرده است. شرکتی که می‌خواهد وارد صنعت شود باید از جنس دانش روز در بافتار صنعت ۴ باشد و بتواند اثبات کند که راهکارهایش قابلیت حل مشکل صنایع با کاربری‌های ویژه را دارد. بقیه کار مشاور تخصصی آن حوزه است.

با این حساب آیا اکنون آمادگی و تمایلی در صنعت کشور نسبت به به‌کارگیری فناوری‌های نوین مرتبط با صنعت ۴ می‌بینید؟

بله، قطعا می‌بینیم. شاید اگر ده سال پیش از به‌کارگیری این فناوری‌ها در صنایع صحبت می‌کردیم، شرایط تولید سنتی با بازاری سنتی برقرار بود و چه بسا استقبالی نمی‌شد. این در حالی است که امروز شرایط اقتصادی کشور، تحریم، مشکلات تجاری، تغییر مدل تولید در دنیا و... باعث شده است شیوه‌های سنتی پاسخگو نباشد. مگر اینکه برنامه تحول دیجیتال را ایجاد کنیم و ببینیم در لایه‌های مختلف صنعت چه مشکلاتی وجود دارد که حل آنها منتج به حل بسیاری از بحران‌ها بشود. ما در صنعت عمدتا در بحث اپراتوری مشکل داریم. اپراتوری در بافتار صنعت ۴ با نیازمندی امروز بازار با مدل حکمرانی و اپراتوری سنتی قابل پیاده‌سازی نیست. نمی‌توانیم از ظرفیت وسیع و منابع نامحدودی که داشتیم؛

بیاییم برای تولید استفاده کنیم که ویژگی‌های خاص با مشتری خاص دارد. به همین علت است که می‌بینیم خودروسازی ما تا حد زیادی شکست خورده است و متناسب با نیاز روز محصول تولید نمی‌کند.

آیا می‌توانیم بگوییم خدمات مشاوره‌ای فناپ زیرساخت نمونه بومی‌سازی شده خدمات مشاوره‌ای موسساتی نظیر گارتنر و دیلویت است و در بخش اجرا به شرکتی مثل ودافون شباهت دارد؟

ما خودمان را با همه اینها مقایسه می‌کنیم بخاطر اینکه بتوانیم بهترین تجربه‌ها و آن چیزی که نزدیک به فرهنگ کاری ایرانی و فرهنگ شرکت‌ها و پیمانکارهای ماست را پیدا کنیم تا بتوانیم نمونه بومی آن‌ها را طراحی کنیم. تقریبا در مورد برنامه‌های تحول دیجیتال سعی کرده‌ایم مدل‌هایی از برنامه‌های تحول دیجیتال صنعتی را پیاده‌سازی کنیم که قابل انطباق با ساختار فرهنگی کارگرمآبی انقلاب صنعتی اول و دوم برای ما باشد. شاید خدمات فناپ زیرساخت بیشتر شبیه به مجموعه اکسنچر (Accenture) باشد. ما در تصویرپردازی از صنعت ۴ بیشتر سعی کرده‌ایم اکسنچر ایران باشیم و بعنوان اپراتور صنعت هوشمند، خدمات و محصولات مشابه این مجموعه را برای صنعت کشورمان ارائه کنیم. این چیزی است که استراتژی رقابتی ما را نشان می‌دهد.

یکی از حوزه‌های فناوری نوظهور در فناپ زیرساخت، طراحی و توسعه «لیوینگ لب» است. فناپ زیرساخت با ایجاد لیوینگ لب، چه گره‌ای از مشکلات صنعت کشور باز می‌کند؟

یکی از رویکردهای ما این است که امروز وقتی به بررسی فناوری‌های روندساز مثل هوش مصنوعی و اینترنت اشیا و... می‌پردازیم، می‌بینیم بقدری این فناوری‌ها اثرات دگرگون‌ساز در مدل‌های سازمانی، کسب‌وکاری و زیرساختی ایجاد کرده‌اند که درک اینها برای مشتری ثقیل و دشوار می‌شود. برای همین تصمیم گرفتیم به منظور حل این مشکل، به‌صورت زنده و پویا آن چیزی که در تصویرپردازی پویا می‌گنجد را در بستر آزمایشگاه زنده یا لیوینگ لب ایجاد کنیم. خوشبختانه آزمایشگاه زنده صنعت ۴ ما نمونه‌هایی از حوزه‌های معدنی، نفت و گاز و بازار صنعت را پوشش می‌دهد. لیوینگ لب یا آزمایشگاه زنده، فضایی است که اجازه می‌دهد ایده مورد نظر شما در یک بستر و زیرساخت در مقیاس کوچک، قابل لمس و مشاهده‌پذیر باشد. اگر در تحقیق و توسعه به ایده‌ای می‌رسید، لیوینگ لب به شما اجازه می‌دهد بینش عمیق‌تری نسبت به مزایا و کاستی‌های آن ایده پیدا کنید. وقتی دپارتمان توسعه محصول دارید، پس از عملیات مهندسی می‌توانید در لحظه شاهد پخته شدن آن ایده و مدل‌شدن آن روی بستری در آزمایشگاه زنده باشید و به‌صورت پویا و زنده ببینید ایده چطور در صنعت جواب می‌دهد. این چیزی است در آزمایشگاه زنده می‌توانید به آن برسید. مثل کاری که معادن کانادایی با آزمایشگاه‌های لیوینگ لب خودشان انجام دادند و در مقیاس کوچک تحول حاصل از ایده‌ها را مشاهده کردند.

در قیاس با لیونیگ لب، فناپ زیرساخت با طراحی «همزاد دیجیتالی» چه مزایایی برای صنایع کشور ایجاد می‌کند؟

همزاد دیجیتالی (digital twin) یکی از محصولات راهبردی ماست که در حوزه متاورس صنعتی روی آن کار می‌کنیم. اکنون با بانک پاسارگاد در حال جلوبردن طرح متاورس بانکی هستیم که شامل مراکز داده است؛ افزون بر این که خود این سرویس در حوزه متاورس، آینده اینترنت یا web ۳٫۰ را ترسیم می‌کند. در آنجا سعی داریم نمایی از ارائه شرکت‌ها و کسب‌وکارها را در محیط متفاوت‌تری از اینترنت امروزی را ببینیم. لذا همین تصویرپردازی را برای صنعت داریم؛ صنعتی که یک جا بانک است، یک جا نفت و گاز و جای دیگری به‌صورت معدن خود را نشان می‌دهد. وقتی مدل سه‌بعدی یک پالایشگاه را طراحی کرده‌ایم و داده‌های جزء به جزء پالایشگاه را دریافت می‌کنیم، هر نوع تصمیم‌گیری مهندسی و مدیریتی در پالایشگاه را پیش از اعمال در محیط واقعی می‌توانیم روی همزاد دیجیتالی آن پیاده‌سازی کنیم و نتیجه را ببینیم. مثلا اگر درجه رطوبت روغن یا کمپرس روغن عوض شود، می‌توانیم تأثیر آن را در عملکرد همزاد دیجیتالی آن تجهیز ببینیم. می‌توانیم بررسی کنیم که در شرایط تغییر آیا تنظیمات جدید را می‌توان انجام داد و... این آزمایش‌ها و خطاها را در محیط شبیه‌سازی‌شده همزاد دیجیتالی می‌توان اعمال کرد و بزودی هم محصول همزاد دیجیتالی فناپ زیرساخت را در حوزه‌های مختلف رونمایی می‌کنیم.

وقتی در کشوری هستیم که با انواع تحریم‌های بین‌المللی مواجه‌ایم، تلاش یک شرکت از بخش خصوصی برای پیاده‌سازی فناوری‌ها مدرن صنعت ۴، اعتماد بنفس بالایی را در مجموعه آن شرکت می‌طلبد. همینطور پایداری مستحکمی در برابر توفان‌های اقتصادی نظیر بالا و پایین شدن شدید نرخ ارز نیاز دارد تا بتواند بگوید اپراتور صنعت هوشمند در یکی از متلاطم‌ترین اقتصادهای دنیا هستم. این اعتماد بنفس و توان بالای مقاومت در مجموعه‌ای مثل فناپ زیرساخت از کجا می‌آید؟

پاسخ به این سوال شاید در بیان جملات زیبا تا حدودی کلیشه‌ای به نظر برسد، ولی واقعیت این است که تصویرپردازی ما در عالم واقعیت از بسیاری از عوامل تأثیرگذار بر کسب‌وکار اثر می‌پذیرد و مختل می‌شود. خیلی جاها پس از تلاش بسیار نتیجه نگرفته‌ایم و این طور نیست که شناکردن در خلاف مسیر اقتصاد کشور، کار آسانی باشد. ولی تفاوت در ایستادن برای ساختن است. در این راه می‌جنگیم و با مسائل کشور دست و پنجه نرم می‌کنیم. هدف ما ساخت است و حتی گاهی یک پله بالاتر از ساخت هستیم و از این نظر نگاه ما به «برساخت» است. یعنی نگاه ذهنی خودمان را نسبت به ایده آل‌ترین تصویرپردازی ذهنی ایجاد می‌کنیم تا این تصویرپردازی به همه ارکان تعمیم پیدا کند. پس اگر ایستاده‌ایم تا بسازیم، ایستاده‌ایم تا در جامعه صنعتی نیز برساخت ایجاد کنیم. مطلوب‌ترین ذهنیتی که می‌تواند صنعت کشور را متفاوت کند تا یک ذهنیت متعالی ایجاد شود که بله، ما جایگاه داریم، لیاقتش را داریم، صنعت و منابعش را هم داریم، در این صورت امید داریم که بتوانیم این مسیر دشوار را طی کنیم. تقریبا در بیشتر حوزه‌ها هم کار کرده‌ایم و موفقیت‌های خوبی داشته‌ایم. سوی دیگر این ماجرا صنعت است که امیدواریم همراهی خوبی برای آغاز سفر دیجیتال در کشور از خود نشان دهد.

Petroyatech اولین برند ایرانی MPFM

روایت بومی سازی جریان سنج چند فازی

پژوهش مقوله‌ای زمان براست که برای دستیابی به نتایج حاصل از آن، باید روش‌های محصول محور و عملیاتی را کنار گذاشت. گاهی از شروع تحقیق در خصوص موضوعی تا دستیابی به نتایج پژوهش شاید بیش از چند دهه زمان صرف می‌شود. حتی ممکن است نتیجه همان چیزی نباشد که انتظارش را داریم، چرا که تحقیق و پژوهش در خصوص یک فناوری جدید گاهی منتج به این می شود که دستیابی به فناوری مدنظر ممکن نیست و یا در مراحل پژوهش یافته‌ها مغایر با اهدافی است که قبل از شروع پژوهش مدنظر تیم تحقیقاتی بوده است. تجربه ثابت کرده است که هر زمان به فعالیت‌های پژوهشی و تحقیقاتی فرصت کافی داده شده، نتیجه قابل اطمینان حاصل شده است.

آنچه که در صفحات پیش‌رو خواهید خواند، نمونه بارزی از موفقیت یک طرح پژوهشی است. طرحی که با صرف زمانی نزدیک به ده سال، تیم تحقیقاتی موفق به کسب دانش فنی دستگاه جریان سنج چند فازی در کشور شده شده است. دستگاهی که به باور تمامی کارشناسان بالادستی صنعت نفت، ابزاری مهم و اساسی برای تعیین میزان تولید چاه‌های نفتی و به تبع آن دستیابی به رفتار مخازن زیرزمینی هیدروکربوری پس از شروع بهره برداری می‌باشد. نکته مهم این طرح بزرگ، تست میدانی موفق آن در یک منطقه عملیاتی است. بدین معنی که این فناوری بومی آخرین مرحله بلوغ و اثبات فناوری را نیز طی کرده و چالش‌های طراحی آن در شرایط واقعی عملیات نمایان شده است.

مطالب پیش‌رو، گزارش صفر تا صد مراحل طراحی، مهندسی، تهیه و تولید نرم‌افزار تخصصی، ساخت، راه اندازی و تست میدانی موفق دستگاه جریان سنج چند فازی مدل VG می‌باشد که با تلاش کارشناسان مجرب شرکت دانش بنیان پتروفن آوری پایا با برند تجاری Petroyatech و با تکیه بر حداکثر توان داخلی ساخته شده و هم اکنون در مناطق عملیاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جریان سنج چندفازی مدل VG MPFM
از ایـــــده تا میدان

چرا جریان سنج چندفازی (MPFM)؟

جریان سنج چندفازی سرچاهی (MPFM) از نیازهای اساسی صنعت نفت برای اندازه گیری میزان تولید نفت و گاز در سیال چندفازی خروجی از چاه‌ها می‌باشد. این تجهیز نرخ جریان سه فاز آب، نفت و گاز را به‌صورت جداگانه و بر خط و بدون نیاز به جدایش فازها اندازه گیری می کند. در دو دهه اخیر جریان سنج چندفازی جایگزین تفکیک گرهای سرچاهی شده که علاوه بر تسهیل فرآیند اندازه گیری و کاهش هزینه‌ها، اطلاعاتی نظیر نرخ جریان، کسر مقطعی فازها و تغییرات لحظه‌ای نرخ جریان در خط را به‌صورت پیوسته در اختیار کاربر قرار می‌دهد که با روش سنتی استفاده از تفکیک گر سیار، این امکان فراهم نمی باشد. داده‌های اندازه گیری شده توسط دستگاه جریان‌سنج چندفازی برای مانیتورینگ و بهینه سازی تولید نفت و گاز از چاه‌های با میدان مشترک و خطوط مشترک تولید برای چندین چاه، مدیریت مخازن، چاه آزمایی و تبادلات مالی بین واحدهای مختلف بهره برداری و تولید، کاربرد دارد. اهمیت این تجهیز برای صنعت نفت واضح و مبرهن هست و نیازی به توضیح بیشتر در این خصوص نمی باشد. آنچه در این مقاله به آن می پردازیم تاریخچه بومی سازی این فناوری در کشور توسط شرکت پتروفناوری پایا با برند تجاری Petroyatech می‌باشد. در جدول زیر برخی از مزایای استفاده از جریان سنج چندفازی نسبت به تفکیک گر آزمایشی ارائه شده است. با توجه به موارد ذکر شده، استفاده از جریان سنج چندفازی در سکوهای دریایی که معمولا با کمبود فضا نیز مواجه هستند، می‌تواند جایگزین مناسبی برای تفکیک گرهای آزمایشی باشد. همچنین از دیگر مزایای استفاده از جریان سنج چندفازی نسبت به تفکیک گر آزمایشی عدم نیاز به سوزاندن یا Flaring است که از جنبه محیط زیستی بسیار حایز اهمیت می‌باشد.

Item	VG MPFM	Separator Package	Impact
Space & Weight	Light and portable	Bulky and Heavy	• Less footprint • No additional flow conditioner • Simple installation • Easy mobilization
Piping	1 meter and 1 set of pup joints	Separator, sets of piping, pumps, surge tanks, Flaring, etc.	• Cost saving • Fast rig up/ down • No flaring/ pumping
Operation	Just commissioning needed then it could be remotely operated	Large number of crew needed to operate	• Reduce operational cost specially in offshore platforms
Timing	< 0.5 days rig up/down	5 days rig up/ down	• Less operational and standby costs • Less rig time • Quick and safe operation
Uncertainty	±5%	±15%	• Accurate data
Results	Continues dynamic response	Imperfect separation	• No separation needed • Slug regime detection • Flow regime independent

فناوری جذب سنجی هسته‌ای در MPFM

برای اندازه گیری نرخ جریان در یک جریان سنج چندفازی لازم است سرعت و کسر فازها اندازه گیری شود. ابزارهای مختلفی نظیر لوله ونتوری و صفحه اوریفیس برای اندازه گیری سرعت سیال در لوله به کار می‌رود. اغلب جریان سنج‌های چندفازی موجود در بازار برای اندازه گیری سرعت فاز از لوله ونتوری استفاده می‌کنند. فناوری‌های متعددی نیز برای اندازه گیری کسر فازها به کار گرفته شده است که در این میان فناوری جذب سنجی پرتو گاما بیشترین دقت را برای اندازه گیری کسر گاز ارائه می‌دهد. از فناوری‌های دیگری نظیر اندازه گیری امپدانس یا جذب سنجی امواج الکترومغناطیسی و مایکروویو نیز برای اندازه گیری کسر فازهای سیال استفاده می‌شود. مهم‌ترین مزیت‌های استفاده از تکنولوژی جذب سنجی هسته‌ای نسبت به سایر روش‌ها به شرح زیر می‌باشد:

۱- دقت اندازه گیری بالا و در نتیجه حساسیت بالای میزان تضعیف اشعه برای سیال مایع نسبت به گاز

۲- کالیبراسیون ساده و کم هزینه

۳- مستقل بودن اندازه گیری از رژیم جریان

۴- مستقل بودن اندازه گیری از ترکیب گاز و نوع محتوای معدنی املاح حل شده در آب

۵- مستقل بودن از میزان امولسیون فاز مایع و نفت‌های Foamy

علاوه بر این، مزیت عمده به کارگیری جذب سنجی گاما در مقایسه با روش هایی که مبتنی بر جدایش فازها به‌صورت پیوسته کار می کنند (مانند روش GLCC) این است که میزان گاز حل شده در فاز مایع و در حالت کلی نحوه اختلاط فازها، تاثیری بر عملکرد چگالی سنج گاما ندارد و نرخ جریان و گرانروی سیال و تغییرات شدید کسر فازها عملکرد آن را تحت تاثیر قرار نمی دهد. به همین دلیل است که غالب جریان سنج‌های چندفازی در دنیا، نظیر برندهای Vx Schlumberger، Pietro Fiorentini، Roxar و Haimo، مبتنی بر جذب‌سنجی گاما می‌باشند.

Item	Vx Schlumberger	Pietro Fiorentini	Roxar	Agar	Haimo	VG MPFM
Gas Fraction Method	☢	☢	☢	Non-Radioactive	☢	☢

تاریخچه MPFM و ایده اولیه ساخت VG MPFM

نیاز به اندازه گیری نرخ جریان نفت و گاز تولیدی از زمان پیدایش نفت وجود داشته است. در دهه‌های گذشته تفکیک گر چندفازی سیار برای این منظور مورد استفاده بوده است که با مزیت اندازه گیری شهودی محدودیت‌های متعددی نیز برای کاربر داشته است. در دهه ۹۰ میلادی اولین نمونه‌های جریان سنج چندفازی تجاری با هدف رفع محدودیت تفکیک گرها و با امکان اندازه گیری پیوسته و برخط جریان وارد بازار شد که در طی دو دهه از سال ۲۰۰۰ میلادی تاکنون تعداد دستگاه‌های جریان سنج چندفازی نصب شده در دنیا به بیش از ۱۰ هزار دستگاه رسیده است. فناوری ساخت این تجهیز دارای پیچیدگی هایی است و به همین دلیل تعداد تولیدکنندگان این محصول در بازار انگشت شمار است. نیاز صنعت نفت کشور نیز در دو دهه گذشته انگیزه برخی محققین برای تحقیق و توسعه در زمینه عملکرد و نحوه ساخت این تجهیز بوده است. ایده اولیه طراحی و ساخت جریان سنج چندفازی مدل VG MPFM با تعریف یک رساله دکتری در دانشکده مهندسی انرژی و فیزیک دانشگاه صنعتی امیرکبیر در سال ۱۳۹۰ آغاز گردید و طی مدت ۸ سال کسب دانش فنی در سال ۱۳۹۸ نمونه نیمه صنعتی دستگاه جریان سنج چندفازی ساخته شد. در ساخت این دستگاه از فناوری‌های جذب سنجی هسته‌ای و طیف سنجی مایکروویو برای اندازه گیری کسر فازها و سرعت فازها استفاده شده است.

تحقیق و توسعه و تجاری سازی VG MPFM

فلولوپ سه فازی آزمایشگاهی

تحقیق و توسعه پایه و اساس فعالیت‌های دانش بنیان و توسعه فناوری می‌باشد. برای طراحی و ساخت دستگاه جریان سنج چندفازی مدل VG MPFM یک فاز تحقیق و توسعه و طراحی و نمونه سازی در مدت ۸ سال به انجام رسیده است. ترکیبی از علوم مهندسی مختلف برای طراحی این تجهیز به کار گرفته شده و هر پارامتر طراحی با کمک نرم افزارهای مهندسی تحلیل و بررسی شده است تا اهداف طراحی با لحاظ هزینه، زمان، امکانات ساخت در داخل کشور و انتظارات کاربر از عملکرد تجهیز برآورده گردد. در نیمه نخست سال ۱۳۹۸ نمونه نیمه صنعتی دستگاه VG MPFM، مطابق با الزامات عملکردی و استانداردهای محصول ساخته شد. پس از ساخت نمونه نیمه صنعتی، ارزیابی اولیه نمونه تولیدی بر اساس عملکرد بخش‌های مختلف آن صورت گرفت ولی برای ارزیابی عملکرد یکپارچه به یک فلولوپ سه فازی نیاز بود. بر این اساس، بررسی جامعی بر روی فلولوپ‌های تجاری دنیا و تعیین الزامات فنی، ساختاری و عملکردی صورت گرفت و یک فلولوپ آزمایشگاهی با نام تجاری Petroyatech PetroLoop در سال ۱۴۰۰ برای کالیبراسیون و ارزیابی عملکرد VG MPFM تولیدی شرکت پترو فناوری پایا، تجهیز و راه اندازی شد. به موازات طراحی و اجرای آزمایشگاه فلولوپ سه فازی، طراحی و ساخت نمونه صنعتی VG MPFM نیز از سال ۱۳۹۸ آغاز گردید که منجر به ساخت یک نمونه صنعتی سایز ۳ اینچ با اسکید و با برند Petroyatech در سال ۱۴۰۰ گردید.

لازم به ذکر است که تمامی مراحل تولید، ارزیابی و استاندارد سازی این محصول، کاملا متکی بر دانش و امکانات داخلی بوده و بالغ بر ۹۰ درصد مواد اولیه و قطعات ساخت این دستگاه از بازار داخل تامین می گردد.

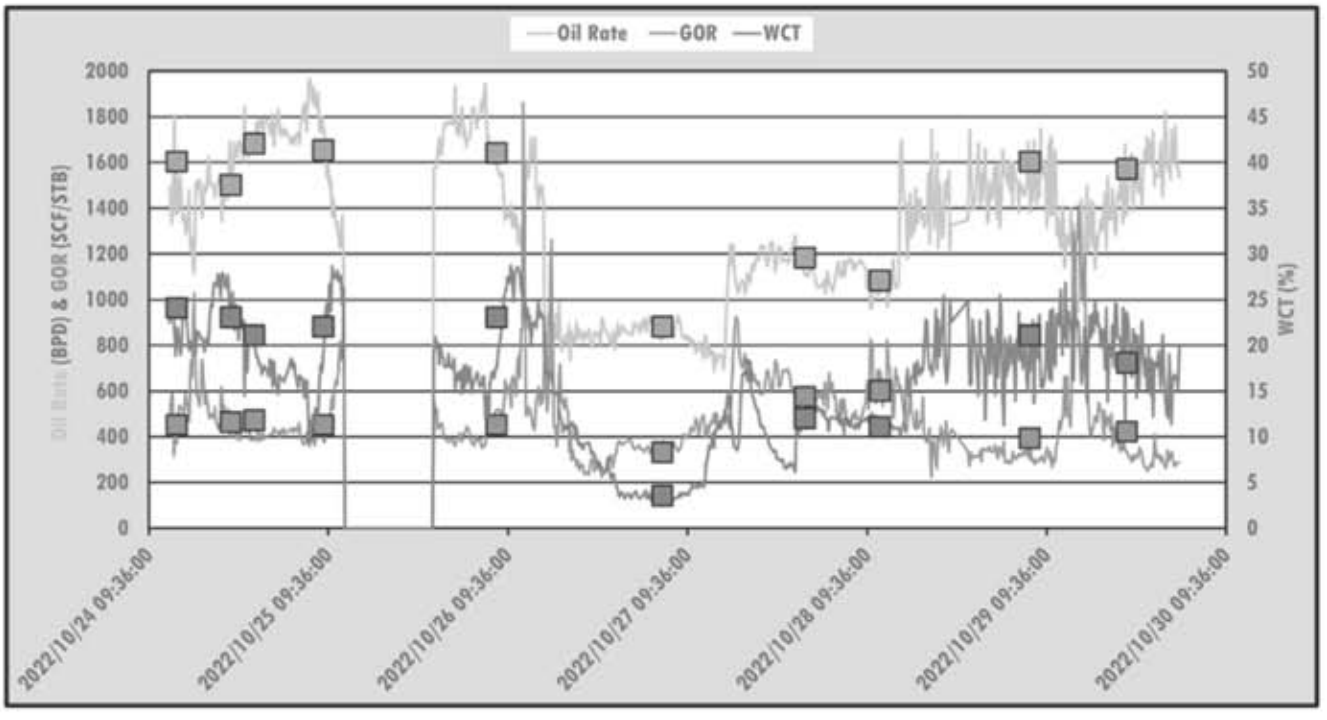
استانداردسازی

پس از ساخت نمونه صنعتی دستگاه VG MPFM، ارزیابی و تطابق با الزامات استانداردهای ملی و بین المللی نظیر الزامات کار در ناحیه انفجاری مطابق با استانداردهای سری EN۶۰۰۷۹ و اخذ گواهینامه ATEX محصول، الزامات ایمنی محصول در تطابق با استاندارد EN۶۱۰۱۰-۱، الزامات سازگاری الکترومغناطیسی در تطابق با استاندارد EN۶۱۳۲۶، ایمنی پرتوی و عملکرد کانتینر چشمه گاما در تطابق با استاندارد IEC۶۲۵۹۸، ارزیابی چگالی سنج گاما مطابق با استاندارد IEC۶۰۶۹۲، الزامات انتخاب متریال برای بدنه تجهیز در تماس با سیال مطابق با NACE MR۰۱۷۵، الزامات کار در شرایط دما و فشار خط و آزمون‌های دما و فشار مطابق با شرایط عملیاتی مورد انتظار، ارزیابی عملکردی تجهیز مطابق با ISO/TS۲۱۳۵۴ در آزمایشگاه فلولوپ Petroyatech PetroLoop و ارزیابی‌های عملکردی بخش‌های مختلف تجهیز برای محاسبه عدم قطعیت، تکرارپذیری، تعیین رزولوشن و گستره اندازه گیری در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ بر روی محصول تولید شده انجام گرفت و دستگاه جریان سنج چندفازی تولیدی در نیمه دوم سال ۱۴۰۱ آماده تست میدانی گردید.

ارزیابی عملکرد و تست میدانی

انجام آزمون‌های ایمنی و عملکردی تجهیز در محیط آزمایشگاه شرط لازم برای پذیرش محصول برای ورود به بازار و کار در شرایط واقعی می‌باشد. به هر حال این احتمال وجود دارد که محصول در محیط واقعی و شرایط عملیاتی، عملکردی متفاوت از محیط آزمایشگاه داشته باشد و بخشی از بلوغ فناوری و توسعه محصول در محیط واقعی و شرایط عملیاتی میدان اتفاق افتد. لذا با همکاری شرکت نفت و گاز اروندان، تست میدانی VG MPFM تولیدی شرکت پتروفن آوری پایا در میدان نفتی آزادگان شمالی بر روی چند حلقه چاه در شرایط عملیاتی مختلف در پاییز سال ۱۴۰۱ انجام شد. چاه هایی برای تست میدانی کاندید گردید که تولید طبیعی و تولید با فرازآوری گاز داشت. چاه‌ها از مخازن مختلف با کسر آب تولیدی مختلف و همچنین خواص سیالاتی مختلف انتخاب شد(نفت سبک و نفت سنگین فومی Foamy). در نهایت تجهیز در شرایط عملیاتی با کسر گاز تولیدی تا ۹۸ درصد، درصدهای مختلف آب، سیالات با گرانروی پایین و بالا از دو مخزن نفتی متفاوت و همچنین اندازه گیری برای سایزهای مختلف کاهنده برای هر چاه در مقایسه با داده‌های تفکیک گر چندفازی به‌صورت همزمان و متوالی در خط تولید برای بازه‌های زمانی مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. آنچه از عملکرد نمونه‌های تجاری دستگاه جریان سنج چندفازی موجود در بازار مطابق با اسناد فنی منتشر شده توسط شرکت‌های سازنده و آزمایشگاه‌های مرجع انتظار می‌رود میزان عدم قطعیت تا ۱۰ درصد نسبی برای نرخ جریان فاز مایع، میزان عدم قطعیت تا ۲۰ درصد نسبی برای نرخ جریان فاز گاز و میزان عدم قطعیت تا ۵ درصد مطلق برای کسر آب در مایع نسبت به داده‌های تفکیک گر و همچنین نتایج آزمایشگاه مرجع می‌باشد.

نتیجه ارزیابی VG MPFM تولیدی شرکت پترو فناوری پایا در میدان آزادگان شمالی در مقایسه با تفکیک گر چندفازی و داده‌های آزمایشگاه، اختلاف نتایج نرخ جریان فاز مایع کمتر از ۵ درصد، اختلاف نتایج نرخ جریان فاز گاز کمتر از ۱۰ درصد و اختلاف نتایج کسر آب تولیدی کمتر از ۲ درصد برای چاه‌های کاندید شده در شرایط مختلف تست بود. فرآیند تست میدانی محصول علاوه بر آزمایش عملکردی محصول، تجارب و درس آموزه‌های بسیاری برای تیم عملیات و مهندسی شرکت داشته است که با همکاری تیم کارشناسی کارفرما در فرآیند ارزیابی میدانی حاصل شده است. اطمینان از تداوم عملکرد صحیح تجهیز در دمای محیطی بالاتر از ۶۰ درجه سانتی گراد و رطوبت بالاتر از ۹۰ درصد به‌صورت پیوسته و بدون وقفه نیز از نتایج تست میدانی تجهیز در میدان آزادگان بود. پس از انجام تست میدانی در شرایط عملیاتی مختلف و مقایسه نتایج عملکرد، دستگاه VG MPFM تولیدی شرکت پترو فناوری پایا موفق به دریافت تاییدیه عملکرد از واحد مهندسی شرکت نفت و گاز اروندان گردید. پس از دریافت این تاییدیه، عملیات چاه آزمایی بر روی بیش از ۱۰۰ حلقه چاه در میدان آزادگان شمالی و جنوبی آغاز شده است و تیم عملیات شرکت پتروفناوری پایا و دستگاه VG MPFM این شرکت تاکنون توانسته است رضایت کامل کارفرما را در این خصوص جلب نماید.



تنوع محصول

اولین نمونه صنعتی VG MPFM بر اساس شرایط عملیاتی چاه‌های منطقه نفتی آزادگان با سایز ۳ اینچ و به‌صورت skid mounted تولید گردید. پس از انجام عملیات چاه آزمایی بر روی چند ده حلقه چاه و بنا به نیاز عملیاتی سیار بودن محصول برای سهولت جابجایی، تیم مهندسی شرکت پترو فناوری پایا اقدام به طراحی و ساخت یک تریلر سبک برای دستگاه تولیدی نمود که سبب سهولت جابجایی پکیج چاه آزمایی با دستگاه VG MPFM و کاهش هزینه‌های عملیاتی و افزایش سرعت چاه آزمایی شد.
در حال حاضر سه پیکربندی برای VG MPFM توسط شرکت پترو فناوری پایا تولید مشخصات فنی محصول در جدول انتهایی ارائه شده است.

پیکربندی برخط ((Inline MPFM:
برای نصب دائم سرچاهی با حداقل حجم و وزن

پیکربندی با اسکید (Skid-Mounted MPFM)

برای کاربری سیار و نصب سرچاهی در خشکی یا سکو و با ساختاری مقاوم برای حمل و جابجایی، تجهیز به صورت تجمیع شده طراحی شده است

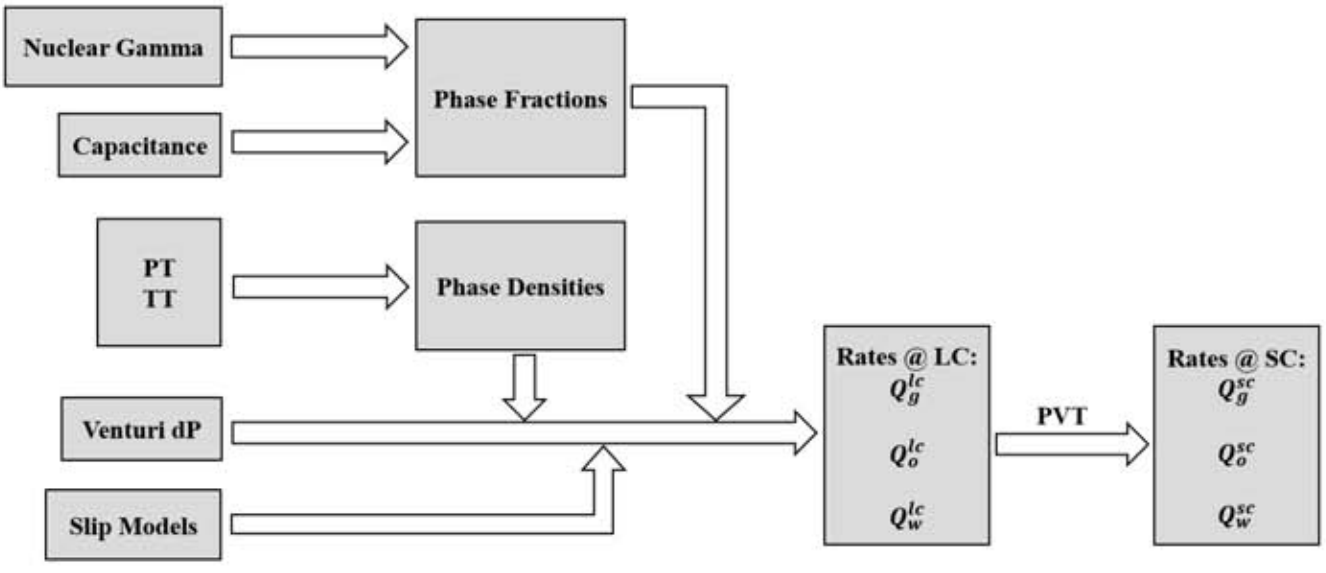
پیکربندی سوار شده بر روی تریلر سبک (Truck-Mounted MPFM)

این ساختار امکان جابجایی دستگاه و تجهیزات جانبی آن را بدون نیاز به جرثقیل و در حداقل زمان فراهم می کند.

نوع پیکربندی مناسب بر اساس کاربرد و نیاز عملیاتی تعیین می گردد.

نرم افزار VG MPFM

از مزایای جریان سنج چندفازی در مقایسه با تفکیک گر آزمایشی، ارائه گزارش لحظه‌ای داده‌های جریان چاه می‌باشد. داده‌های جمع آوری شده از تمامی سنسورها (ترنسمیترهای دما، فشار و اختلاف فشار، آشکارساز تابش هسته‌ای و سنجشگر درصد آب) در نرم افزار VG MPFM تحلیل و پردازش می‌شود و خروجی بر خط پارامترها به صورت لحظه‌ای در نرم افزار قابل نمایش و تفسیر می‌باشد؛ از جمله موارد زیر:



(دیاگرام محاسبات داده در نرم افزار VG MPFM)

۱- تغییرات خواص سیال در شرایط خط شامل چگالی و گرانروی فازها در دما و فشار خط
۲- اطلاعات نرخ جریان حجمی و جرمی سیال شامل نرخ جریان نفت و آب و گاز در شرایط خط به‌صورت جداگانه، نرخ جریان نفت و آب و گاز در شرایط استاندارد (شرایط تفکیک گر)، کسر مقطعی فازهای نفت و آب و گاز در لوله در شرایط خط، نسبت نرخ جریان فازها و کسر مقطعی فازها در شرایط خط و استاندارد نظیر کمیت‌های Gas Holdup، WLR، WCT، GVF، GOR، جریان تجمعی سیال در بازه‌های زمانی مورد نظر به‌صورت حجمی و جرمی
۳- الگوهای تغییرات کمیت‌های شرایط سیال در خط و داده‌های نرخ جریان برای شناسایی رفتار سیال در خط و رژیم جریان
۴- ثبت و نمایش خروجی داده‌های اشاره شده در بالا در فرمت‌های زمانی ثانیه، دقیقه، ساعت، روز و یا ضریبی از این بازه‌های زمانی
۵- قابلیت نمایش هم‌زمان چندین کمیت بر روی یک گراف جهت آنالیز رویدادهای زمانی و بررسی اثرات کمیت‌های مختلف بر روی یکدیگر بطور مثال تاثیر دمای سیال و فشار خط بر روی نرخ جریان فازها

زمینه فعالیت شرکت پترو فناوری پایا

حوزه اصلی فعالیت شرکت دانش بنیان پترو فناوری پایا تولید جریان سنج چندفازی و ارائه خدمات اندازه گیری جریان سیال و چاه آزمایی با دستگاه جریان سنج چندفازی است. هدف این شرکت ارائه بهترین راه حل برای نیازهای عملیاتی کارفرما در زمینه اندازه گیری سیالات چندفازی می‌باشد. شرکت پترو فناوری پایا دستگاه جریان سنج چندفازی با پیکربندی Inline جهت نصب دائم بر روی خطوط انتقال نفت، سرچاه، منیفولد یا کلاستر و با پیکربندی Skid-Mounted و Truck-Mounted برای پکیج‌های عملیات چاه آزمایی تولید می‌نماید. پکیج‌های عملیات چاه آزمایی شرکت پترو فناوری پایا شامل یک دستگاه جریان سنج چندفازی، تجهیزات و ابزار اتصال به خط، تجهیزات کالیبراسیون تجهیز VG MPFM و ابزار و تجهیزات ایمنی می‌باشد که به همراه یک تیم عملیاتی شامل یک سرپرست عملیات، یک مهندس VG MPFM و دو نفر تکنسین آماده ارائه خدمات میترینگ سرچاهی به شرکت‌های نفتی می‌باشد.

اعتمادسازی و تعهد در مقابل ریسک پذیرش فناوری

در یک دهه گذشته شاهد بهبود ارتباط و پیوند بین دانشگاه و صنعت بوده ایم که ظهور اکوسیستم استارتاپ و پرورش کسب و کارهای دانش بنیان سهم عمده‌ای در این بهبود داشته‌اند. سیاست گذاری در این مسیر با هدف کاستن شکاف بین خروجی سیستم آموزشی در دانشگاه و ورودی مورد نیاز صنعت و تطبیق این دو بوده است که شاهد بخشی از نتایج آن در سال‌های اخیر بوده ایم. ظهور مجموعه هایی نوپا از تازه فارغ التحصیلان دانشگاه‌ها که گاهی با حضور افراد خبره‌ای از صنعت و یا نخبگانی از مرز مشترک دانشگاه و صنعت توانسته اند با خلق یک راه حل، چه سخت افزاری و چه نرم افزاری، پاسخگوی نیازی از صنعت باشند. آنچه از بلوغ این توسعه انتظار داریم کاهش زمان، هزینه و ریسک برای فرآیندها و افزایش بهره وری، کیفیت و توسعه پایدار برای صنعت می‌باشد. جایی که صنعت به کسب و کارهای نوپا و شرکت‌های دانش بنیان اعتماد کرده و شرایط را برای توسعه و بلوغ آنها فراهم می کند در واقع مسیر حل چالش‌های خود را هموار نموده و سبب توسعه دوجانبه می گردد. لذا برای پذیرش یک فناوری و به کارگیری آن در دل فرآیندهای جاری باید بیش از آنچه نیاز به آن فناوری وجود دارد، انگیزه و جدیت برای پذیرش و مدیریت ریسک به کارگیری فناوری جدید وجود داشته باشد. یکی از حلقه‌های اساسی زنجیره تجاری سازی فناوری‌های جدید، وجود سازمان‌ها و مدیران ریسک پذیر و پرتلاش و دلسوز است که حاضرند برای صنعت خود تلاشی دوچندان با صرف انرژی و اعتبار برای پذیرش فناوری‌های جدید از جانب شرکت‌های دانش بنیان و عموما نوپا داشته باشند.

ارتباط بین شرکت‌های دانش بنیان و کارفرمای دولتی عموما از جانب تسهیل گری حاکمیتی و حمایتی به‌صورت یک طرفه دیده شده است. آنچه اهمیت ویژه‌ای برای تداوم و تقویت این ارتباط در تکامل اکوسیستم نوآوری هدفمند دارد (با هدف به کارگیری خلاقیت، نوآوری و فناوری در راستای حل یکی از چالش‌های موجود صنعت)، شکل گیری اعتماد متقابل است. این اعتماد از دو سو به عنوان یک نیاز و التزام است. شرکت دانش بنیان برای تداوم فعالیت چاره‌ای جز تولید و فروش و درآمد با نتیجه سودآوری ندارد و صنعت نیز چاره‌ای جز تامین نیازهای فناورانه خود از شرکت‌های دانش بنیان ندارد. به عنوان یکی از الزامات این اعتماد دوسویه تعهدی است که شرکت در قبال ارائه محصولات خود به مشتریان دارد.

شرکت دانش بنیان پترو فناوری پایا پذیرفته که با ورود به صنعت برای خود تعهد ایجاد نموده است و در مسیر رشد و توسعه محصولات و توانمندی فنی و عملیاتی خود که با کمک صنعت حاصل می‌شود، به این تعهد پایبند می‌باشد.

General		
Configurations	Spool-Piece Inline Permanent Installation, Skid-Mounted Relocatable/Mobile MPFM, Truck-Mounted Service MPFM Package, Multi-size Venturi Option	
Sour Service Specification	NACE MR0175/ISO15156	Wetted Parts
Meter Body and Structure		
Inlet Pipe Size	2 to 6-inch	
Interface Connections	ANSI Flange/Wing union	
Venturi Tube	Comply with ISO 5167-4	
Venturi Beta Ratio	0.4 to 0.6	
Wetted Material	SS316L	
OPERATING RANGE		
Design Pressure	0-3000 psi (5000 psi Option)	
Design Temperature	-20-120 ℃ (Wider Range Option)	
Ambient Temperature	-20-55 ℃ (Wider Range Option)	
Water cut Measuring Range	0-100%	
Gas Volume Fraction Range	0-98%	
Liquid Flow Rate	Refer to VG Operating Envelope	
Oil Viscosity	0.01-2000cp	
TRANSMITTERS		
Transmitters	Differential Pressure, Pressure and Temperature (MVT Option)	
Connection	Impulse Tubing/Capillary/Isolated Valve (Thermowell Coupled TT)	
Communication	4-20 mA HART	
Calibrated Range	0-5000 mbar DPT, 0-270 bar PT, -20-150 ℃ TT	
Wetted Material	SS316L	
Certification	EEx ia IIC T4/T5/T6	
GAMMA DENSITOMETER		
Radiation Source	Cs-137 (<10 mCi)	
Source Container	GAMMSHIELD, Complies with IEC 62598	
Gamma Detector	GAMMEX-II, High Sensitivity & Temperature Controlled Scintillation ATEX Ex-d (Explosion Proof according to EN60079-0 & EN60079-1)	
Radiation Leakage	< 1 μSv/h @1m Distance (Class7, IEC 62598)	
WATER CUT METER		
Measuring Technique	Impedance/Resonance Wide-band Spectroscopy	
Water cut Probe Body Material	SS316L	
Certification	ATEX Ex-ia (Intrinsic Safety according to EN60079-0 & EN60079-14)	
COMMUNICATION		
Local Field Display	HMI Option	
Operator PC to Meter	MODBUS TCP (Wireless Option)	
Remote Access to Meter	MODBUS TCP/IP (Remote Access Option)	
POWER SUPPLY		
Supply Voltage	20-30 VDC (24VDC Nominal)	
Power Consumption	Max. 120 W	

طرح توسعه میدان‌های نفتی سیری

چالش معکوس توتال و توانمندی شرکت‌های ایرانی

سال ۱۹۹۸ مدیر منطقه‌ای شرکت فرانسوی توتال در خاورمیانه، در مصاحبه‌ای با هفته نامه نفتی «پترولیوم ارگوس" چاپ لندن، تنها مشکل پروژه توسعه میدان اسفند در منطقه سیری را بخش کوچکی از فعالیت‌های پروژه دانست که مجبور بوده است به شرکت‌های ایرانی واگذار کند. در آن پروژه بیع متقابل، توتال مطالعات بالادستی، مهندسی وطراحی حفاری، تامین تجهیزات و سرویس‌های مورد نیاز، تامین و استقرار دکل حفاری دریایی، اجرای عملیات حفاری وتکمیل و راه اندازی این میدان نفتی در جزیره سیری را برعهده داشت.

با گذشت بیش از ۲۰ سال از تحویل پروژه توسط شرکت توتال و مشکلات زیادی که برای تولید پایدار از چاه‌های این میدان نفتی وجود داشت، طرح توسعه میدان اسفند به عنوان یکی از پر چالش ترین میادین نفتی دریایی، در قالب اولین بسته نگهداشت و افزایش تولید، توسط شرکت ملی نفت ایران به شرکت توسعه پترو ایران واگذار شد. Collaps شدن برخی از چاه‌ها به دلیل مشکلات طراحی لوله‌های جداری، رسوب گذاری شدید چاه‌ها به دلیل عدم پیش بینی این مشکل در مطالعه قبلی، ساختار پیچیده زمین شناسی و عدم امکان استقرار دکل حفاری برای تعمیر برخی از چاه ها، از جمله چالش‌های این میدان بود که امکان موفقیت طرح‌های توسعه‌ای را با ریسک زیادی همراه می کرد. محدودیت‌های بین المللی برای استفاده از تکنولوژی‌های خارجی و تجهیزات وخدمات مورد نیاز برای رفع چالش‌های نامتعارف این میدان نیز ریسک موفقیت پروژه را بیشتر کرده بود.

این بار خبری از شرکت‌های خارجی توتال وشل و سرویس کمپانی‌های خارجی برای پشتیبانی از عملیات حفاری تعمیر و راه اندازی چاه‌ها نبود و این برای میدانی که یکبار تجربه توسعه توسط خارجی‌ها را داشت، قدری پیچیده می‌شد. مطالعات مخزن، طراحی و مهندسی، پشتیبانی، نظارت و اجرای کلیه عملیات، این بار بر عهده متخصصین داخلی بود. طراحی و محاسبات مهندسی باید به گونه‌ای دقیق و بدون اشکال انجام می‌شد تا مشکلات قبلی چاهها این بار توسط داخلی‌ها برطرف شود.

سخت بود برای میدانی که یک بار توتال با همه توانش آن را امتحان کرده بود وکماکان مشکلاتش پابرجا بود. تمام توان داخلی‌ها به کار گرفته شد. مطالعات قبلی، توان کارشناسان مجرب شرکت نفت فلات قاره، تجربیات پتروایران در توسعه میدان نصرت که در نزدیکی این میدان قرارداشت. همه این‌ها در کنار هم جمع شد تا بلکه راهکاری برای رسوب گذاری چاه‌ها پیدا شود. مهندسین مجرب حفاری چیدمان لوله‌های جداری را مجددا طراحی کردند تا از Collaps شدن مجدد چاه‌ها جلوگیری کنند. سابقه کم نظیر پتروایران در تامین سرویس‌های یکپارچه حفاری در پروژه‌های قبلی کمکی شد برای اینکه بعد از چند دهه امکان استقرار دکل بر روی برخی چاهها فراهم شود. سرویس‌های حفاری که باید تمامی آنها در شرایط تحریم از امکانات داخلی استفاده می‌شد، با دقت انتخاب شد تا عملیات حفاری، تعمیر، تکمیل و راه اندازی چاهها برای تحقق ۱۶ هزار بشکه افزایش تولید عملی شود.

سخت بود، ولی انجام شد. به نحوی که فقط کمتر از ۱۵ درصد برخی تجهیزات از منابع خارجی تامین شد. تجهیزات سر چاهی، وسایل تکمیل درون چاهی، لوله‌های جداری و تجهیزات جانبی حفاری و همه تجهیزات وکالاهایی که امکان ساختش در داخل بود، از سازندگان توانمند داخلی تهیه شد.

سخت بود، شاید بدلیل تمامی مشکلاتی که وجود داشت کمی زمان تعمیر وراه اندازی چاهها طولانی تر از زمان بندی هم شد، ولی انجام شد.

سخت بود، ولی افزایش تولید محقق شد آن هم با توان داخلی، تا مدیران توتال بدانند که اگر دو دهه پیش سپردن بخش کوچکی از پروژه توسط ایرانی‌ها برای آنها دردسرساز بود، این بار ایرانی‌ها تمام پروژه را خودشان انجام دادند و شاید تنها مشکل این پروژه بخش کوچکی بود که مجبور بودند از منابع خارجی تامین کنند.

اجرای صددرصدی تعهدات تزریق و تولیداولین پروژه EPDF فراساحلی توسط شرکت DCI در خلیج فارس

شـرکت دیریلینگ اینترنشـنال لیمیتد (DCI) به عنـوان یکی از شـرکتهای گروه توسـعه پترو ایران در سـال ۱۳۸۸ شمسـی (۲۰۰۹ میلادی) با هـدف تأمین نیاز طرح‌های توسـعه میادین نفـت و گاز در زمینههـای تامین دسـتگاههای حفاری دریایی و مدیریت یکپارچه خدمات حفاری IDS تأسـیس شـده است، این شرکت برای اولین بار در تاریخ انجام پروژه‌های فراساحلی EPDF موفق شد تعهدات صد در صدی تزریق و تولید پروژه تامین خدمات مهندسی، خرید کالا، حفاری و راه اندازی چاه‌های میادین اسفند و سیوند منطقه سـیری خلیج فارس و تامین مالی پروژه را با موفقیت با همکاری شرکت نفت فلات قاره ایران به عنوان کارفرما به انجام رسانده و برگ زریـن دیگری بر افتخـارات خود بیافزاید. در همین راسـتا طرح نگهداشـت و افزایش تولید میدان‌های اسفند و سـیوند در تاریخ ۱۵ بهمن ۱۴۰۱ همزمان با یوم الله دهه فجر با حضور مهندس جواد اوجی وزیر محترم نفت، دکتر محسن خجسته مهر مدیر عامل محترم شـرکت ملی نفت ایران، دکتر مهدی زاده مدیر عامل محترم شرکت نفت فلات قاره ایران، مهندس سپهری مدیر عامل محترم شرکت توسعه پترو ایران و جمعی از مدیران کشوری، در ارتباطی ویدیو کنفرانسی به بهره برداری رسید که در این مراسم از مدیریت شرکت نفت فلات قاره و شـرکت پترو ایران و پیمانکاران این طرح بـرای حفاری و تعمیـر چاههای مذکـور و افزایش ظرفیـت تولید و تزریق کشور قدردانی و تشـکر شـد. درمورد ابعاد فنی این پروژه که در یکی از سخت ترین میادین دریایی کشور از نظر عملیات حفاری با موفقیت انجام شد، گفتگویی با دکتر حمید رضا ثقفی؛ مدیر عامل شرکت DCI و مجری پروژه سیری انجام شد که در این گفتگو، شرح کلی، اقدامات انجام شـده و همچنین موفقیت‌های حاصل شده طی پروژه سیری تشریح شد. آنچه در ادامه می خوانید حاصل این گفتگوی چند ساعته است که از زبان دکتر ثقفی بیان شده است.

تشریح کلی پروژه سیری:

میادین سیوند و اسفند در نزدیکی جزیره سیری در خلیج فارس واقع گردیده اند و شـرکت نفت فلات قاره ایران در اسـفند ماه سـال ۱۳۹۶ بمنظـور انجام خدمات مهندسـی، خرید کالا، حفاری و راه اندازی چاههای میادین اسفند، دنا و سیوند با تامین مالی (بصورت EPDF) در منطقه سـیری اقدام به برگزاری مناقصه محدود و دو مرحله‌ای نمود که پس از ابلاغ شروع به کار این پروژه، شرکت DCI اجرای پروژه سـیری را در مرداد ماه ۱۳۹۸ مطابق با شـرح کار قرارداد و با بهره گیری از دو دکل ملکی DCI-۱ و DCI-۲ و دکل اجاره ایی Well Target ۲ آغـاز نمود و تا مرداد ماه ۱۴۰۱، این شرکت موفق به اتمام عملیات حفاری و تکمیل مجموعاً ۱۰ حلقه چاه تولیدی و تزریقی در میدان سـیوند (سـکوهای نصر-۵ و نصر-۶) و میدان اسفند (سـکوهای ایلام-۱ و ایلام-۳) گردید. که این امر موجب به افزایش پتانسیل تولید نفت بـه میزان ناخالـص بیـش از ۱۶ هزار بشـکه در روز و افزایش پتانسـیل تزریق تقریبی ۱۰ هـزار بشـکه آب در روز و درآمد تخمینـی بیش از ۵۵۰ میلیـون یورو تا انتهای سال ۱۴۰۱ در میدان سیری در راسـتای تولید صیانتی تا به امروز بر اساس میانگین قیمت نفت در دوره تولید شده است.

به عبارت دیگر با انجام این پروژه به تولید سالانه نفت کشور به صورت قطعی بیش از ۵ میلیون بشـکه در روز اضافه شده اسـت ضمن اینکه با افزایش توان تزریق منطقه سیری به پتانسیل تولید صیانتی نفت کشور اضافه گردیده است.

به علت قدیمی بودن و نامتعارف بودن سـایز پلتفرمها در میدان سـیوند و همچنین پیچیدگیهـای زمیـن شناسـی در میـدان اسـفند، پروژه سـیری از سـخت ترین پروژه‌های دریایی کشـور محسـوب می گردد و این به این معنا اسـت که اجرای این پروژه با ریسک بسیار بالایی همراه بوده است. شرکت دیریلینگ اینترنشنال لیمیتد

(DCI) به عنوان پیمانکار پروژه سیری مطابق با تعهدات ذکر شده در قرارداد فیمابین با شرکت نفت فلات قاره ایران به عنوان کارفرما، با برنامه ریزی و تحلیل ریسک‌ها و با به کارگیری دستگاههای حفاری مناسب و با اتکا به دانش و توان مدیریتی، کادر مهندسی و عملیات حفاری و همچنین استفاده حداکثری از توان شرکت‌های داخلی به منظور تامین کالا و خدمات فنی، اقدام به اجرای پروژه سیری نمود. شروع پروژه که مقارن با خروج آمریکا از برجام بود، در شرایطی که بسیاری از شرکتهای ارائه دهنده خدمات و کالا، کشور را ترک نمودند و شرکتهای باقی مانده به دلیل مشکلات مالی و شرایط پرداخت قیمتهای نجومی و خاص را بیان میکردند لیکن شرکت DCI در راستای مسئولیت‌های واگذار شده بر خود واجب دید که با تمام توان اجرای پروژه را آغاز نماید و نهایت درصد پیشرفتی بیش از ۹۵٪ را با انجام کارهای اضافه در میدان نصرت و اسفند برای پروژه بدست آورد.

دستاوردهای منحصر بفرد پروژه سیری:

در جریان اجرای عملیات پروژه سیری دستاوردهایی در نوع خود بی نظیر حاصل گردید که برخی از آنها برای اولین بار در کشور توسط شرکت دیریلینگ اینترنشنال لیمیتد صورت گرفته، که در ذیل به بخشی از آنها اشاره می گردد:

• حفاری چاه SIC-E11 به عنوان اولین چاه New well در میدان سیوند پس از ۴۰ سال:

در این پروژه برای نخستین بار در طول تاریخ حفاری در میدان سیری، حفره ۱/۲ ۱۷ اینچ در چاه SIC-E11 با حفاری ۶ سازند متفاوت آغاجاری، گورپی، فارس تحتانی، آسماری، جهرم و پابده در کمترین زمان ممکن انجام گردید که خود باعث کاهش یک حفره و نهایتاً کمتر شدن هزینه چاه شده است، علاوه بر آن با توجه به استفاده از طراحی بهینه و استفاده از بهترین تجهیزات و خدمات موجود در کشور، چاه SIC-E11 با متراژ تولیدی برابر با ۴۴۴ متر بوسیله آستری مشبک ۷ اینچ در حفره ۸ ۱/۲ اینچ در لایه مخزنی میشریف تکمیل شده است، این چاه هم اکنون با میزان تولید ۳۰۰۰ بشکه در روز در حال تولید نفت بوده و پیش بینی می گردد این چاه بتواند بیشترین و طولانی ترین بهره دهی را داشته باشد. استفاده از این نوع تکمیل چاه و جانمایی آستری مشبک ۷ اینچ، یک عملیات کم نظیر در میدان سیوند بوده است که برای نخستین بار توسط شرکت دیریلینگ اینترنشنال لیمیتد با موفقیت کامل صورت گرفت.

• لازم به ذکر است کلیه چاه های میدان سیوند در حفره ۶ ۱/۸ اینچ و با آستری مشبک ۴ ۱/۲ در لایه مخزنی میشریف تکمیل شده اند.

• تعمیر چاه E3P4 و بازگرداندن آن به مدار تولید پس از ۱۰ سال:

با توجه به تلاشهای قبلی و عدم موفقیت در تعمیر چاه مذکور، این چاه از سال ۱۳۹۱ به دلیل کاهش تولید تکلیفی از مدار خارج شده بود، پس از واگذاری پروژه EPDF سیری به شرکت دیریلینگ اینترنشنال لیمیتد، این شرکت به عنوان پیمانکار، مطابق با تعهدات ذکر شده در قرارداد فیمابین با شرکت نفت فلات قاره ایران، در تیر ماه سال ۱۴۰۰ اقدام به استقرار دستگاه حفاری دریایی DCI-1 و لوله مغزی سیار (CTU) در سکوی ایلام ۳ نمود، علیرغم وجود برخی محدودیت‌ها از جمله مشکلات تامین کالا، عدم امکان استفاده از خدمات حفاری پیمانکاران خارج از کشور، با اتکا به دانش و توان مدیریتی، کادر مهندسی و نیروهای عملیات حفاری، شرکت DCI با نگاه به داخل و استفاده از امکانات، تخصص، دانش و تجربیات پیمانکاران بومی کشور به منظور تامین کالا و خدمات فنی، عملیات اجرایی چاه SIE-E3P4 را آغاز نمود. با استفاده از خدمات شرکت دانش بنیان توپک قابل انبساط درون رشته تکمیلی نصب و با ایمن شدن چاه، امکان برداشتن تاج سرچاهی و نصب شیرهای فوران گیر و تمیز سازی رسوبات (سولفات استرانسیم) بالای 3SV توسط آسیاب کننده فراهم گردید، رشته تکمیلی پس از sting-out با تلاش و کوشش متخصصین شرکت DCI و با کنترل جریان چاه بدون هیچگونه مشکلی به صورت ایمن از چاه خارج شد و در نهایت چاه با راندن رشته تکمیلی ESP و برپایی تاج سرچاهی با موفقیت تکمیل گردید.

• استقرار دکل در سکوهای نصر ۵ و نصر ۶ پس از چند دهه:

با توجه به محدودیت‌های فنی پلتفرمهای میدان سیوند از نظر ابعاد و فرسودگی و نیز ناپایداری و رفتار غیر قابل پیش بینی بستر دریا و همچنین محدودیت‌های ناشی از کابل‌های برق و لاین‌های ورودی و خروجی به سکوها، استقرار دکلها در کنار این پلتفرمها بسیار مشکل بوده است و در نتیجه این محدودیت‌ها طی دهه‌های گذشته امکان عملیات حفاری جهت توسعه میدان با مشکلات فراوان روبرو بوده است. به منظور استقرار ایمن و موفقیت آمیز دکلها، با شناسایی ریسک‌های فنی و امکان سنجی اقتصادی به همراه شبیه سازی و آنالیز ابعادی دستگاه‌های حفاری موجود، اقدام به بررسی تمام سناریوهای ممکن برای استقرار دستگاه حفاری مناسب گردید که بهترین گزینه‌ها برای استقرار دکلها در کنار سکوها تشخیص داده شده و عملیات جابجایی دکلها به نحو ایمن انجام گردید.

• عملیات کوبش لوله‌های هادی «۲۶ رزوه دار برای اولین بار درکشور:
تیم مجربی از واحدهای مهندسی، عملیات و دکلداری شرکت DCI ، با همکاری و بهره گیری از توان پیمانکاران داخلی، عملیات کوبش لوله‌های هادی «۲۶ رزوه دار را بدون عملیات جوشکاری و برای اولین بار در شرکت نفت فلات قاره با موفقیت تا عمق ۱۴۵ متری به پایان رساند و بدین ترتیب امکان حفاری چاه تولیدی در سکو ایلام ۳ میسر گردید.

دستاوردهای عملیاتی پروژه سیری در حوزه تولید:

• انجام عملیات اسیدکاری و Lifting N2 بدون استفاده از شناور و با بهره گیری از فضای روی سکو.
• انجام عملیات اسید کاری سه چاه بصورت همزمان.
• دستیابی به تولید صد در صدی تعهدات تولید قراردادی پروژه سیری.
• دستیابی به رضایت ۹۰ درصدی کارفرمایان از عملکرد شرکت دیریلنگ اینترنشنال لیمیتد.
• دریافت لوح زرین ششمین جشنواره نوآوری برتر ایرانی در طراحی و ساخت Agitator سیستم سیال حفاری دکل با توجه به نیاز پروژه سیری به گل سنگین در میدان اسفند.
• دریافت تقدیرنامه‌های متعدد در خصوص پیشرفت پروژه سیری از کارفرما.
• دستیابی صددرصدی به اهداف تزریق در پروژه سیری.

دستاورد واحد بازرسی فنی در طول پروژه:

• استفاده از نیروی داخلی جهت ضخامت سنجی پایپینگ دکل‌ها بجای استفاده از پیمانکار
• استفاده از نیروی داخلی شرکت جهت بافینگ ۱۰۰۰ شاخه رشته حفاری در کیش
• خرید دستگاه NDT و انجام بازرسی توسط واحد بازرسی فنی هنگام تعمیرات پایه دکل DCI-۲
• استفاده از پیمانکار داخلی جهت بازرسی پایه دکل DCI-۲
• بازرسی شاخه‌های رشته حفاری بر روی دکل‌های حفاری
• انجام بازرسی آنتی فولینگ دکل DCI-۱ و انجام تست آزمایشگاهی به صورت رایگان
• انجام بازرسی بیش از ۳۰۰ عدد گیج فشار سنج دکل‌ها به صورت رایگان
• بازرسی از وضعیت رنگ دکل DCI-۱ توسط بازرس شرکت ژوتن به صورت رایگان
• جایگزینی بازرسی داخلی با خارجی تیوبینگ و کیسینگ (Jt ۱۷۰۰) موجود در انبار کیش جهت استفاده در پروژه سیری
• انجام ۱۱۰ مورد بازرسی کالا توسط نیروهای بازرسی فنی شرکت DCI

دستاوردهای شرکت DCI در تعمیرات اساسی پایه‌های دکل و سیستم کنترل جکینگ

پایه‌ها و سیستم جکینگ یکی از مهمترین قسمت‌های یک دستگاه حفاری دریایی می‌باشد. سازه و پایه دستگاه‌های حفاری دریایی در گذر زمان و انجام عملیات‌های مختلف در معرض آسیب‌های متعدد محیطی و مکانیکی قرار دارد. در نتیجه بازرسی‌های انجام گرفته پایه فورورد دستگاه حفاری دریایی DCI-۲ نیاز به ترمیم و اصلاح داشته تا در استقرار آن و انجام عملیات جکینگ از اعمال نیروی مازاد بر طراحی بر روی گیربکس‌ها و سیستم جکینگ ممانعت به عمل آید.
با تصمیم مدیریت ارشد و تیم عملیاتی این شرکت به منظور کاهش هزینه ها، بازرسی و تمدید گواهینامه‌های ۵ ساله، عملیات ترمیم پایه در مجاورت پلتفورم ابوذر-۱۴ با کمترین هزینه ممکن با انتخاب منابع مناسب و پشتیبانی تیم مهندسی- اجرایی شرکت DCI و برای اولین بار در کشور بدون حضور در اسکله تعمیرات انجام پذیرفت.

می توان به این مسئله اشاره نمود که تمامی مراحل فعالیت اصلاح پایه برای اولین بار توسط متخصصین این شرکت و بازوهای اجرایی معاونت دکلداری انجام گرفت. از مهمترین دستاوردهای اجرای این پروژه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
-ارتقاء سیستم نرم‌افزاری، مانیتورینگ و کنترل جکینگ به منظور جلوگیری از بروز حادثه احتمالی
-افزایش دانش و تجربه در تعمیر هر نوع سیستم جکینگ و پایه دستگاه‌های حفاری دریایی
- حداقل به میزان یک میلیون یورو صرفه‌جویی در هزینه با انجام عملیات اصلاح پایه در دریا بدون انتقال به اسکله تعمیراتی
- به حداقل رساندن زمان انتظار دستگاه حفاری جهت شروع فعالیت در پروژه بعدی

دستاوردهای شرکت DCI در خدمات لجستیکی

شناورهای حمل بار (Supply) و یدک کش (Towing) ابزار اصلی راهبری دستگاه‌های حفاری در عملیات دریایی می‌باشند.
با توجه به اینکه اکثر دستگاه‌های حفاری در حوزه خلیج فارس در اختیار شرکت نفت فلات قاره می‌باشد، شرکت DCI با آینده‌نگری و دوراندیشی نسبت به در اختیار گرفتن و اجاره شناورهای مذکور از ان کارفرما جهت عملیات‌های مختلف دریایی اقدام کرده است. شایان ذکر است از آنجاییکه شرکت نفت فلات قاره ایران در قالب قراردادهای بلندمدت نسبت به در اختیار گرفتن این نوع شناورها اقدام نموده است، لذا با هماهنگی و برنامه‌ریزی دقیق در زمان عدم استفاده و نیاز کارفرما شناورهای مورد نظر، آن شناورها توسط شرکت DCI بکار گرفته می‌شدند علی رغم اینکه برای اولین بار از تاریخ تاسیس شرکت DCI به صورت همزمان ۳ دکل در پروژه‌های مختلف شرکت DCI مشغول گردید. استفاده از شناورهای کارآمد با نفرات مجرب ضمن کاهش ریسک‌های عملیات دریایی، موجب کاهش هزینه‌های پروژه، هم افزایی تجهیزات و امکانات دولتی و جلوگیری از خروج ارز از کشور بوده است. با پوشش دادن حجم عملیات‌های دریایی متعدد مربوط به خدمات مورد نیاز بطور همزمان برای سه دستگاه حفاری و امکان استفاده از شناورهای شرکت نفت فلات قاره صرفاً در زمان عدم نیاز کارفرما به شناورهای مذکور راهبری همزمان سه دستگاه حفاری دریایی بسیار دشوار گردید اما با برنامه‌ریزی دقیق و منظم از اجاره چندین فروند شناور از شرکت‌های عمدتاً خارجی و خروج مبلغ ارز قابل توجهی به میزان بیش از ۵ میلیون یورو و سرمایه ملی از کشور جلوگیری گردید. لازم به ذکر است این مهم بدون مساعدت و همیاری همه جانبه کارفرمای محترم (شرکت نفت فلات قاره ایران) امکان پذیر نبوده است.

دستاوردهای مرتبط با فرآیندهای داخلی شرکت DCI (حفاری، کمیته‌های فنی، لجستیک، مهندسی، زمین شناسی و...)

- اجرای اولین پروژه دریایی از طرح ملی افزایش تولید و نگهداشت از میادین نفت و گاز در سطح کشور
- حمایت از تولید کنندگان برتر کشور طبق فرمایشات مقام معظم رهبری در راستای رونق تولید
- انجام موفقیت آمیز تعهدات تولید و تزریق در این پروژه بصورت EPDF
- حفاری، تکمیل و در مدار تولید قرار دادن تعداد ۷ حلقه چاه تولید نفت.
- حفاری، تکمیل و در مدار تزریق قرار دادن تعداد ۳ حلقه چاه تزریق آب.
- افزایش توان تولید ناخالص نفت کشور تا ۱۶۰۰۰ بشکه در روز.
- افزایش توان پتانسیل تزریق آب تا ۱۰۰۰۰ بشکه در روز.
- حفاری چاه SIC-E 11 اولین چاه جدید حفاری شده برروی سکوی نصر ۵ پس از پیروزی انقلاب اسلامی.
- ساخت AGITATOR عمودی گل حفاری برای اولین بار درشرکت بین المللی حفاری
- ایجاد کمیت های تخصصی در راستای کاهش هزینه ها)اخذ موفقیت آمیز گواهینامههای خارجی سیستم مدیریت یکپارچه(IMS)
- عملیات جابجایی موفقیت آمیز دکلهای حفاری دریایی در منطقه خلیج فارس با محدودیت های فنی پلتفرم از نظر ابعاد و همچنین مشکلات موجود در بستر دریا و رفتار غیر قابل پیش بینی بستر.
- ثبت رکورد بیش از ۲۰۵۴ روز بدون حادثه (LTI) دردستگاه حفاری DCI-۲
- ثبت رکورد بیش از ۶۲۵ روز بدون حادثه (LTI) دردستگاه حفاری DCI-۱
- استفاده از توان داخلی کشور در کلیه زمینههای لازم (وجود برخی محدودیت ها همچون مشکلات تامین کالا).
- لغو قرارداد خارجی تأمین خدمات کیترینگ و کمپ داری و استفاده از نیروهای بومی در سال ۱۳۹۸ و صرفه جوئی حدود ۵۰ درصدی در هزینه های کمپداری و کیترینگ شرکت و رفع معضل بیکاری سرپرست ۵۸ خانوار ایرانی با این اقدام.
- اقدامات جامع کاهش هزینه در خدمات فنی، لجستیک، تامین سوخت و تامین کالا به میزان بیش از ۱۶ میلیون یورو در طول پروژه
- کنترل زمان و هزینه پروژه در کمترین حالت موجود در شرایط تحریم
- جابجایی همزمان ۳ دکل حفاری دریایی.
- راندن آستری مشبک ۷ اینچ در لایه مخزنی میشریف برای اولین بار در میدان سیوند.
- عملیات کوبش لوله‌های هادی "۲۶ رزوه دار برای اولین بار در ایران تا عمق ۱۴۵ متری.
- انجام عملیات اسیدکاری و Lifting N2 بدون استفاده از شناور و با بهره گیری از فضای روی سکو.
- بهینه سازی خدمات حفاری مانند: تغییر برنامه های نمودارگیری به جهت حفظ زمان دکل، استفاده از خدمات اسیدکاری بدون استفاده از کشتی، بهینه سازی طراحی و برنامه سیمانکاری، بهبودسازی مسیر حفاری افقی Trajectory و...
- کوبش لوله هادی رزوه دارد Conductor ۲۶ بدون عملیات جوشکاری برای نخستین بار در کشور
- بهره گیری از شرکت های دانش بنیان داخلی به منظور تهیه و تامین خدمات و کالای حفاری مورد نیاز مانند Sweallable Packer, Retrievable Inflatable Packer و ارائه راهکار و پیشنهادات جهت بهبود سازی محصول و عملکرد آن
- تلاش برای بهینه سازی برنامه حفاری با بهره گیری از تیم مجرب مهندسی تعمیر پایه دستگاه حفاری برای اولین بار در دریا (بدون انتقال به Dry Dock)

بیش از ۲۰ بار جابجایی موفق دستگاه‌های حفاری در شرکت DCI از سال ۱۳۹۸ تاکنون

عملیات جابجایی دستگاه حفاری بین مناطق و سکوهای نفتی از جمله مهمترین و حساس ترین عملیات‌های دکل حفاری است که تا سال ۱۳۹۸ این مهم به وسیله اجاره شناورهای کشنده خارجی و بکارگیری نفرات خارجی (Move master, Barge master) انجام می گرفت؛ ولی با گذر سال ها و کسب تجربه توسط کارشناسان و متخصصین داخلی در کنار نیروهای خارجی، عملیات جابجایی دستگاه های حفاری از این سال در شرکت DCI با اعتماد به نیروهای داخلی به صورت کاملا بومی سازی شده با تکیه بر توانمندی نفرات ایرانی و تجهیزات داخلی در دستور کار شرکت قرار گرفته و به انجام می‌رسد. از بدو تأسیس شرکت DCI تا سال ۱۳۹۸ تنها ۶ جابجایی برای دستگاه های حفاری شرکت DCI انجام گرفته است، ولی با شروع پروژه سیری و دیگر پروژه های این شرکت دستگاه های حفاری با کارفرماهای بزرگ صنعت نفت دریایی مانند شرکت های نفت فلات قاره، پتروپارس و شرکت نفت و گاز پارس بیش از ۲۰ جابجایی بزرگ و با طول مسافتی بالغ بر ۱۲۰۰ مایل دریایی با تکیه بر توان نیروهای ایرانی انجام گرفته است. علاوه بر خودکفایی و توانمندسازی در زمینه جابجایی دستگاه های حفاری، جابجایی های بسیار دشواری نیز در طی این مدت انجام پذیرفته است؛ از آن جمله می توان به استقرار دستگاه حفاری DCI-۲ در کنار سکوی نصر ۶ اشاره کرد که نزدیک به چند دهه هیچ دستگاه حفاری موفق به پهلوگیری در کنار این سازه نشده بود و همچنین دستگاه حفاری DCI-۱ جابجایی های متعدد و موفقی را در منطقه سیری (ایلام) و بلال انجام داد.

دستاوردهای اولین پروژه موفق EPDF فراساحلی

- افزایش پتانسیل تولید نفت معادل ۱۶ هزار بشکه در روز
- افزایش امکان تزریق تقریبی معادل ۱۰ هزار بشکه آب در روز
- درآمد تخمینی ۵۵۰ میلیون یورو تا انتهای سال ۱۴۰۱ در میدان سیری
- اولین حفاری چاه TOPHOLE در میدان سیوند پس از ۴۰ سال
- رانش ۴۴۴ متر (7") SLOTTED LINER برای اولین بار در میدان سیوند
- استفاده از INFLATABLE PACKER ساخت شرکت دانش بنیان داخلی
- رسوب زدایی، تعمیر و راه اندازی چاه E3P4 پس از ۱۰ سال وقفه تولیدی
- استقرار دکل حفاری در سکوهای دریایی نصر ۵و۶ پس از چند دهه

عملیات کوبش لوله‌های هادی "۲۶ رزوه دار برای اولین بار در شرکت نفت فلات قاره

انجام عملیات اسیدکاری و N2 Lifting بدون استفاده از شناوراسید کاری

دریافت لوح زرین ششمین جشنواره نوآوری برتر ایرانی در طراحی و ساخت Agitator سیستم سیال حفاری

استفاده از کلیه سرویس‌های حفاری داخلی

استفاده حداکثری از تجهیزات ساخت داخل در عملیات حفاری و تکمیل چاه‌های پروژه

ثبت رکورد بیش از ۲۰۵۴ روز بدون حادثه (LTI) دردستگاه حفاری DCI-2

تعمیر پایه دستگاه حفاری برای اولین بار در دریا (بدون انتقال به Dry Dock)

صرفه جویی حدود ۵۰ درصدی در هزینه‌های کمپ‌داری و کیترینگ

کاهش هزینه در خدمات فنی، لجستیک، تامین سوخت و تامین کالا به میزان بیش از ۱۶ میلیون یورو در طول پروژه

گزارش مراحل تولید و تست میدانی اولین ESP ساخت ایران

تولیـد ایمن، مقـرون بصرفه، صیانتـی و پایدار نفـت از راهبردهای اصلی شرکت ملی نفت ایران در تولید از مخازن نفتی کشور می‌باشد. در گذر زمان با توجه به شـرایط مخازن کشـور و پیشـرفت تکنولوژی، نگاه به چگونگی و میزان نفت قابل اسـتحصال از مخازن دچار دگرگونی‌هایی شـده است. در دهه‌های گذشته با توجه به فشار بالای مخازن، تولید طبیعی نفت به آسانی انجـام می‌پذیرفـت. ولیکن با گذشـت زمان و کاهش فشـار مخازن، تولید طبیعـی از چاه‌ها به مانند گذشـته نبـوده و در برخی مـوارد تولید طبیعی کاملا قطع شده اسـت. از این رو استفاده از روش‌های بهبود تولید از جمله روش‌هـای فرازآوری مصنوعی بـه عنوان راهکار چاه‌محـور مورد توجه قرار گرفته است. از میان سـایر روش‌های متداول فرازآوری مصنوعی، استفاده از مجموعـه پمپ درون چاهی ESP بـه دلیل مقرون بصرفه بـودن، قابلیت کارکرد در محدوده وسـیعی از دبی تولیدی، امکان نصب در اعماق و زوایای مختلـف چـاه، نیاز به فضا و تجهیزات سـر چاهی کم و قابلیت اسـتفاده در محیط‌هـای دارای مواد خورنده و با دمای بالا، در سـطح جهانی مورد توجه ویژه قرار دارد.

اولین تجربه اسـتفاده از مجموعـه پمپ درون چاهی ESP در ایـران در میادین شـرکت ملی نفت فلات قاره ایران بوده و به سال‌های گذشته برمی گردد. تاکنون تعداد زیادی چاه در میادین شـرکت ملی نفـت فلات قاره با مجموعه پمپ ESP تکمیل شـده اسـت که سـهم قابل توجهی از تولید کل این شـرکت را پوشـش می‌دهد. همچنین در ناحیه خشـکی، در شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، بعـد از چنـد تجربه ناموفـق در نصب مجموعه پمپ ESP توسـط شـرکت‌های خارجـی، اولین نصـب و راه‌اندازی موفقیـت آمیز مجموعه پمپ ESP توسـط شـرکت پادیاب تجهیز در میدان نفتی مسجدسلیمان انجام پذیرفت. پس از این تجربه موفق، چاه‌های بیشـتری جهت تکمیـل به کمک مجموعه پمپ ESP در برنامـه قرار گرفت و تاکنون تعداد قابل توجهی مجموعه پمپ درون چاهی ESP در چاه‌های کاندید با موفقیت توسـط شـرکت پادیاب تجهیز نصب و راه‌اندازی گردیده است.

شـایان ذکر اسـت لـزوم اسـتفاده از مجموعه پمـپ درون چاهـی ESP با چشم‌اندازی که از افت رو به افزایش فشار مخازن در سایر میادین نفتی کشور در سال‌های پیش رو پیش‌بینی می‌شود و با در نظرگرفتن ضرورت نگهداشت و افزایش تولید، از اهمیت بسـزایی برخوردار می‌باشـد. از جهت استراتژیک بـودن این تکنولوژی جهت اسـتحصال نفت از مخـازن و از آن جا که تاکنون اسـتفاده از این تکنولوژی مستلزم استفاده از تجهیزات شرکت‌های خارجی بوده است، بومی سازی مجموعه ESP و سیاست گذاری‌های لازم در خصوص انتقـال تکنولـوژی و بومی‌سـازی این محصول بـه عنوان یکـی از کالاهای اساسی و استراتژیک صنعت نفت کشور از چندسال قبل در دستور کار وزارت نفت قرار گرفته است.

در این راسـتا پروژهایی توسـط شـرکت ملی نفت ایران تحت عنوان سـاخت داخل تعدادی مجموعه پمپ درون چاهی ESP با محوریت شرکت نفت فلات قاره ایران تعریف گردید و پس از برگزاری تشـریفات مناقصه، شـرکت پادیاب تجهیز بعنوان پیمانکار توانمند در این حوزه شـناخته شـد و مسئولیت انجام این پروژه ملی به این شرکت واگذار گردید.

شرکت پادیاب تجهیز

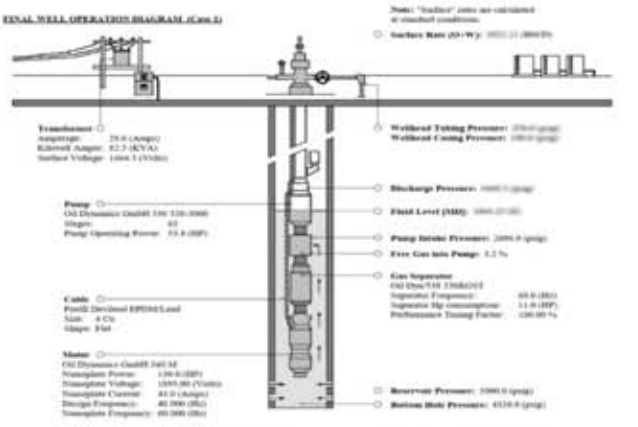
شـرکت پادیاب تجهیز بعنوان یک شرکت دانش بنیان، با بیش از ۱۵ سال سابقه درخشـان در زمینه خدمات مهندسـی و طراحی، انتخـاب تجهیزات و متریال، تأمیـن، نصب، راه‌اندازی، نگهـداری، مانیتورینگ، بهینه سـازی، عیب‌یابی و تعمیرات پمپ‌های درون چاهی ESP بعنوان پیمانکار شرکت‌های "ملی مناطق نفت‌خیز جنوب" و "نفت فلات قاره ایران"، سـابقه نصب بیش از ۴۰۰ مجموعه پمپ درون چاهی ESP را در کارنامه خود دارد. این شـرکت با بهره گیری از بیش از ۵۰ کارشـناس داخلی و خارجی و نیز امکانات لجسـتیکی و پشتیبانی خود، امکان ارائه خدمات به ۷ دکل تعمیراتی به صورت همزمان را داراسـت. با تکیه بر ایـن تجربه گرانبها، جهـت تحقق هدف بومی‌سـازی این کالای اسـتراتژیک، شـرکت پادیاب تجهیز به عنوان یکی از پیشـگامان صاحب تکنولوژی فرازآوری مصنوعـی، با هـدف انتقال دانش و تکنولوژی، از سـال ۱۳۹۵ اقدام به احداث کارخانه ساخت و تعمیر پمپ‌های ESP و HPS در شهرک صنعتی شماره ۳ اهواز نمـود. ایـن کارخانه که بعنـوان اولین کارخانـه تخصصی سـاخت و تعمیرات پمپ‌های ESP در اسـتان خوزستان شناخته می‌شـود، در سال ۹۹ راه‌اندازی گردید و در حال بهره‌برداری می‌باشد.

شکل ۱. نمای داخلی کارخانه ساخت و تعمیر پمپ‌های ESP و HPS شرکت پادیاب تجهیز

ساخت اولین مجموعه پمپ درون چاهی ESP

همانگونه که اشاره گردید،

اولین پروژه بومی‌سـازی مجموعه ESP در کشـور در شرکت نفت فلات قاره ایران تعریف و پس از انجام تشـریفات مربوطه و برگـزاری مناقصه، انجام این مهـم به شـرکت پادیـاب تجهیز واگـذار گردیـد. در ادامه به تشـریح مراحل طراحی، ساخت، آزمایش و کنترل کیفی و همچنین نصب و راه‌اندازی اولین مجموعـه پمپ درون چاهی ESP در کشـور توسـط شـرکت پادیـاب تجهیز پرداخته خواهد شد.



شکل ۲. نمایی از طراحی مجموعه ESP با نرم افزار مربوطه

طراحی مجموعه ESP

با توجه به درخواست کارفرما و دریافت اطلاعات چاه‌ها، مراحل طراحی و انتخاب تجهیزات متناسب با چاه‌مدنظر توسط واحد طراحی و مهندسی پمپ درون‌چاهی شرکت پادیاب تجهیز اجرا و با در نظر گرفتن مشخصات تولیدی مدنظر کارفرما، پمپ مناسب جهت استفاده در چاه مشخص میگردد. در گام بعدی با توجه به مشخصات سیال چاه مدنظر، متریال‌های مناسب برای استفاده در تجهیزات مختلف مجموعه پمپ ESP مشخص میگردد.

ساخت قطعات

پس از انجام طراحی مجموعه ESP و تعیین نوع و مشخصات تجهیزات مورد استفاده در آن، بایستی قطعات مورد استفاده در هر یک از تجهیزات مجموعه ESP تهیه گردد. بدین منظور کلیه نقشه‌های ساخت مورد نیاز توسط واحد مهندسی و ساخت شرکت تهیه شده و سفارش گذاری و ساخت قطعات مورد استفاده در هر یک از تجهیزات مجموعه ESP آغاز میگردد. شایان ذکر است به‌رغم اینکه تعدادی از قطعات اصلی مجموعه ESP در کارخانه شرکت پادیاب تجهیز و توسط پرسنل آموزش دیده ماشین کاری و ساخته می‌شود، در مجموعه شرکت پادیاب تجهیز تلاش بر این است تا از حداکثر پتانسیل شرکت‌های داخلی نیز استفاده گردد. لذا فرآیند شناسایی شرکت‌های توانمند در حوزه‌های مرتبط با ساخت و ماشین کاری قطعات و همچنین تامین سایر نیازمندی‌ها و تجهیزات جانبی مجموعه ESP بعنوان یکی از سیاست‌های اصلی این شرکت همواره در حال انجام است. در این راستا شرکت پادیاب تجهیز اقدام به شناسایی و عقد قراردادهای همکاری با بسیاری از شرکت‌های توانمند داخلی جهت تامین قطعات و سایر خدمات مورد نیاز حین ساخت و تولید تجهیزات مجموعه ESP نموده است.

شکل ۳. واحدهای مختلف ساخت و ماشین کاری قطعات کارخانه شرکت پادیاب تجهیز

مونتاژ تجهیزات

در ادامه مراحل ساخت، قطعات ساخته شده بر روی میزهای مونتاژ کارخانه مطابق با دستوالعملهای مربوطه مونتاژ میگردد. جهت ساخت پمپ، ابتدا تعداد استیج‌های مد نظر بر روی شفت پمپ قرار گرفته و مراحل ساخت پمپ با اضافه کردن سایر اجزا و نهایتا اعمال گشتاور مورد نیاز و از پیش تعیین شده به انتها و ابتدای پمپ به پایان می‌رسد. شایان ذکر است، میزان مجاز Shaft play، میزان فشره کردن استیج‌ها و گشتاور لازم جهت بستن انتها و ابتدای پمپ با توجه به نوع پمپ مد نظر متفاوت خواهد بود.

با توجه به طراحی انجام پذیرفته برای چاه مدنظر، جهت به حداقل رساندن اثرات گاز بر عملکرد پمپ، از جداکننده گاز (RGS) و کنترل کننده گاز (AGH) استفاده گردید. لازم به ذکر است AGH در واقع نوعی پمپ است که با توجه به طراحی منحصربفرد استیج‌های آن، علاوه بر افزودن مقداری Head به سیال عبوری، تا حدودی کنترل میزان گاز همراه سیال تولیدی را فراهم مینماید. نحوه کار RGS در کنترل گاز ورودی به پمپ اما متفاوت می‌باشد. به کمک RGS، بخشی از گاز درون نفت جدا شده و به سمت دالیز خارج شده و نفت با میزان گاز همراه کمتر به سمت پمپ هدایت می‌شود.

تجهیز دیگری که وجود آن همواره در مجموعه ESP ضروری می‌باشد، پروتکتور و یا همان محافظت کننده از مجموعه ESP می‌باشد. پروتکتور بین موتور و جداکننده گاز قرار می‌گیرد و از وظایف اصلی آن می‌توان به ایجاد تعادل فشاری بین دالیز و موتور، تامین روغن دی‌الکتریک موتور و همچنین جذب نیروهای محوری وارد شده به شفت تجهیزات مجموعه ESP اشاره نمود. با توجه به ساختار فیزیکی چاه و عمق نصب پمپ درون چاهی ESP و موتور استفاده شده، نوع و تعداد پروتکتور انتخابی متفاوت می‌باشد. در خصوص مجموعه ESP ساخته شده، با توجه به شرایط چاه مدنظر جهت نصب، پروتکتور مناسب انتخاب و فرآیند ساخت و آزمایشات مربوطه جهت اطمینان از سلامت پروتکتور انجام پذیرفت.

شکل ۴. نماهایی از مونتاژ پمپ، RGS و پروتکتور

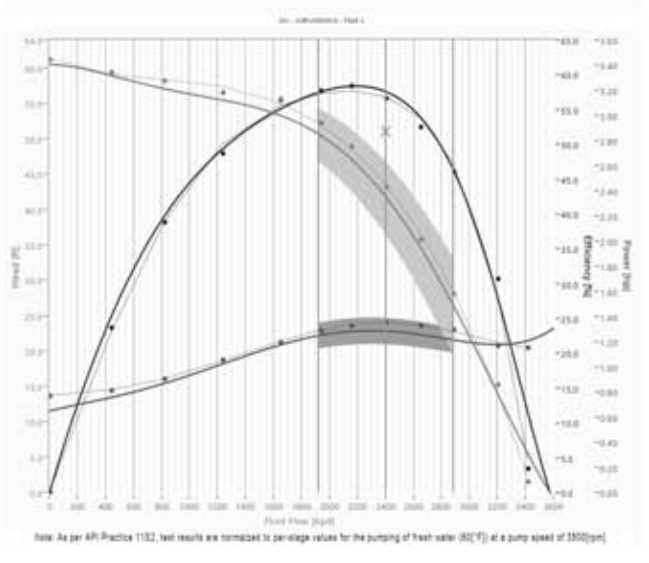
نهایتا پس از اتمام مونتاژ هر تجهیز بر روی میزهای اسمبلی، عملیات مونتاژ با اعمال گشتاور دقیق مورد نیاز و از پیش تعیین شده به انتها و ابتدای تجهیزات روی Torque Bench کارخانه به پایان می‌رسد.

شکل ۵. اعمال گشتاور مورد نیاز به تجهیزات بر روی Torque Bench

آزمایش و کنترل کیفی تجهیزات

یکی از مهمترین مراحل در تولید هر محصول، انجام آزمایشات کنترل کیفی جهت اطمینان از صحت عملکرد محصول ساخته شده مطابق با استانداردها و دستورالعمل‌های پیش فرض آن محصول می‌باشد. بدین منظور، در کارخانه ساخت و تعمیر پمپ‌های ESP شرکت پادیاب تجهیز نیز پس از اتمام مراحل طراحی، ساخت و مونتاژ قطعات، تجهیزات ساخته شده جهت طی مراحل آزمایش بر روی واحدهای آزمایش و کنترل کیفی مختلف موجود در کارخانه قرار می‌گیرد.

پس از اتمام مراحل مونتاژ، پمپ اسمبل شده جهت طی مراحل آزمایش بر روی Pump Test Bench (PTB) نصب می‌گردد. آزمایش روی PTB کارخانه اهواز بر اساس استاندارد API RP ۱۱S۲ و به‌صورت کاملا اتوماتیک انجام و به گونه‌ای برنامه‌ریزی شده که از هر گونه خطای کاربر در اندازه گیری و محاسبات جلوگیری می‌کند. بدین منظور مقادیر BHP، Head و بازده پمپ در دبی‌های مختلف محاسبه شده و در منحنی پایه منتشر شده توسط سازنده پمپ نشان داده می‌شود. با این ویژگی نرم‌افزار نقاط محاسبه شده با منحنی پایه به‌صورت لحظه‌ای مقایسه می‌شود.

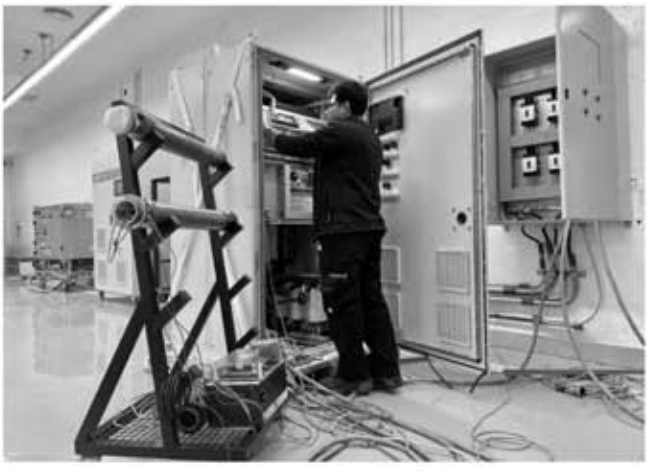


شکل ۶. واحد آزمایش و کنترل کیفی پمپ و گزارش نهایی عملکرد پمپ

به منظور انجام آزمایش و کنترل کیفی موتور درون چاهی ESP، پس از آنالیز و بررسی فیزیکی شفت و سایر قسمت‌های آن و همچنین انجام تستهای الکتریکی مورد نیاز، جهت انجام آزمایش و کنترل کیفیت نهایی عملکرد، موتور بر روی میز تست موتور (MTB) قرار می‌گیرد. از آنجاییکه تست موتور توسط روغن مخصوص می‌بایست انجام بگیرد، آنالیز و کنترل کیفی روغن توسط دستگاه Oil Tester انجام می‌شود. همچنین از آنجا که ضروری است از روغن Vacuumized شده برای تست موتور استفاده گردد، توسط سیستم منحصربفرد طراحی شده در مجموعه MTB، عملیات هوازدایی روغن انجام می‌گردد. نهایتا با اتصال MLE به موتور، مطابق با استاندارد API RP ۱۱S۶، تست موتور انجام شده و پارامترهای عملکردی موتور کنترل کیفی میگردد.

شکل ۷. آزمایش و کنترل کیفی موتور ESP

یکی از تجهیزات جانبی مهم پمپ‌های HPS که جهت راهبری و ایمنی بیشتر پمپ مورد استفاده قرار می‌گیرد، سیستمهای درایو فرکانس متغیر (Variable Frequency Drive) و نیز Switchboard می‌باشد. پس از ساخت و مونتاژ VFD و انواع Switchboard در کارگاه برق و الکترونیک کارخانه اهواز، جهت کنترل کیفیت آن ضروری است عملکرد آن در زیر بار قبل از استفاده در سر چاه تست گردد. این آزمایشات در شرایط باری متفاوت و به کمک دستگاه Load Bank که در واقع یک مصرف کننده با توان بالا می‌باشد، انجام می‌شود.



شکل ۸. ساخت، آزمایش و کنترل کیفی VFD در کارگاه برق و الکترونیک کارخانه

شکل ۹. آزمایش و کنترل کیفی سنسور ته‌چاهی

قبل از راندن سنسور ته چاهی، ضروری است نسبت به عملکرد صحیح آن اطمینان حاصل گردد؛ چرا که به کمک داده های سنسور، عملکرد مجموعه ESP آنالیز و بررسی می گردد. از این رو تست و کنترل کیفی عملکرد صحیح پارامترهای فشار، دما و لرزش سنسور انجام می گردد.

پوشش فلزی تجهیزات

جهت ایجاد پوشش ضدخوردگی بر روی سطوح مجموعه پمپ ESP، کارخانه شرکت پادیاب تجهیز مجهز به واحد پیشرفته پوشش فلزی شده است. این واحد با استفاده از تکنولوژی Arc Spray، قابلیت انجام انواع پوششهای ضدخوردگی از جمله Monel بر روی سطوح مجموعه پمپ ESP را دارد. در خصوص مجموعه ESP ساخته شده و با توجه به شرایط سیال چاه، پوشش ضدخوردگی Monel اعمال گردید.

شکل ۱۰. اعمال Monel Coating بر روی سطوح تجهیزات مجموعه ESP

بسته بندی و ارسال مجموعه ESP

پس از ساخت، تست و کنترل کیفی سایر تجهیزات مجموعه پمپ درون چاهی، تجهیزات مدنظر در باکس‌های استاندارد قرار داده شده و جهت تحویل به کارفرمای محترم حمل گردید.

شکل ۱۱. بسته بندی و ارسال مجموعه پمپ درون چاهی ESP

نصب و راه‌اندازی مجموعه ESP

با توجه به برنامه از پیش تعیین شده پروژه جهت نصب و راه‌اندازی مجموعه‌های ESP ساخت داخل توسط شرکت پادیاب تجهیز، عملیات نصب اولین مجموعه ESP ساخت داخل در یکی چاه‌های شرکت نفت فلات قاره ایران انجام گرفت و چاه مذکور توسط پمپ درون چاهی ESP با موفقیت راه‌اندازی گردید. در حال حاضر مجموعه ESP مذکور بعنوان نخستین مجموعه پمپ درون چاهی ساخت داخل به‌صورت نرمال در مدار تولیدی قرار دارد.

شکل ۱۲. تصاویری از عملیات نصب و راه‌اندازی مجموعه ESP توسط پرسنل شرکت پادیاب تجهیز

جمع‌بندی

شرایط امروز مخازن کشور و پیش‌بینی شرایط آینده آن، متولیان امر در وزارت نفت را برآن داشت تا برنامه جامعی جهت بومی‌سازی تکنولوژی پمپ‌های درون‌چاهی ESP را طرح‌ریزی نمایند. از این رو شرکت ملی نفت ایران، در راستای پیشبرد اهداف کلان صنعت نفت کشور، با برگزاری مناقصه ساخت این کالای استراتژیک و محول نمودن انجام این مهم به شرکت پادیاب تجهیز گام مهمی در جهت توسعه کشور برداشته است.

نهایتا به مدد تجربیات بسیار و توانایی‌های فنی نیروهای متخصص داخلی شرکت پادیاب تجهیز، بحمدالله عملیات طراحی، ساخت، آزمایش و نصب و راه‌اندازی اولین مجموعه پمپ درون‌چاهی ESP در کشور با موفقیت اجرا گردید.

در حال حاضر مجموعه ESP مذکور بعنوان نخستین مجموعه پمپ درون چاهی ساخت داخل به‌صورت نرمال در مدار تولیدی قرار دارد که مایه مباهات شرکت پادیاب تجهیز، شرکت ملی نفت ایران و کشور می‌باشد. شایان توجه است با تکیه بر برنامه‌ریزی‌های انجام پذیرفته، هم اکنون تعداد بیشتری مجموعه پمپ درون چاهی ESP در قالب این پروژه ساخته شده و آماده نصب و راه‌اندازی در چاه‌های کاندید شرکت نفت فلات قاره ایران می‌باشد.

فهرست کامل ۲۰۴ قلم تجهیز نفتی مشمول ممنوعیت واردات

محسن سخایی
خبرنگار حوزه انرژی

با ابلاغ سومین لیست کالا و تجهیزات نفتی که خرید خارجی آنها در سطح وزارت نفت ممنوع است، تعداد کل اقلام مشمول این طرح به ۲۰۴ قلم رسید. درراستای قانون حداکثر استفاده از توان تولیدی و خدماتی کشور حمایت از کالای ایرانی و به استناد اصل یکصد و سی و هشتم قانون اساسی که خرید کالاهای خارجی دارای تولید مشابه داخلی ممنوع شده است، وزارت نفت در گام نخست در سال ۱۳۹۷ فهرستی ۸۴ گانه از کالاها و تجهیزات خارجی دارای تولید مشابه داخلی مورد مصرف در صنعت نفت را تهیه و ممنوعیت خرید خارجی آنها را به شرکت‌های تابعه خود ابلاغ کرد. در سال ۱۴۰۰ دومین لیست مشتمل بر ۷۰ قلم کالای مشمول ممنوعیت خرید خارجی توسط وزارت نفت منتشر شد که چشم انداز نفت در شماره ۴۴ خود لیست تجمیعی ۱۵۴ قلم را انتشار داد.

در آذرماه سال ۱۴۰۱ وزیر نفت در ابلاغیه خطاب به مدیران شرکت‌های دولتی تابعه نفت که بخش خصوصی و پیمانکاران اجرایی بخصوص در پروژه‌های EDC، EPD را نیز شامل می‌شود، سومین فهرست تکمیلی کالا وتجهیزات مورد استفاده در صنعت نفت که توسط سازندگان داخلی تولید می‌شوند و مشمول ممنوعیت خرید خارجی هستند، اعلام نمود. در متن ابلاغیه مهندس اوجی به مدیران عامل شرکت‌های اصلی وزارت نفت، معاونان وزیر نفت، مدیران و رؤسای واحدهای ستادی، اعضای کمیسیون‌های معاملات / مناقصات شرکت‌های اصلی و فرعی تابعه، هیات رئیسه صندوق‌های بازنشستگی، پس انداز و رفاه کارکنان صنعت نفت و مدیران عامل شرکت‌های تابع و مدیرعامل شرکت هلدینگ خلیج فارس و مدیران عامل شرکت‌های تابعه آمده است:

"دراجرای منویات مقام معظم رهبری (مدظله العالی) در حمایت از کالای ایرانی و قانون (حداکثر استفاده از توان تولیدی و خدماتی کشور و حمایت از کالای ایرانی) فهرست تکمیلی ۵۰ قلم کالا و تجهیزات مصرفی وزارت نفت جهت اعمال ممنوعیت خرید کالای خارجی توسط شرکت‌های اصلی، تابعه و پیمانکاران طرف قرارداد آنها (به‌صورت مستقیم و غیر مستقیم) ابلاغ می‌شود. ضروری است مدیران همه شرکت‌های اصلی و تابعه با ایجاد سازوکارهای مناسب کنترلی و نظارتی، برای حصول اطمینان از تأمین کالاهای یادشده بر اساس ابلاغیه شماره ۲۰/۲-۵۴۷ تاریخ ۱۳۹۹/۸/۲۹ از طریق فهرست بلند منابع واحد دستگاه مرکزی وزارت نفت) AVL) بر حسن اجرای این ابلاغیه نظارت لازم را به عمل آورند. معاونت مهندسی و پژوهش و فناوری موظف است با همکاری دست اندرکاران ذیربط، نسبت به تداوم فرآیند به روزرسانی فهرست یادشده، اقدام لازم معمول نمایند."

آنچه در ادامه می خوانید فهرست کامل ۲۰۴ قلم تجهیزاتی است که بر اساس سه ابلاغیه وزارت نفت خرید خارجی آنها توسط شرکت‌های دولتی و پیمانکاران مستقیم و غیر مستقیم در پروژه‌های مرتبط با وزارت نفت ممنوع شده است.

ردیف	کالا و تجهیزات	شرح تکمیلی
۱	تجهیزات جانبی نصب لوله جداری (کفشک، طوقه، مرکز کننده و ...)	casing accessories (shoe, collar, centralizer, stop collar for all sizes & grades , top & bottom plug)
۲	آویزه آستری	Liner Hanger(mechanical/ hydraulic) for all sizes & grades
۳	تجهیزات سر چاهی	Wellhead equipment and X-mass tree for all sizes , classes and types up to 10k psl & API 6A VALVES
۴	انواع لوله‌های جداری و آستری	Casing & Liner for following size and specification 30",175 PPF , X-65 , RL-4 , PSL2 (WELDED) 20",117 PPF , X-52 , BTC , PSL2 (WELDED) 13 3/8",88 PPF , J-55 BTS , PSL2 (STANDARD DRIFT) 9 5/8",43.5/47 PPF, L80/N80/P110/ PJE (NEW VAM INTERCHANGABLE) , PSL2 (STANDARD DRIFT) 7",35 PPF L80,N80, PJE (NEW VAM INTERCHANGABLE) STANDARD DRIFT
۵	ویپ استاک	(WIP STOCK)
۶	تجهیزات مشبک کاری	PERFOTATING EQUIPMENT
۷	انواع آسیاب کننده‌های حفاری	MILLING TOOLS(JUNK MILLS, ECONO MILLS, ...)
۸	سیالات حفاری: انواع سیمان حفاری باریت افزودنی‌های گل حفاری	Drilling Fluids DRILLING CEMENTS BARIT ADDETIVE FOR DRILLING MUD
۹	مجموعه تزریق مواد شیمیایی	Chemical Injection Package (CIP)
۱۰	پکیج نمک زدایی	Electrostatic Desalter (OIL PROCESSING)
۱۱	بسته‌های هوا زدا	(VACUUM DEAERATOR PACKAGES)
۱۲	لوله و اتصالات برقی	Conduit & Fitting
۱۳	تابلو کنترل	Control Panel
۱۴	کابینت مارشالینگ	MARSHALING Cabinet
۱۵	تابلو PLC	PLC integration
۱۶	تابلوی هشدار دهنده به استثنای ضد انفجار	Annunciation panel
۱۷	کابینت رله جایگزین	Interposing Relay Cabinet
۱۸	برج و پایه روشنایی	Lighting pole/ arm/ tower
۱۹	تابلو کنترل و حفاظت	Protection & Control Panel
۲۰	اتصالات فولادی جوشی (بجز فولاد سوپر آلیاژی)	Steel fusion fitting
۲۱	اتصالات مالیبل	Malleable fitting تا دو اینچ - اتصالات چدنی سالیبل تا (ورودی و خروجی ۳۶)
۲۲	اسکرابر ورودی ایستگاه‌های تقویت فشار	Emulisifier
۲۳	امولسی فایر	TBS-CGS-PCS
۲۴	ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز کابینتی مسطح	Biocide
۲۵	بایوساید	Centrifugal Water Pump
۲۶	پمپ گریز از مرکز آب	Gas dehydration apparatus پکیج نم زدایی گاز
۲۷	تجهیزات نم زدایی	Demulsifier
۲۸	تعلیق شکن	Portable Pipe Cutter
۲۹	تیغه‌های لوله بر هوایی	Scrubbers and Separation Systems
۳۰	جدا کننده ها	Sulzer turbine oil cooler
۳۱	خنک کننده‌های روغن توربین‌های سلولز - ناروس - تایفون	Fire resistant door
۳۲	درب‌های ضد حریق	Gas Odorizer دستگاه بودار کننده گاز (بای پاس - تزریقی)
۳۳	دستگاه بودار کننده گاز	Polyethylene welding machine دستگاه جوشکاری الکترو فیوژن
۳۴	دستگاه جوش پلی اتیلن	Domestic Gas Regulator از سایز ۵ تا ۱۶۰ متر مکعب بر ساعت
۳۵	رگولاتور گاز خانگی	Industrial Gas Regulator با shut off و بدون shut off (تا سایز شش اینچ)
۳۶	رگولاتور گاز صنعتی دیافراگمی	Oil Turbine
۳۷	انواع روغن توربین	F&G SYSTEM INTEGRATION
۳۸	سیستم یکپارچه سازی اعلان حریق	DCS / FCS INTEGRATION
۳۹	یکپارچه سازی سیستم‌های کنترل فیلد باس / توزیع شده	Globe valve شیر بشقابی فولادی فلنجی از سایز ۲ الی ۲۴ اینچ - کلاس ۱۵۰ تا ۲۵۰۰
۴۰	شیر فولادی بشقابی	Butterfly valve شیر پروانه‌ای فولادی - تا ۱۲ اینچ کلاس ۱۵۰ و ۳۰۰
۴۱	شیر فولادی پروانه ای	Ball valve شیر توپی فولادی تمام جوش فلنجی / جوشی - تا سایز ۵۶ اینچ کلاس ۱۵۰ تا ۲۵۰۰
۴۲	شیر فولادی توپی (دستی - گیر بکس یا عمل کننده)	Plug valve شیر سماوری فولادی فلنجی / جوشی از سایز یک تا ۲۴ اینچ کلاس ۱۵۰-۳۰۰-۶۰۰
۴۳	شیر فولادی سماوری (دستی - گیر بکس یا عمل کننده)	Needle valve شیر سوزنی فولادی - یک چهارم تا ۱ اینچ
۴۴	شیر فولادی سوزنی	شیر قطع کننده سریع (Shut off valve)
۴۵	شیر فولادی قطع کن سریع به استثنای کرایژونیک	Gate valve شیر دروازه‌ای فولادی فلنجی از سایز ۲ الی ۲۴ اینچ کلاس ۱۵۰ تا ۲۵۰۰
۴۶	شیر فولادی کشویی	Check valve شیر یک طرفه فولادی فلنجی از سایز ۲ الی ۲۴ اینچ کلاس ۱۵۰ تا ۲۵۰۰
۴۷	شیر فولادی یک طرفه	Control valve
۴۸	شیر فولادی ایمنی / اطمینان / کنترل	شیر اطمینان پایلوت دار Pilot Operated Valve / شیر اطمینان نوع فنری: سایز دو تا سه اینچ کلاس ۶۰۰، ۱۵۰۰، ۲۵۰۰

ردیف	کالا و تجهیزات	شرح تکمیلی
۴۹	انواع ضد خوردگی	Anti-corrosion
۵۰	عایق خارجی لوله‌های فولادی	External surface steel coating
۵۱	عایق‌های رطوبتی، پرایمر سنتتیک	Waterproofing, synthetic primer
۵۲	فلنج‌های فولادی	Steel flanges به جز فولاد سوپر آلیاژی
۵۳	المنت فیلتر	Element filter المنت فیلتر (مخصوص گاز خشک- هوا...)
۵۴	فیلتر گاز خشک	Dry gas filter فیلتر گاز خشک، با ورودی و خروجی ۱۲ اینچ
۵۵	کاتالیست بازیابی گوگرد	(Active Alumina. Tio۲)
۵۶	کاتالیست ریفورمینگ بخار	Steam Reforming
۵۷	کاتالیست گوگردزدایی از گاز	ZNO
۵۸	کاتالیست نفتا ریفورمینگ	CRU
۵۹	کربن فعال	Active Carbon اکتیو کربن
۶۰	انواع کمپرسورهای هوا	AIR COMPRESSOR
۶۱	کولرهای هوایی ایستگاه‌های تقویت فشار گاز در ظرفیت‌های مختلف	Air conditioning of gas composer station
۶۲	لوله فولادی دزدار جهت انتقال حرارت	تا یک اینچ فولادی تیوپ / ERW TUBE
۶۳	مخازن ذخیره اتمسفری	ATMOSPHERIC STORAGE TANK
۶۴	مخازن کروی	SPHERICAL TANK
۶۵	مخازن کامپوزیتی	GRV / GRP / FRP / GRVE
۶۶	مواد شیمیایی (آنتی فوم پایه سیلیکونی)- آنتی فوم، ضد کف	Chemical material (Silicone antifoam)
۶۷	مواد عایق و نسوز	REFRACTORY
۶۸	جاذب PSA	PSA (Pressure swing absorber)
۶۹	میزهای تست شیرهای صنعتی، شیر اطمینان	VLAVE TEST BENCH
۷۰	گرمکن غیر مستقیم	Indirect Water Bath Heater فیلترهای غیر مستقیم گازی تا ظرفیت ۱۰۰۰۰۰
۷۱	دستگاه چاه پیمایی، نمونه گیری	Wire Line Unit / Logging Unit
۷۲	رشته تکمیلی درون چاهی	Conventional Completion Equipment Up to 10000 psi
۷۳	شیر توپی سر چاهی	Ball Valve, 6A, API 3000, 5000 Psi, M/C : AA-FF, 2-1/16 to 7-1/16
۷۴	شیر کاهنده فشار	Choke Valve (Positive/Adjustable) Up to 5000 Psi, psl 1,2,3, M/C : AA-FF
۷۵	تابلو کنترل سر چاهی	Wellhead Control Panel
۷۶	شیر سرعتی	Velocity Check Valve
۷۷	لوله پره دار (فین تیوب)	Finned Tube
۷۸	شیرآلات، اتصالات و جعبه آتش نشانی	Fire Fighting Valve (Hydrant Valve, Gate Valve, Globe Valve, Deluge Valve), Monitors, Nozzle Fitting (Coupling, Adaptors, Caps) Fire hose box & Fire Hose Reel
۷۹	لوله و اتصالات کامپوزینی	GRE/GRP/GRVE Composites PIPES & Fitting
۸۰	پیگ تمیز کننده (کاپ و دیسک)	Cleaning pig
۸۱	عینک ایمنی	Safety Glasses
۸۲	سینی و نردبان کابل، ترانکینگ (کانال پیش ساخته آماده کابل گذاری) و متعلقات	Cable Tray & Ladder. Trunkings And Accessories
۸۳	یاتاقان لغزشی یا اصطکاکی (استوانه ای، کف گرد محوری)	(Journal/Thrust) Sliding Bearing
۸۴	لرزه گیر، اتصالات انعطاف پذیری فولادی و لاستیکی	Metal & Rubber Expansion Joint Flanged End/Butt Weld Ends
۸۵	پکیج دیزل ژنراتور	فارس دیزل-ماه نیرو-مهندسی سازند-فرانوین اندیش اروند-مهندسی وساخت برق و کنترل مپنا
۸۶	دگ‌های آبگرم و بخار	ماشین سازی اراک - فرایند بخار - پاکمن - تاشا - آذرآب - فاتح صنعت کیمیا
۸۷	شیرهای چدنی	مکانیک آب- وگ بی همتا- میرآب - پروانه‌ای تا ۶۴ اینچ فشار کاری ۲۵ بار دروازه‌ای تا ۴۰ اینچ فشارکاری ۱۶ اطمینان دیافراگمی ۸۰۰میلیمترفشلر کاری ۱۶ بار
۸۸	انواع پمپ‌های سانتریفیوژ Over Hung فرایندی	تحت استاندارد API 610 تایپ‌های OH1، OH2، OH3 (رنج کاری) M3/H 1000-2 وهد M 250-10
۸۹	انواع پمپ‌های سانتریفیوژ Bearing Between	تحت استاندارد API610 تایپ‌های BB1, BB2, BB3, BB4, BB5 (رنج کاری) M 1200-10 و هد M3/ 10-2000
۹۰	انواع پمپ‌های سانتریفیوژ Vertical	تحت استاندارد API610 تایپ VS1, VS2, VS4, VS6 M 300-10 و هد M3/H 5-20000
۹۱	پمپ‌های میله مکشی سر چاهی	SRP
۹۲	مته حفاری دندانه‌ای (Tricon)	سایز ۱/۲ - ۱۷ اینچ کد ۱-۲-۱
۹۳	مگنست حفاری	
۹۴	پست‌های کمپکت	
۹۵	صمغ حفاری	
۹۶	دستگاههای پکیج یونیت یکپارچه و مجزا	بیشتر از ۵ تن با کمپرسورهای رفت و برگشتی
۹۷	کنترل کننده هرزروی سیمان	FLC
۹۸	گریس پمپ‌های فشار بالا	
۹۹	دیگ چالشی	
۱۰۰	انواع پره‌های کمپرسور توربین‌های گازی با رنج‌ها و توان‌های مختلف بطور کامل	به استثناء پره‌های ناموجود در AVL وزارت نفت

ردیف	کالا و تجهیزات	شرح تکمیلی
۱۰۱	انواع پره‌های داغ توربین‌های گازی با رنج‌ها و توان‌های مختلف بطور کامل	به استثناء پره‌های ناموجود در AVL وزارت نفت
۱۰۲	انواع پره‌های توربین‌های بخار با رنج‌ها و توان‌های مختلف بطور کامل	به استثناء پره‌های ناموجود در AVL وزارت نفت
۱۰۳	تجهیزات و سیستم‌های صدا خفه کن	Silencer
۱۰۴	بازوهای بارگیری تا سایز ۱۲ اینچ	LoadingArm , Marine , Up to 12"
۱۰۵	انواع توپکهای تمیز کننده - Pig	بجز (توپک هوشمند)
۱۰۶	شاسی تریلر	MOT و MOS
۱۰۷	الکتروپمپ‌های آب	
۱۰۸	پمپ‌های گریز از مرکز آتشنشانی	Horizontal Split Case
۱۰۹	ماده اکسیژن زدا	Oxygen Scavenger
۱۱۰	معلق نگهدارنده ذرات جامد	Non Emulsifier
۱۱۱	ماده بازدارنده(ضد)خوردگی اسید	Corrosion Inhibitor low Temp/ / Corrosion Inhibitor High Temp
۱۱۲	ماده ضد لخته Sludg Anti	
۱۱۳	ماده کاهنده کشش سطحی Reducer Friction	
۱۱۴	افزایه کنترل کننده یون آهن Iron Control	
۱۱۵	ضد امولسیون	Demulsifier
۱۱۶	حلال دوگانه	Solvent Mutual
۱۱۷	خنثی کننده سولفید هیدروژن	Scavenger H2S
۱۱۸	حلال آسفالتین	Xylene
۱۱۹	پاک کننده چند منظوره	Surfactant
۱۲۰	سرامیک‌های صنعتی	
۱۲۱	کوره غیرمستقیم	شرکت‌های نامبرده بایستی کلیه ادوات برقی و ابزاردقیقی را از سازندگان مورد تایید تأمین نمایند
۱۲۲	زانوی تولید Bend Swept (تا فشار کاری 10000 PSL2)	10000 تا فشار کاری PSL2
۱۲۳	صافی -فیلتر	Strainer Basket Type : T. Type / Y. Type , CL. 150-1500 , Body Material : C.I. , C.S. , S.S.
۱۲۴	چال تراش (سوراخ باز کن چاه‌های نفت و گاز)	Oil & Gas Well Drilling Hole Opener
۱۲۵	پایدارکننده چاه‌های نفت و گاز	Oil & Gas Well Drilling Stabilizer
۱۲۶	فلو نازل و اسپری نازل ها	
۱۲۷	تله بخار	
۱۲۸	آجر و جرم‌های نسوز	
۱۲۹	شتیبانی فنر، آویز فنر،)متغیر / ثابت(آویز سفت و محکم / استرچ صلب / صفحه کشویی	Spring Support , Spring Hanger , (Variable / Constant) Rigid Hanger / Rigid Strut / Sliding Plate
۱۳۰	Demister Pad	
۱۳۱	ورق لوله	Tube Bundle / Tube Sheet
۱۳۲	مخازن تحت فشار	بدون محدودیت در جنس، ابعاد و وزن
۱۳۳	برج‌ها به همراه قطعات داخلی شامل سینی و پکینگ	تا قطر ۱۰ متر، ارتفاع ۱۴۰ متر، وزن ۱۵۰۰ تن و بدون محدودیت در جنس
۱۳۴	مخازن ذخیره دوجداره	
۱۳۵	مبدل حرارتی خنک کننده هوا	Air Cooled Heat Exchanger
۱۳۶	Direct Fire Heater	تا ظرفیت ۱۲۰ مگاوات
۱۳۷	کوره زباله سوز	Incinerators
۱۳۸	بسته بازسازی MEG	MEG Regeneration Package
۱۳۹	بسته احیاء TEG	TEG Reclamation Package
۱۴۰	Gas Dryer	خشک کننده گاز با استفاده از ماده جاذب
۱۴۱	Agitator	همزن
۱۴۲	انواع اسکرابرهای تر	
۱۴۳	اواپراتورهای صنعتی (تبخیرکننده)	Forced Circulation Falling Film, Film Rising
۱۴۴	پمپ‌های عمودی آب دریا از نوع سانتریفیوژ و ملخی	
۱۴۵	اتصالات ابزار دقیق	
۱۴۶	DownHole Completion (Conventional)	تمام اندازه‌ها فشار کار: 5000 , 10000 PSI
۱۴۷	کابلهای کنترل ابزاردقیق	
۱۴۸	صفحه اوریفیس	Orifice Plate
۱۴۹	لباس کار	
۱۵۰	کابل‌های کنترل برق	
۱۵۱	سونیچ گیرهای کشویی فشار ضعیف	
۱۵۲	سوئیچگیرهای ثابت فشار ضعیف	(ساختمانهای غیرصنعتی)
۱۵۳	هادیهای خطوط انتقال	
۱۵۴	باسداکت محفظه فلزی فشار ضعیف و متوسط	
۱۵۵	خم الغایی گرم تا سایز ۵۶ اینچ	Hot Induction Bend - فقط مربوط به خطوط انتقال گاز طبیعی تا سایز ۴۲ اینچ
۱۵۶	راکتور شیمیایی، فرایندی	
۱۵۷	بویلر بازیافت حرارتی	

ردیف	کالا و تجهیزات	شرح تکمیلی
۱۵۸	پکیج شیرین سازی (Gas sweetening)	واحدهای شیرین سازی گاز ترش از طریق گاز آمین - آمین MEA-DEA-MDEA
۱۵۹	کوره ریفرمر	تا 175 Ton/h تولید هیدروژن و Co2
۱۶۰	توربو اکسپندر (انبساطی)	Expansion - به جز موارد استفاده در پتروشیمی
۱۶۱	توربین گازی MGT-40 و تجهیزات جانبی آنتوان (42 MW)	
۱۶۲	انواع مخازن دو جداره (کرایوژنیک)	مطابق با مشخصات مندرج در AVL (جهت تکمیل ردیف ۵۰ ابلاغیه ۸۴-۲۰/۲ مورخ ۱۴۰۰/۰۲/۱۱)
۱۶۳	مخازن ذخیره سقف ثابت و شناور	
۱۶۴	پمپ رفت و برگشتی با محرک بخار	تا ۲۰۳ اسب بخار ۲۵ بار
۱۶۵	پمپ رفت و برگشتی گل	تا ۱۶۰۰ اسب بخار ۵۰۰ بار
۱۶۶	پمپ بلانچری	
۱۶۷	پمپ رفت و برگشتی دو عمله پیستونی-جهت تامین آب مصرفی دکل های حفاری	ماکسیمم قدرت ۲۲۰ اسب بخار
۱۶۸	سیستم های تصفیه آب صنعتی)آب (DM	
۱۶۹	تجهیزات تصفیه فاضلاب صنعتی	مشروط به تایید HSE خریدار
۱۷۰	سیستم های آب شیرین کن اسمز معکوس (RU)	
۱۷۱	پمپ خلاء حرارتی(اجکتور)انواع صنایع شیمیایی، نفت و گاز، غذایی و سلولزی	
۱۷۲	پکیج سولفور زدایی (SRU)	
۱۷۳	سیستم پایانه راه دور (RTU)	
۱۷۴	سیستم کنترل دور موتور مبدل های الکتریکی و الکترونیکی (VFD)	
۱۷۵	اکجوتور الکتریکی شیرها-اکجوتور الکتروهیدرولیک شیرهای کنترلی-هیدرولیکی-الکترونیکی-پنوماتیکی	
۱۷۶	Magnetic Speed Pickup	سنسور سرعت توربین و کمپرسور
۱۷۷	انواع Thermocouple از قبیل تایپ مولتی پوینت، K-J	سنسوردمای توربین و کمپرسور- به جز ضد انفجار
۱۷۸	Pig Detector	
۱۷۹	Magnetic Level Gauge Magnetic Level Transmitter	در صورت درخواست سوئیچ ضد انفجار، سازنده باید سوئیچ ضد انفجار دارای گواهی تامین نماید
۱۸۰	طراحی و ساخت انواع مخازن فیلتر شنی	Diameter 3 m -Capacity 550 GPM-Diameter 150 Cm-Flow Rate 21.5-m^3\h
۱۸۱	مهارکننده شعله یا شعله پوش (Flame Arrestor)	
۱۸۲	ابزارهای اندازه گیری و فشارشکن جریان سیالات از قبیل Flow Nozzle-Venturi Tube-Pitot Tube	مطابق با مشخصات مندرج در AVL (جهت تکمیل ردیف ۴۲ ابلاغیه ۸۴-۲۰/۲ مورخ ۱۴۰۰/۰۲/۱۱)
۱۸۳	پکیج تولید گاز هیدروژن به روش Membrane	تا ظرفیت Nm3/h 150000
۱۸۴	80000 m3/h الی 20m 3/h بلوترهای هوا	
۱۸۵	کمپرسورهای سانتریفیوژ هوای ابزار دقیق تا ۱۰ بار	
۱۸۶	گریس پمپ پنوماتیک-هیدرولیک جهت تزریق کامپوندهای آببندی و روانکاری شیرآلات تا فشار 10000 PSI	مطابق با مشخصات مندرج در AVL (جهت تکمیل ردیف ۱۴ ابلاغیه ۸۴-۲۰/۲ مورخ ۱۴۰۰/۰۲/۱۱)
۱۸۷	گریس عملیات حفاری (دوپ) از نوع پودر مس گریس روانکاری و آببندی شیرآلات سرچاهی	doop
۱۸۸	گریس های آببندی و روانکاری شیرآلات صنعتی از نوع گیاهی	
۱۸۹	گیج اختلاف فشار (پیستونی)	
۱۹۰	تجهیزات سرچاهی و تاج چاه بهره برداری تا ESP 10K	Wellhead ESP
۱۹۱	کمپرسور	Integrally Geared-3 Stage 4/2 MW
۱۹۲	Fire Flame Detector	برای آشکارسازی شعله های بویلر، برنر، مشعل، کوره، توربین گازی با طیف فرابنفش UV
۱۹۳	رنگ های دریایی	به استثناء Submerged Application
۱۹۴	توپک آببندی	Swellable Packer
۱۹۵	دستگاه بازیافت بخارات بنزین جایگاه های سوخت	
۱۹۶	کوپلینگ فلکسیبل ماشین های دوار	
۱۹۷	ابزار حفاری انحرافی MWD	
۱۹۸	آب بند خشک (Dry Gas Seal)	
۱۹۹	Suction And Discharge Valve	
۲۰۰	یونیت نمودارگیری از گل حفاری	Mud Logging Unit
۲۰۱	دستگاه هات تپ	
۲۰۲	Quick Opening Closure	
۲۰۳	موادوزن افزا در حفاری: -نمک حفاری -فروبار(هماتیت) -کلسیم کربنات(لایمستون) -کلسیم کلراید	مطابق با مشخصات مندرج در AVL (جهت تکمیل ردیف ۸ ابلاغیه ۳۵۱-۲۰/۲ مورخ ۱۳۹۷/۰۵/۲۱)
۲۰۴	پوشش های مقاوم به حریق پایه سیمانی	

تبصره ۱: مشخصات اقلام فوق مطابق مشخصات مندرج در AVL می باشد.

تبصره ۲: تجهیزاتی از فهرست فوق که در پروژه های جدید از سازنده اصلی خارجی (OEM) خریداری شده است و خرید اقلام داخلی منجر به لغو گارانتی می گردد منوط به ارائه مستندات مکفی و تایید و مسئولیت بالاترین مقام اجرایی شرکت تابعه از شمول این بخشنامه خارج است.

آمارهای کیفی و کمی؛

چالش رتبه بندی اقتصاد صنعتی

دکترعنایت اله مهمی

ما در عصر آمار زندگی می کنیم. افسون آمار و استبداد اعداد آنگونه که دکتر جواد صالحی اصفهانی، از اقتصاددانان کشور نامگذاری کرده است، تصویر ما را از جهان شکل می‌دهد. گاهی حتی مفاهیم غیر کمی را نیز در قالب آمار ارایه می‌دهیم و اغلب از چون و چرا و تشکیک در درستی آنها اکراه داریم. اما واقعیت این است که آمارها نیز مانند هر دست ساخته بشر از خطاها و سوگیری های شخصی و اغراض سیاسی و اقتصادی در امان نیستند. گاه شیوه های آمارگیری دقیق و علمی نیستند، گاه بیان کننده آمار بخشی از آمار را سهوا یا عمدا نادیده می گیرد. گاهی نیز آمار و شیوه بیان آنها درست است، اما برداشت و تفسیر ما از آنها نادرست و پرشائبه است. زمانی نیز احساس جمعی جامعه با نتایج داده های آماری همخوان نیست. به عنوان مثال دولتمردان گاهی اعدادی را به عنوان نرخ تورم یا بیکاری ارایه می دهند که با درک و تلقی جامعه همخوانی ندارد و بیشتر چشمه جوشان ذوق و سلیقه مطایبه گران و طنزپردازان را سیراب می کند. برای تحلیل دقیق تر آمارها را می‌توان به سه دسته بزرگ طبقه بندی کرد.

دسته اول آمارهایی هستند که به طور کامل با مفاهیم کیفی سر و کار دارند و برای تبدیل آنها به مفاهیم کمی از منطق فازی و تعاریف عرفی، ملی یا جهانی استفاده می‌شود. نمونه بارز این دسته مفاهیمی چون شادی، موفقیت، تروریسم، شفافیت، آزادی بیان و ... می باشد. نخستین تشکیک در این دسته از آمارها شاخص هایی است که مابه ازای مفاهیم کیفی و برای تبدیل آنها استفاده می‌شود. به عنوان مثال اغلب برای سنجش مفاهیمی مانند شادی انسانها از تجمیع چند شاخص به خصوص شاخص‌های اقتصادی کشورها بهره گرفته می‌شود. در حالی که واضح است چنین شاخصی می‌تواند گمراه کننده تلقی گردد.

روانشناسی مدرن هم این تناقض را به عنوان پاردوکس " ایسترلین " شناخته و قبول کرده است. همانگونه که ایسترلین در نتایج تحقیقات خود بر روی مردمان ۳۵ کشور مختلف جهان نشان داده است هیچ رابطه معناداری بین تولید ناخالص

داخلی کشورها و احساس خوشبختی وجود ندارد. احساس خوشبختی مفهومی درونی بوده که بسیار بیش از آنچه با رفاه و شرایط اقتصادی مرتبط باشد با نوع نگرش و جهان بینی افراد، وضعیت سلامت و شغل افراد و مفاهیمی غیر مرتبط با پول همبسته می‌باشد. البته دسترسی به حداقل هایی از زندگی نیز در مفهوم خوشبختی بی تاثیر نیست. حتی اگر شاخص های استفاده شده در ارزیابی مفاهیم کیفی و تبدیل آنها به اعداد و ارقام درست باشد، شائبه سیاسی بودن و تاثیر سوگیری دولت‌ها در نتایج آنها دارای شواهد بسیار و اغلب غیر قابل انکار می‌باشد
.

همچنین یک نشانه دیگر برای بی اعتمادی بر این آمارها مقایسه جایگاه چند کشور در رنکینگ های چند موسسه متفاوت ارزیابی کننده، می‌باشد. به عنوان مثال ژاپن در برخی رنکینگ‌ها رده های زیر ۲۰ را دارد و در برخی ارزیابی‌های موسسات دیگر رتبه‌های ۵۰ و حتی بالای ۹۰ نیز دریافت کرده است.

دسته دوم آمارهایی است که با مفاهیم نیمه کمی سر و کار دارند یا آمارهایی که نیاز به جمع آوری داده هایی پیچیده و تبدیل های دشوار دارند مانند تولید ناخالص داخلی، سرانه مطالعه، نرخ بیکاری، توسعه انسانی و... به عنوان مثال نرخ بیکاری بر مبنای یک قرارداد یا تعریف سنجیده می‌شود. در ایران تا سال ۱۳۸۳ بر اساس قانون، بیکار به فردی اطلاق می‌شد که کمتر از دو روز در هفته مشغول به کار بود، اما سازمان‌های جهانی دو ساعت کار در هفته را شاخص بیکاری تعریف کرده بودند. بنابراین از ابتدای سال ۸۴ دولت وقت برای هماهنگی با معیارهای جهانی تعریف بیکاری را اصلاح کرد. در این شرایط واضح است که در سال مورد نظر آمار اشتغال به طرز قابل توجهی بهبود یافت البته بدون آنکه در اصل میزان بیکاری تغییری حاصل شده باشد.

تولید ناخالص داخلی نیز علیرغم روایی و شهرت زیاد از آمارهایی است که مفهومی پیچیده داشته و با انتقادهای زیادی از طرف برخی اقتصاددانان مواجه است. تولید ناخالص داخلی بر مبنای تعریف، ارزش کل تولیدات یک کشور شامل کالا و خدمات در یک بازه زمانی تعریف شده، مانند یک سال یا یک فصل است. نخستین دشواری بر اساس همین تعریف در محاسبه خدمات است. به عنوان مثال چگونه می‌توان خدمات آموزش معلمین، خدمات خود اشتغالی، خدمات کشاورزی غیر بازاری (مزرعه داری خصوصی و...) و همینطور مبادلات غیر شفاف را محاسبه کرد. برخلاف تصور، اقتصاد غیر شفاف یا زیرزمینی محدود به هزینه‌های قاچاق و فروش سلاح یا مواد مخدر نمی شود. همانگونه که "هرناندو دوسوتو" در کتاب مشهور و تحسین برانگیز "راز سرمایه" نشان داده است، بخش قابل توجه اقتصاد برخی کشورها مانند کشورهای در حال توسعه، خارج از قانون در جریان است و بنابراین در چرخه محاسبه تولید ناخالص ملی دیده نمی شود.

برآورد تیم هرناندو دوسوتو نشان می‌دهد فقط در مصر و تنها در بخش مسکن ۲۴۰ میلیارد دلار سرمایه فاقد اعتبار و اسناد رسمی و در واقع خارج از قانون وجود دارد. چنین وضعیتی بر اساس مطالعه گروه دوسوتو کم و بیش در اغلب کشورهای در حال توسعه وجود دارد. چنین سرمایه هایی در برآورد تولید ناخالص داخلی کشورها دیده نمی شود. بنابراین بدیهی است جایگاه چنین کشورهایی در ارزیابی تولید ناخالص داخلی به هیچ وجه قابل استناد نیست. البته دشواری های محاسبه تولید ناخالص داخلی محدود به این موارد نیست. پس از محاسبه تولید ناخالص داخلی توسط موسسات ملی با تمام این عدم قطعیت ها، لازم است این مقادیر به یک مبنا یا واحد پول جهانی مشترک نیز تبدیل گردد. به ظاهر این کار چندان دشوار نیست. بر اساس نرخ مبادله ارز که بانک‌های مرکزی کشورها به صورت منظم اعلام می کنند، می‌توان نسبت ارزهای هر دو کشور دلخواه را محاسبه کرد و بر اساس آن تولید ناخالص داخلی کشورها را با یک ارز ثابت مانند دلار و با یک سال پایه، محاسبه و طبقه بندی نمود. اما دکتر کاسل نخستین اقتصاددانی بود که متوجه نادرستی این تبدیل شد. نرخ برابری ارزها با قدرت خرید واقعی آنها در کشورهای مختلف یکسان نیست. به عنوان مثال اگر یک یورو در نرخ تبادل ارزی با ۱/۱ دلار برابر باشد انتظار می‌رود با ۱/۱ دلار در آمریکا همان میزان کالای ثابت (کالاهای مستقل از کیفیت مانند خودرو یا یک ساندویچ مک دونالد) خریداری کرد که با یک یورو در اتحادیه اروپا. اما در واقع امر چنین نیست، برخی کشورها از ارزانی نسبی بالاتری برخوردارند، هفت یوآن چین که در مبادلات جهانی معادل یک دلار است در کشور چین قدرت خرید به مراتب بالاتری دارد تا یک دلار آمریکا در آمریکا. به زبان ساده تر ما در محاسبه تولید ناخالص داخلی، کالاها و خدمات برخی کشورها را پایین تر از ارزش واقعی آنها محاسبه کرده ایم.

اقتصاددانان برای رفع این مشکل کمیت تولید ناخالص داخلی بر مبنای برابری قدرت خرید را پیشنهاد داده اند (purchasing power parity,ppp). در این کمیت، ارزش واقعی پول کشورها در محاسبات مختلف از جمله تولید ناخالص داخلی دخیل می‌شود. تقریبا تمامی موسسات جهانی از جمله بانک جهانی و صندوق بین المللی پول همواره به موازات و در کنار تولید ناخالص داخلی کشورها، تولید ناخالص داخلی کشورها بر مبنای برابری قدرت خرید را نیز ارایه می‌دهند. پرسش جالب توجه اما این است که آیا با این کمیت، جایگاه کشورها در طبقه بندی تولید ناخالص داخلی تغییر می کند؟ به زبان ساده آیا تولید ناخالص داخلی کشورها با تولید ناخالص داخلی کشورها بر مبنای برابری قدرت خرید فرق خواهد داشت؟. پاسخ مثبت است. به عنوان مثال، چین که در اغلب تحلیل‌ها اقتصاد دوم جهان لقب گرفته است، همانگونه که گراهام آلیسون استاد دانشگاه هاروارد می گوید، همین الان هم اقتصاد اول دنیاست. اقتصاد این کشور بر اساس تولید ناخالص داخلی بر مبنای برابری قدرت خرید، حدود یک ششم از اقتصاد آمریکا بزرگتر است. اقتصاد ایران نیز که در اغلب رنکینگ‌های جهانی در ردیف ۲۷ تا ۳۰ جهانی قرار می گیرد، بر اساس تولید ناخالص داخلی با تعدیل برابری قدرت خرید تا جایگاه هفدهم جهان نیز بر حسب آنکه شاخص کدام موسسه انتخاب شود، ارتقا می‌یابد.

دسته سوم آمارهایی است که با مفاهیمی کاملا کمی و نسبتا دقیق مرتبط بوده و اگر از طریق مراجع معتبر و یا نهادهای بین المللی تهیه شده باشد، تشکیک در درستی آنها امکان پذیر نبوده و مبنایی قابل اعتماد برای درک و سنجش کشورها می‌باشد. آمارهایی مانند امید به زندگی، سرانه مصرف انرژی، ارزش صادرات، نرخ مرگ و میر نوزادان، وضعیت حمل و نقل و شبکه‌های ارتباطی، تحصیلات، سرانه انتشار کتاب و غیره. این دسته از آمار چه از طرف سازمان‌های ملی و چه از طریق نهادهای بین المللی تهیه شده باشد، به دلیل مبنا قرار گرفتن شاخص‌های یکسان و غیر قابل تردید، از هر گونه شائبه سوگیری یا روش‌های محاسبه نادرست یا تبدیل های فاقد مبنا، مبرا خواهد بود. به عنوان مثال میزان تولید و مصرف انرژی در کشورهای مختلف بر اساس مقادیر تولیدی نیروگاهها یا مقادیر خرید از کشورهای مجاور و افت تقریبی شبکه‌های توزیع با دقت نسبتا بالایی قابل محاسبه می‌باشد. تولید و مصرف انرژی همچنین به عنوان یک شاخص بسیار کارآمد که توسعه یافتگی کشورها حتی در سایر زمینه‌ها را نیز بازتاب می‌دهد قابل استفاده می‌باشد. طول خطوط شبکه راه آهن، بزرگراه‌ها و جاده‌های کشورها و همینطور متروهای شهری نیز با دقت بسیار بالا و غیر قابل تردید در دسترس می‌باشد. شمارگان و تعداد کتابهای منتشر شده نیز در ردیف همین دسته از آمار است. آمار صادرات کشورها نیز اعدادی نسبتا دقیق و غیر قابل تردید می‌باشد. بسیاری از اقتصاددانان سالهاست آمارهای این دسته یعنی گروه سوم داده‌ها را مبنایی بسیار دقیق تر برای سنجش و ارزیابی جایگاه کشورها قلمداد می کنند. مبنایی که از هرگونه تشکیک و شائبه‌های سیاسی مبرا می‌باشد. در کاربرد و استناد به دسته دوم آمارها بهتر است دقت و ملاحظات زیادی را لحاظ نمود و از نتیجه گیری‌های شتابزده اجتناب نمود و بالاخره دسته نخست آمارها بیشتر می‌تواند جنبه سرگرمی یا دستمایه گروکشی‌های سیاسی یا پروپاگاندای خبری قرار گیرد.

کدام دسته از مدیران تاثیر گذار تر هستند؟

عزیز میردار کوچ رهبران و مدیران اجرایی
آکادمی کوچینگ FCA

برای سال‌های متمادی این موضوع، فکر من را به خود مشغول کرده بود که کدام دسته از مدیران، تاثیرگذارتر هستند؟ کدام دسته از آنها حس تعلق ۱ بالاتری در کارکنان‌شان ایجاد می‌نمایند؟ کدام دسته از آنها موفقتر هستند؟ این دغدغه‌های ذهنی و پرسش‌هایی که در سال‌هایی که به‌عنوان یک مدیر، مسئولیت یک تیم را به‌عهده داشتم و زمانی که با کوچینگ آشنا شدم، بارها و بارها ذهن من را درگیر کرده بود.

اما مهمترین عامل کدام است؟ کدام مورد را اگر انجام ندهی هنوز هم می‌توانی مدیر تاثیرگذاری باشی؟

چرا برخی از مدیران را می‌بینم که بعضی از این موارد را انجام نمی‌دهند، ولی مدیر موفقی هستند؟

در دنیای امروز به‌صورت مستمر، مدیرانی را می‌بینیم که دیکتاتور، خودرأی، بداخلاق و تندخو هستند. اشتباهات را بر نمی‌تابند و انگار، داستان زندگی آنها همانند پادشاهان معروف هزاران سال قبل است که کشورگشایی می‌کردند و امروز با نام نیک از آنها یاد می‌شود و کسی خشونت‌های آنها را به‌یادنمی‌آورد.

چرا آنها مدیرانی موفق هستند؟ کدام ویژگی، از آنها یک مدیر الهام‌بخش ساخته است؟

چندین سال قبل، فرصت این را داشتم که مدتی، برای یک دوره کارآموزی و آموزشی در ژاپن باشم و از نزدیک با فرآیندهای مدیریتی در برخی شرکت‌ها آشنا شوم. یکی از این شرکت‌ها، شرکت معروف خودروسازی نیسان ۲ بود. هر جای این شرکت سرکشی می‌کردم، در فرآیندهای مختلف کاری، یک اسم بود که در داستان‌های کارکنان آن شرکت می‌شنیدم. حتی برخی اوقات در خارج از شرکت و در جامعه ژاپنی نیز این اسم را به‌عنوان مدیری تاثیرگذار که هم موافقان و هم مخالفان پرشمار داشت می‌شنیدم، "کارلوس گون" ۳.

1.Engagement

2.Nissan

3.Carlos Gone

بسیار کنجکاو بودم که او چطور مدیری بوده و کدام ویژگی او، چنین تاثیرگذاری داشته است؟!

زمانی که در مورد او کنجکاوی می کردم بیشتر موارد، از تصمیماتی می‌شنیدم که شبیه یک خودرأیی بوده و او مسیری را می‌رفته که تیم او حتی به آن تردید داشته است.

پس این پرسش، دوباره در ذهنم پررنگ‌تر می‌شد. کدام ویژگی او، از او یک مدیر موفق ساخته است؟! هیچ‌کدام از داستان‌هایی که در مورد او می‌شنیدم در مورد یک انسان مهربان و نیکوکار نبود که حامی کارکنانش بوده و تصمیم‌های مشارکتی می‌گرفته است!

هیچ داستانی در مورد فردی که همیشه در جشن بوده یا فرآیندهای قدرتمندی برای دریافت بازخورد از تیمش داشته است، نشنیدم!!

این سوال، مدام در ذهن پرسش‌گر من مطرح می‌شد که کدام ویژگی او باعث این تاثیرگذاری شده است؟

اگر بخواهم با تجربیات امروزم در مورد مدیران و اینکه چطور می‌توانند مدیران تاثیرگذارتری باشند به این پرسش پاسخ دهم، می‌توانم این‌طور فکر کنم:

۱- اطمینان دارم هیچ روش یا رویکرد واحدی برای تاثیرگذاری یک مدیر وجود ندارد که بتوان مانند یک نسخه آن را به همه تجویز کرد و ممکن است مدیران مختلف با رویکردها و سبک‌های مخصوص به خودشان، موفق باشند.

۲- تاثیرگذاری یک رهبر در مورد دستاوردهای اوست، نه لزوما بر اساس سبک و روش مدیریتی او. عملا این دستاوردهای اوست که سبک او را معرفی می‌کند. آیا می‌توانید یک رهبر را متصور شوید که یک سبک رهبری الهام‌بخش دارد، ولی دستاورد قابل توجهی ندارد؟!

۳- زمانی که از دستاورد یک مدیر یا یک رهبر صحبت می‌کنیم، گفتگوی ما در مورد دستاودهای تیم اوست نه دستاوردهای شخصی او. به‌طور مثال، رهبران یا مدیران بزرگ دنیا را به خاطر بیاورید. احتمالا چیزی که در ذهن دارید این‌ست که آنها توانسته‌اند سازمان یا بخشی از یک سازمان را به موفقیت برسانند، نه اینکه مانند کیمیاگرها در گوشه آزمایشگاه بر اساس نبوغ خودشان فرمولی را کشف کرده باشند. قدرت هر مدیر از قدرت اعضاء تیم او و قدرت هر رهبر از قدرت پیروانش سرچشمه می‌گیرد. پس، یکی دیگر از نکات اصلی در مورد یک مدیر تاثیرگذار، عملکرد تیم تحت مدیریت اوست.

زمانی که این سه موضوع را کنار هم می‌گذارم به این نتیجه می‌رسم که تاثیرگذاری و موفقیت یک مدیر به معنی پیداکردن روشی منحصر به فرد برای موفقیت تیمش است.

برای پیداکردن سبک منحصر به‌فرد خودمان بیشتر از هر چیز دیگری نیازمند خودآگاهی هستیم. خودآگاهی، توانایی نظارت بر احساسات و واکنش‌های‌مان است. این توانایی به ما این امکان را می‌دهد نقاط قوت، ضعف، محرک‌ها و سایر ویژگی‌های خودمان را بشناسیم. خودآگاهی به این معناست که نگاهی عمیقتر به احساسات خود داشته باشیم. به ما کمک می‌کند بدانیم چرا احساس خاصی داریم و چگونه احساسات ما می‌تواند به واکنش تبدیل شود.

همچنین خودآگاهی به ما این امکان را می‌دهد که نسبت به موقعیت‌ها یا افرادی که ممکن است ما را به خطر بیندازند، واکنش بهتری نشان دهیم.

هنگامی که از احساسات خود و نحوه مدیریت آنها آگاه هستید، برای کار بر روی آنها مجهز می‌شویم و از درگیری‌های غیرضروری اجتناب می‌کنیم. این، همچنین به شما کمک می‌کند که الگوی خوبی برای تیم خود باشید و آنها راحتتر با سؤالات یا نگرانی‌های‌شان به ما نزدیک شوند. حتی اگر در حال حاضر، خودمان را یک مدیر موفق نمی‌دانیم، توسعه خودآگاهی اولین قدم برای پیشرفت ماست.

خودآگاهی، مانند یک چراغ راهنما برای مدیر، عمل می‌کند تا بتواند رفتارهای خود در مقابل تیمش را به نحوی تنظیم کند که آنها را در بهترین موقعیت برای عملکرد بالاتر قرار دهد.

زمانی که از عملکرد بالاتر اعضاء تیم صحبت می‌کنیم در حقیقت از طرزفکر مدیر در مورد همکارانش صحبت می‌نماییم. بنابراین می‌توانم بگویم یک مدیر تاثیرگذار و موفق می‌تواند کسی باشد که به‌طور مستمر به ایجاد شرایطی برای توسعه عملکرد تیمش فکر می‌نماید. همین جاست که مفهوم مدیر در نقش توسعه‌دهنده[1] معنی پیدا می‌کند.

ممکن است ویژگی‌های مختلفی وجود داشته باشد که می‌تواند باعث موفقیت یک مدیر باشد، اما یک ویژگی که در همه مدیران موفق سراغ دارم این است که برای رشد و توسعه تیم‌شان دغدغه دارند و افراد را در مسیر رشد قرار می‌دهند. آنها معمولا ریسک می‌کنند و افرادی را که به نظرشان پتانسیل‌های خوبی دارند، به کار می‌گمارند. از اینکه افراد را در معرض تجربه‌های جدید قرار دهند نمی‌ترسند و در نهایت، کارکنان آنها معمولا مدیران آینده هستند.

مثال دیگر من از این گونه رهبران، یک کارلوس دیگر درکنار کارلوس گون شرکت نیسان است. "کارلوس کیروش۲".

شما چه اهل فوتبال باشید، چه نباشید احتمالا اسم او را شنیده‌اید. چرا او تا این اندازه معروف و تاثیرگذار است؟! کسانی که که نتایج او را دنبال می‌کنند، می‌دانند معروفیت او به دلیل قهرمانی‌های فراوان او نیست. به نظرم دلیل معروفیت او هم این است که اعضاء تیمش، او را دوست دارند. او به راحتی به بازیکنان جوان و بااستعداد، فضای حضور می‌داد و همین باعث شده بود نسلی از بازیکنان، پیشرفت خود را مدیون او بدانند و حامی اصلی او در مقابل همه انتقادها باشند.

پس، اگر به‌عنوان یک مدیر می‌خواهید فقط یک کار برای موفقیت خودتان انجام دهید، این باشد که شرایطی را برای توسعه کارکنان‌تان فراهم نمایید. چون بعد از آن، عملکرد آنها تبدیل به دستاوردهای شما خواهد شد.

1. Manager as a Developer
2. Carlos Queiroz

محدوده، نقشها و مسئولیتها در مطالعه خطر-کار-۴

نقش راهبر جلسات خطر-کار

منصور محسنی اصل
کارشناس ارشد بخش ابزار دقیق و کنترل شرکت طراحی و مهندسی صنایع پتروشیمی

پیشگفتار:

همانگونه که در بررسی و مرور استاندارد جلسات خطر-کار دیدیم و در حین مباحث قبلی بارها بدان اشاره شد جلسات خطر-کار تحت هدایت و راهبری شخصی انجام می‌شود که علاوه بر داشتن مشخصات ویژه می‌بایست وظایف و نقش خود را در به نتیجه رساندن موفقیت آمیز جلسات به نحو احسن ایفا کند. هرگونه ضعف و یا قوت فردی که می‌بایست این مشخصات را داشته و وظایف خود را انجام دهد به‌صورت کامل و مستقیما نتایج و درصد موفقیت جلسات را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در نتیجه انتخاب مناسب این فرد اهمیت بسیار بالایی دارد. در این قسمت سعی می‌کنیم بهتر مشخصات و وظایف این نقش را بشناسیم.

۴-۲) وظایف کلی راهبر جلسات خطر-کار:

مهمترین وظایف راهبر جلسات خطر-کار را می‌توان به شرح ذیل بیان کرد (بر اساس جزوات و نشریات شرکت طراحی مهندسی "گروه تکنولوژی ک.ال.ام"):

۱- آماده سازی و تدارکات مطالعه

۲- توصیه در انتخاب افراد و ترکیب گروه مطالعه خطر-کار (مخصوصا به لحاظ تخصص و نقش انها)

۳- تنظیم شیوه اجرا و تعاریف برای محدوده مطالعه

۴- سرکشی کردن و هدایت گروه طوفان مغزها (تضارب آرا) در بررسی علتها، پیامدها و تبعات رویدادها و حوادث احتمالی

۵- شکل دهی مناسب به توصیه‌ها و اقدامات اصلاحی

برای پیاده سازی وظایف فوق، شخص راهبر می‌بایست از قبل آموزشها، تجربیات و توانایی هایی را کسب کند تا به همراه استفاده از ویژگی های شخصیتی خود بتواند هماهنگی لازم بین اعضای گروه را بوجود آورد، اما پیش از هر چیز باید توجه داشت که این شخص نقش راهبری گروه را بعهده دارد. بعبارت ساده تر در تمام قسمتهای استاندارد و نیز سایر کتب و جزوات راهنمای کمکی از نقش این شخص بعنوان راهبر جلسات نام برده می‌شود و نه رئیس جلسات. اما فرق راهبر و رئیس جلسات چیست و چرا به راهبر بودن این شخص تأکید می‌شود؟

شکل ۱-۴: نقش اساسی راهبر جلسات گروه خطر-کار چیست؟

۴-۳) نقش آفرینی‌های مختلف یک راهبر:

راهبر یک گروه، فردی است که با کمک راهنمایی‌ها و دستورات به عملیات و فعالیت‌های کارگروه سرکشی کرده و خروجی عمل آنها را هدایت می کند و بعبارتی ساده تر راهبر یک گروه کسی است که سمت و سو، دستورات و راهنمایی هایی برای یک مجموعه افراد برای دستیابی آنها به یک هدف مشخص را فراهم می کند. یک راهبر بصورتهای مختلفی ممکن است برای کارگروه نقش آفرینی کند که برخی از آنها عبارتند از (۱):

- نقش مدیری یا مباشری (نظارت): مسئول سرکشی به فعالیت‌ها و اقدامات کارگروه.
- نقش استراتژیست: مسئول تصمیم گیری برای چگونگی نیل به اهداف، و توسعه و بسط طرح و برنامه برای به انجام رساندن آنها.
- نقش برقرار کننده ارتباطات: مسئول توزیع اطلاعات به اعضای گروه و سایر ذینفعان (دست اندر کاران).
- نقش سازمان دهنده: مسئول حفظ و برقراری مسیر انتقال و ساختار اهداف مختلف، کارکنان و مستندات.
- نقش تنظیم کننده هدف: مسئول مشخص کردن اهدافی که اعضای تیم به سمت آنها کار خواهند کرد.

هر نقش ممکن است مسئولیتهایی برای فرد ایجاد کند که با مسئولیتهای سایر نقشها همپوشانی داشته باشد. برای مثال نقشهای مدیری و برقرار کننده ارتباطات، هر دو آنها استراتژی های مباحثه با گروه و جهت دادن شفاهی آنها برای نیل به اهداف را شامل می‌شوند.

با توجه به نقش آفرینی های مختلف راهبر، می توان بطور کلی مسئولیتهای راهبر را به شرح زیر بیان کرد:

هدایت و سازمان دهی اعضای گروه، تقویت بنیه گروه و بهبود و جبران نقایص افراد (با استفاده از مهارت و به کارگیری امکانات در دسترس)، مشخص کردن اهداف گروه و ارزیابی پیشرفت گروه و مقدار دستیابی اهداف، حل و فصل تناقضات و موارد ابهام دار، سازمان دهی ابتکارات و خلاقیتهای گروه و به کارگیری ترفندهایی برای بسترهم افزایی اعضای گروه (در حین جلسات یا فعالیت‌های جمعی).

باتوجه به مسئولیتهای فوق یک راهبر باید دارای مهارتهای مختلفی از قبیل: مهارتهای برقراری ارتباطات شفاهی و غیر شفاهی، مهارتهای سازماندهی، مهارتهای ایجاد همگرایی و تجمیع، مهارت حفظ حریم‌ها و اخلاق تعاملات محرمانه (در صورت لزوم با تک تک اعضاء) و یا شفافیت سازی (برای بخشی یا تمام گروه)، مهارت مراقبت شخصی و عدم انحرافات فاحش در جهت ایجاد و حفظ حس قابلیت اعتماد برای تمامی اعضای گروه.

اما رئیس یک گروه نیز می‌تواند دارای وظایف و نقشهایی مشابه راهبر یک گروه باشد، اما تفاوت او با راهبر چیست؟ مهمترین تفاوت آنها به نحوه ارتباط آنها با اعضای گروه برمی گردد. شکل ۲-۴ تا حد زیادی به‌صورت تصویری و بدون شرح اضافی تفاوت یک راهبر و یک رئیس گروه را نشان می‌دهد.

شکل ۲-۴ : تفاوت و مقایسه نقش اساسی راهبر با رئیس گروه

اما تفاوت نقش رئیس با راهبر در ارتباط با افراد تیم خود، مشخصات و ویژگی هایی برای هر یک از این دو شخصیت ایجاد می کند، که آنها را از هم قابل تمایز می سازد. شکل ۳-۴ نیز به‌صورت تصویری و فارغ از هرگونه توضیح اضافی دیگر، تفاوت شخصیتهای رئیس و راهبر یک گروه را نشان می دهد.

شکل ۳-۴ : ویژگیها و تفاوت شخصیت رئیس و راهبر یک گروه

اکنون می توانیم دریابیم که چرا برای یک گروه مطالعه خطر-کار به یک راهبر گروه نیاز داریم و نه رئیس گروه. به عبارت دیگر ما برای ایجاد همدلی، اشتیاق به نقش آفرینی، ارائه هر نظر بدون هراس، بهره گیری از راهنمایی جهت انجام صحیح فعالیت، یک داور منصف، قابل اعتماد و خوش نیت برای رفع اختلافات، و... برای گروه به یک شخصیت راهبر نیاز داریم، و به همین دلیل هیچگاه نامی از رئیس گروه برده نمی شود. راهبر گروه درکنار گروه و هماهنگ با آنها برای رسیدن به هدف مورد نظر فعالیت می کند و نه آنکه از آنها جدا باشد و فقط دستورات را به آنها دیکته کند. پرسشی که پیش می آید آن است که اگر راهبر گروه در کنار اعضای گروه فعالیت می کند، پس چرا یکی از آنها بعنوان راهبر گروه معرفی نشود (مثلا مانند کاپیتان تیم فوتبال). نکته آن است که اگر چه راهبر گروه در کنار گروه فعالیت می کند و بین آنها هماهنگی ایجاد می کند، اما به لحاظ منطقی (و حقوقی)، گرفتن نتیجه لازم از فعالیت گروه و رسیدن به هدف مورد نظر (مخصوصا در زمان محدود تعیین شده) بعهده راهبر گروه است و پاسخگویی در مورد نحوه عملکرد گروه در رسیدن به نتیجه مورد نظر از وظایف اوست (تقریبا مانند نقش مربی تیم فوتبال که علاوه بر آماده سازی تیم و تعیین خط مشی ها و استراتژی برای تیم، پاسخگوی نتایج گرفته شده به مقامات بالاتر است). توجه کنید که تمثیل آورده شده در مورد شباهت کاپیتان یا مربی فوتبال با راهبر گروه خطر-کار تنها برای درک بهتر مطلب است وگرنه واضح است که فعالیت ها و اهداف تیم فوتبال با گروه خطر-کار متفاوت می باشد (هدف نهایی تیم فوتبال غلبه بر یک تیم دیگر رقیب است، در حالی که گروه خطر-کار با گروه دیگری رقابت نمی کند و هدف کل تیم هم بردن بازی نیست بلکه نتیجه گیری حداکثر از یک فعالیت تعریف شده با استفاده از مزایای کار و خرد جمعی است). در واقع نقش راهبر گروه خطر-کار خیلی پیچیده و جامع است و شاید بتوان با آوردن مثالهایی به درک بهتر وظایف او نزدیک شد (مثلا شباهت با دروازه بان تیم فوتبال بعنوان کسی که مانع از عقبگرد و نتایج نامناسب می شود، گلزن نوک حمله بعنوان کسی که نهایتا بوجود آورنده نتیجه کلی کار گروه است، هافبک بعنوان رابط و ایجاد کننده ارتباطات از آغاز به سمت پایان فعالیت برای رسیدن به نتیجه، کاپیتان بعنوان هماهنگ کننده تیم در رسیدن به استرتژی های تعریف شده، و...).

۴-۴) شباهت نقش راهبر گروه خطر-کار با داور فوتبال:

یکی از مثالهایی که می تواند ما را با نقش راهبر گروه خطر-کار بهتر آشنا کند استفاده از شباهتهای فعالیت او با فعالیت های داور فوتبال است. برای توضیح این شباهتها ابتدا به تعریف داور و نقش او در بازی فوتبال می پردازیم(۲).

داور و نقش داوری در بازی فوتبال

داور، فردی است که در زمین بازی فوتبال، عدالت را برقرار می کند. او مجری قانون است و تمام تلاش خود را بر صحیح انجام دادن این امر بکار می بندد. داور با توجه به رنگ پیراهنش در زمین به خوبی مشخص است تا اینکه بازیکنان او را با یار خودی اشتباه نگیرند.

کار داور بسیار سخت و مشکل است. یک داور ابتدا باید یک روانشناس خوب باشد تا بتواند بازی را در طول ۹۰ دقیقه متعادل نگه داشته و اداره کند. معمولا بیشتر داوران حرفه‌ای سعی می کنند در نیمه اول کارتی نشان ندهند و آنها را برای نیمه دوم می گذارند.

درست است که فوتبال، بازی بدون وقفه‌ای است اما بعضی مواقع مثل موارد زیر بازی متوقف می شود:

- وقتی توپ از خط کناری و خط دروازه زمین خارج شود (توپ اوت شود).
- وقتی داور اعلام ضربه پنالتی می کند.
- وقتی گلی به ثمر می رسد.
- وقتی بازیکنی به سختی صدمه می بیند.

در مواقع بالا، داور تصمیم قطعی را اتخاذ می نماید و بازی با سوت او مجددا به جریان می افتد. در فوتبال، تقریبا همه تصمیم‌ها را داور اتخاذ می نماید. در هوای بد، او است که تصمیم می گیرد، بازی انجام گیرد یا خیر. داور این قدرت را دارد که بتواند بازیکنی را از زمین اخراج نماید.

کاپیتان های دو تیم فقط می توانند با داور صحبت کنند یا احیانا به تصمیم او مودبانه اعتراض بنمایند.

دو کمک داور (خط نگهدار) وجود دارند که در خطوط کناری زمین، داور را یاری می دهند. خیلی از قضاوت های داور فوتبال در حضور بیش از ۱۰۰۰۰۰ تماشاچی، انجام می گیرد و ممکن است دو تیمی که با هم بازی می کنند، از نظر سیاسی و یا دینی تفاهم نداشته باشند. کما اینکه بارها در صحنه‌های بین المللی این مسئله پیش آمده است. این داور است که باید در حین بازی تمام مسائل را کنترل کند.

مشـاهده می‌شود داور فوتبال نقشـهای متفاوتی در مدیریت بازی فوتبال و هدایت افـراد تیمهـا در ارائه شـیوه صحیح بـازی فوتبـال دارد و در مواقـع لازم می‌تواند با تصمیمات لازم الاجرا روال بازی را بسـمت شیوه درست هدایت کند. همچنین زمان شـروع بازی و عایت الزامـات زمین بازی، رعایت قانون بـازی و نیز ایجاد تعادل بین رفتارهای خارج از عرف افراد مختلف بعهده داور بازی اسـت. شکل ۴-۴ جلوه‌های مختلفی از نقش داور فوتبال و شـباهت نقش او در هدایت و راهبری و اصلاح و توقف خطاهـای فعالیت‌هـای گروهی از افراد در رسـیدن بـه یک نتیجه نهایی را نشـان می‌دهد.

شکل ۴-۴: جلوه‌های مختلفی از نقش داور فوتبال و شباهت نقش او در هدایت و راهبری و اصلاح و توقف خطاهای فعالیت‌های گروهی از افراد در رسیدن به یک نتیجه نهایی

در اینجا متذکر می‌شویم که داوری یک مفهوم اساسی است که در بسیاری فعالیت‌ها و فرآیندهای انسـانی از آن استفاده می‌شود. بعنوان مثال در عصر جدید، داوری در بازرگانی، به‌ویژه بازرگانی بین‌المللی، رواج و گسـترش چشـمگیری یافته است. در بیشتر قراردادهای مربوط به تجارت بین‌الملل شرط ارجاع به داوری دیده می‌شود. یعنی طرفین قرارداد قبل از بروز اختلاف توافق می‌کنند که اختلاف ناشی از تفسیر یـا اجرای قرارداد را از طریق داوری، بر طبـق مقررات داوری داخلی یا بین‌المللی، حل‌وفصل نمایند. داور به معنی انصاف دهنده، قاضی، حکم مشـترک و کسـی که میان مردم حکم و فصل دعوا کند نیز آمده اسـت. در فرهنگ فارسـی، حکمیت نیز معادل داوری معنا شـده و عبارت اسـت از میانجیگـری و داوری بین دو یا چند تن، رسیدگی و ختم قضیه در خارج از محکمه تحت شرایط معین (محمد معین، فرهنگ فارسـی معین، جلد دوم، سال ۱۳۵۳، انتشـارات امیر کبیر، ص ۱۴۹۳) در فرهنگ فارسی عمید نیز داور یا دادور به معنی حاکم، حاکم قاضی، کسی که میان نیک و بد حکم کند و کسـی که برای قطع و فصل مرافعه دو یا چند انتخاب شـود، آمده اسـت (حسن عمید، فرهنگ فارسی عمید، سال ۱۳۵۳، انتشارات امیر کبیر، ص ۵۸۷). با توجه به توضیحات داده شـده در می‌یابیم که انصاف و رعایت قانون و هدایت به مسـیر صحیح عمده ترین وظایف یک داور و از جمله راهبر گروه خطر-کار است که بنوعـی سـایر فعالیت‌هـای او را شـکل می‌دهنـد. در روند مطالعـات خطر-کار پروژه‌هـای جدید که دو گـروه کارفرما/بهره بردار و پیمانکار (طراح) در آن شـرکت می‌کنند نقش داوری راهبر گروه مطالعات (و شباهت نقش او با داور فوتبال) بیشتر آشـکار است. در اینجا لیستی از فعالیت‌های راهبر گروه خطر-کار برمی شمریم تا خواننده خود شباهت برخی از آنها را با فعالیت‌های داور فوتبال مقایسه کند.

۴-۵) لیستی از فعالیت‌های راهبر گروه خطر-کار:

برای آنکه لیسـت فعالیت راهبر گروه خطر-کار را برشمریم ابتدا جنبه‌های مختلف فعالیت‌های او را با اسـتفاده از جزوات و نشـریات یک شـرکت طراحی مهندسـی ("گروه تکنولوژی ک.ال.ام") با هم مرور می کنیم.

- نقش اساسی در برنامه ریزی جلسات و جدولهای زمانی مرتبط
- کنترل و مدیریت کردن بحثها
- محدود کردن جدلها و بحثهای طولانی
- تشویق و پیش بردن گروه به سمت نتیجه گیری
- ایجاد اطمینان و تضمین لازم برای زمان کافی جهت ثبت مطالب و نکات (توسط منشی)
- حفظ تمرکز اعضای گروه بر روی مباحث
- تهییج قوه تصور اعضای گروه
- جلوگیری از اتهامات متقابل بین اعضا
- داوری و قضاوت کردن در موارد مهم

اگر چه در اسـتاندارد هم قید شده اسـت که راهبر جلسات مستقل بوده و ترجیحا این اسـتقلال به‌صورت کامل باشـد ولی اجبـار و اصراری بر این اسـتقلال کامل نیست. در هر صورت نقش مستقل راهبر، تضمین کننده اطمینان اعضای گروه به تصمیمات و داوری‌های منصفانه او خواهد بود.

بر اسـاس جنبه‌های مختلف فعالیت راهبر جلسات، لیست زیر برای مراقبت کردن توسط راهبر جلسات تهیه شده است:

- همیشه برنامه مطالعه را از پیش آماده کنید.
- توافق بر روی فرمتها یا فرمهای مورد استفاده در مطالعات.
- دستورالعمل‌های پیگیری اقدامات را فراهم کنید.
- در حین اولین جلسه مطالعات خلاصه‌ای در باره اجرای خطر-کار برای اعضا بیان کنید
- از اینکه اعضای گروه فرآیند را دوباره طراح کنند جلوگیری کنید.
- خطر-کار یک فعالیت گروهی اسـت. مانع از آن شوید که هرکسـی (از جمله خود شمای راهبر) بر جلسات سایه (تسلط) بگشاید.
- اگر تضاد و برخوردی بروز کرد آن را با مراقبت مدیریت کنید.
- از بحثهای طولانی در مورد مسائلی که باید در خارج از جلسات حل وفصل شوند پرهیز کنید ولی آنها را ثبت و مستند کنید.
- راهبر باید بسیار قوی و قاطع و درعین حال سیاستمدار باشد.
- به‌صورت کاملا واضح و روشن سخن بگویید و نظر خود را کامل برسانید.
- بهتراست قبلا بعنوان یکی از اعضای گروه در جلسات خطر-کار تجربه قبلی داشته باشید.
- سـعی کنید هیچ موردی را از قلم نیندازید... چرا که گاهی اوقات موارد کوچک می‌توانند حوادث بزرگ را موجب شوند.

لیسـت فوق می‌تواند شامل موارد بسیار بیشتری باشد و در اینجا فقط برخی موارد مطرح شـده اند. مسـلما تجربیات قبلی راهبر گروه مطالعات خطر-کار می‌تواند توشـه خوبی برای او در اجرای جلسات خطر-کار جدید باشد و ضمن جلوگیری از موارد تنش زا، به بهترین نحو همگرایی لازم بین اعضای گروه را فراهم نماید.

بسـیاری از کارفرمایان تأکید بر به کارگیری کارشناس راهبر با سابقه و مخصوصا دارای سـوابق انجام مطالعه خطر-کار با موضوع یکسـان فرآیند آنها را دارند. اگر چه در ظاهر این امر بنظر بسـیار پسندیده می‌آید ولیکن خوب است به چند نکته توجه داشت. اول آنکه در سـال‌های آغازین به کارگیری مطالعه خطر-کار که راهبر فقط نقش هدایتگر را داشته و معمولا هیچ تخصص و یا سـابقه قبلی برای نقش خود نداشت مطالعات انجام شـده با بازده مطلوبی انجام شـده اند و همان مطالعات پایه استاندارد کنونی را فراهم کرده اند (که در آن شرطهای مذکور وجود ندارند). از طرفی باید توجه داشت که مطالعه خطر-کار فضایی برای برخورد آزادانه افکار و اندیشه‌ها و یافتن موارد بکر و جدید است، و اگر راهبر تجربه قاطع و یا سـابقه قبلی از موضوع بحث را داشـته باشد، بیم آن می‌رود که به‌صورت مسـتقیم و یا غیر مسـتقیم نظرات، پیش فرضها و گرایشات خود را برگروه تلقیـن و یا تحمیل کـرده و آنها را از انجام فعالیت اصلی دور کند، که البته مغایر با هدف مطالعه اسـت. بعبارت دیگر در صورت توجه کامل به پیش فرضهای فنی راهبر، سـایر اعضای گروه در ابراز عقاید خود عقب کشـیده و جلسـات مطالعه حالت پویایی خود را ازدست خواهد داد. البته از سوی دیگر نیز نباید از نظر دور داشت، که یک راهبر با تجربه و سـابقه قبلی در موضوع مـورد بحث مطالعـه، می‌تواند از بوجـود آوردن انحرافات و

اختـلالات موهوم و بی معنی توسـط گروه جلوگیری کرده و ضمـن صرفه جویی قابل ملاحظه در زمان مطالعه، گروه را از بحثهای بیمورد، بیهوده و بیراهه و یا حتی مناقشـه انگیز دور کند. با توجه به توضیحات گفته شده، راهبر متخصص با تجربه و با سابقه قبلی در موضوع مورد مطالعه ممکن است مفید، کم اثر و یا حتی مضر باشد(۳).

۴-۶) آموزش و گواهینامه راهبر گروه خطر-کار:

HAZOP Study, Leadership and Management

Course outline www.ichemeorg/trainupstudy

The place of HAZOP in risk management
- basic principles of the HAZOP technique
- HAZOP study reporting

The leadership of a HAZOP study team
- the influence of time
- features of a team; coping with the variety of personalities
- guidance notes for team leaders; leadership techniques
- controlling discussion
- questioning/listening techniques
- the responsibilities of team members
- ensuring understandable actions are generated
- major considerations when leading a HAZOP study
- assessing productivity and team effectiveness

The management of HAZOP studies
- HAZOP documentation
- main planning features of a study; time-tabling
- planning a complex HAZOP study
- identification of nodes or division of a drawing into sections
- estimating the time required for a study
- the HAZOP study team environment
- post-HAZOP study activities including report preparation
- control of modifications

General points about carrying out a HAZOP study
- common mistakes made by team leaders
- potential problem areas with HAZOP studies
- quality control of HAZOP studies
- problems arising during a HAZOP study and how to deal with them
- HAZOP studies in relation to safety integrity levels

شکل ۴-۵ : نمونه‌ای از سرفصلهای واقعی آموزشی راهبر جلسات خطر-کار

طبیعتا یک راهبر جلسات گروه خطر-کار می‌بایست از قبل دوره (های) آموزشی را در مؤسسـه‌های معتبر جهانی سـپری کرده و گواهینامه‌های لازم را اخذ کرده باشـد تا بتوانـد این نوع جلسـات را هدایت و راهبری نماید. شـکل ۴-۵ نمونـه‌ای از برخی سرفصلهای واقعی یک مؤسسه معتبر برای آموزش راهبر جلسات را نشان می‌دهد.

چه کسانی شایستگی آموزش راهبری تیم خطر-کار را دارند؟

این افراد شامل مدیران، مهندسان (طراح ، فرآیند، شیمی، امکانات، کنترل و ابزار دقیق) ،عملیات و ایمنی اقدامات فرآیندی می شوند :

- ❑ مهندسین ایمنی فرآیند
- ❑ مهندسین طراح
- ❑ پرسنل حفاظت محیط زیست/ایمنی
- ❑ اپراتورهای کارخانه
- ❑ مدیران واحدها (ی فرآیندی)
- ❑ پرسنل تعمیر و نگهداری

پیشنیاز های آموزشی این افراد چیست؟

افراد شرکت کننده در دوره آموزشی باید از مهارتهای پایه زیر برخوردار باشند:

- ❑ تجربه در عملیاتهای فرآیندی
- ❑ توانایی خواندن و درک مدارک و نقشه های مهندسی
- ❑ مهارتهای پایه ای کار با کامپیوتر
- ❑ توانایی برقراری ارتباط به زبان انگلیسی (شفاهی و کتبی)
- ❑ مهارتهای مؤثر نوشتاری
- ❑ مهارتهای راهبری و هدایت و تعامل قوی با سایرین

Abu Dhabi, United Arab Emirates (HQ)
Suite No. 1104, Al Ghaith Tower, Hamdan Bin Moh. St., P.O.Box No. 114192, Abu Dhabi, UAE
Tel.: +971 2 634 9815, Fax.: +971 2 634 9816
Email: trainings@velosiams.com

Dubai, United Arab Emirates (Br.)
Suite No. 903F, 9th Floor, Ibn Battuta Gate Office Building, Jabal Ali First, Dubai, UAE
Tel.: +971 2 634 9815, Fax.: +971 2 634 9816
Email: trainings@velosiams.com

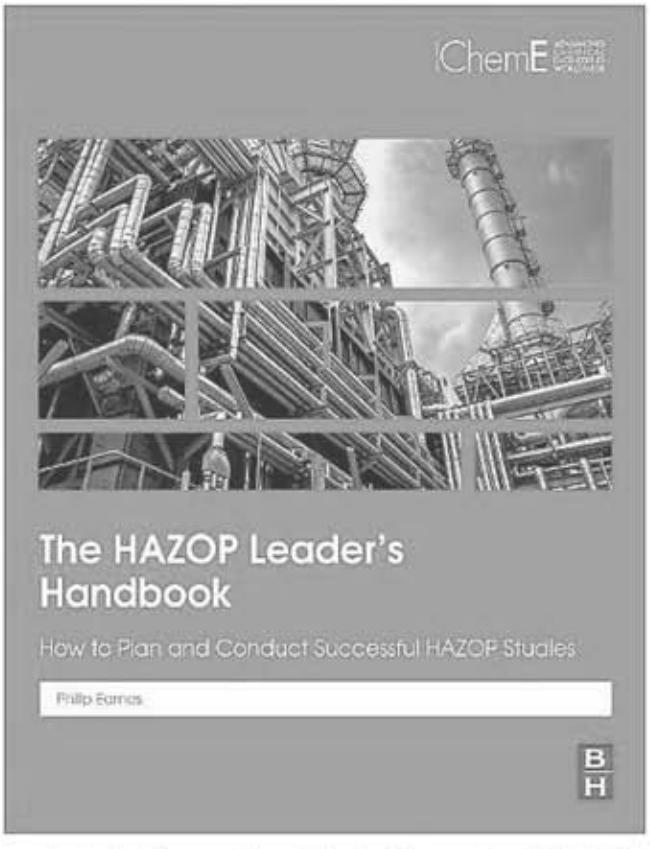
GET IN TOUCH WITH US

VELOSI
Engineering For A Safer World

H2AIM

شکل ۴-۶ : نمونه‌ای از کاندیداها و مواد پیشنیاز دوره آموزشی راهبر جلسات خطر-کار اینکه راهبر جلسـات خطر-کار رشته و تخصص خاصی داشته باشد الزامی ندارد و لیکن توصیه می‌شود که او از قبل با کارخانه‌های فرآیندی آشنا باشد و توصیه اکید می‌شـود که حتی الامکان از دسـت اندرکاران این نوع پروژه‌ها باشد. شـکل ۴-۶ توصیه‌های یک شـرکت آموزشی برای رشـته و تخصص و پیش نیاز شرکت در دوره آموزشی را نشان می‌دهد.

در زمینه شـناختن نقش و مسئولیتها و وظایف راهبر گروه جلسات خطر-کار اخیرا کتاب جامعی منتشـر شده اسـت که تصویر انرا در شکل ۴-۷ ملاحظه می‌کنید.



شکل ۴-۷ : کتاب جامع جدیدی که در رابطه با راهبر جلسات خطر-کار منتشر شده است.

۴-۷) دستیار راهبر گروه خطر-کار:

یکی از موقعیتهای ممکن در گروه خطرکار که در برخی موارد توسط خود راهبر انجام می‌شود، موقعیت کاتب / منشی / ثبت کننده جلسات است که در صورت حضور، بعنوان دسـتیار راهبر گـروه خطر-کار ایفای نقش می‌کنـد. در اینجا جهت اختصار کلام فقط به برخی از وظایف عمده این موقعیت اشـاره می‌شـود (برگرفتـه از جزوات و نشـریات شـرکت گروه تکنولوژی ک.ال.ام):

- یادداشت برداری مناسب و کافی
- ثبت و نوشتن مستندات جلسات خطر-کار
- گوشزد کردن به راهبر جلسات برای در نظر گرفتن زمان کافی برای یادداشت برداریها
- اگر موضوعی برای نوشتن ابهام دارد انشای جملات را پیش از نوشتن چک کند.
- تولید کردن لیستهای توصیه آماده شده
- تولید پیش نویس گزارش مطالعه
- چک کردن پیشرفت جلسات بر مبنای برنامه درنظر گرفته شده
- تولید گزارش نهایی جلسات

انواع کشتی های نفتی

رضا دهدار
شرکت بازرسی فنی شاخه زیتون لیان

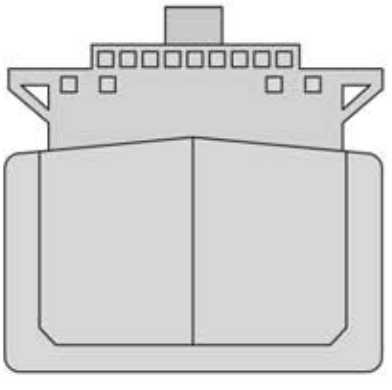
تانکرهـای فـرآورده نفتی مانند بنزیـن، نفتا، نفت سـفید و گازوئیل را حمل می کنند. این کشـتی ها برای حمل بـار به مناطقی که امکانات پالایش نفت خام ندارند ضروری هسـتند. به طور کلی سه دسته از تانکرهـای فرآورده /شـیمیایی وجـود دارد. این روزها، کشـتی های بزرگتر با افزایـش تقاضا رایج تر می شوند.

تانکرهای فرآورده های نفتی بر اساس اندازه:

MR type (Medium Range) : 25,000 - 60,000 DWT

LR I type (Large Range 1) : 55,000 - 80,000 DWT

LR II type (Large Range 2) : 80,000 - 160,000 DWT



• Aframax tanker : 80,000 - 120,000 DWT

تانکرهای مواد شیمیایی

تانکرهای مواد شـیمیایی محصولات شیمیایی مایع شـده مانند بنزن، تولوئن و محصولات الکلی را حمل می کنند.

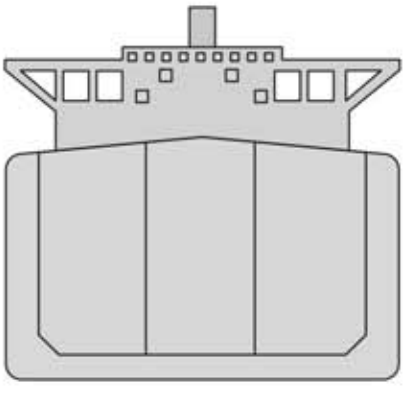
نفتکش نفت خام

بزرگترین نوع نفتکش حامل نفت خام است که از اقتصـاد جهانـی و زندگـی روزمره مـا حمایت می کنـد. انواع مختلفـی از تانکرهای نفت خام وجود دارد که بر اسـاس اندازه آنها دسته بندی می شوند.

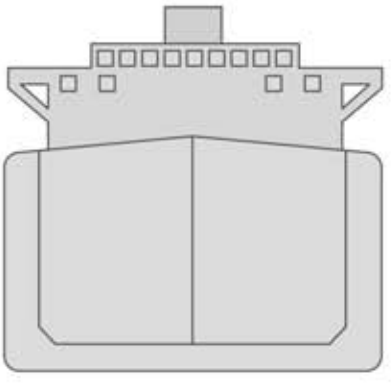
• Very Large Crude oil Carrier (VLCC): 200,000 - 320,000 DWT

بزرگترین نفتکشـی که می تواند از کانال سـوئز عبور کند

• Suezmax tanker : 140,000 - 150,000 DWT

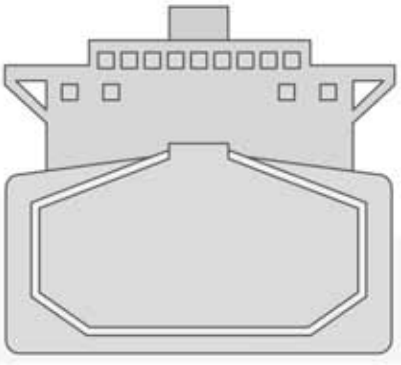


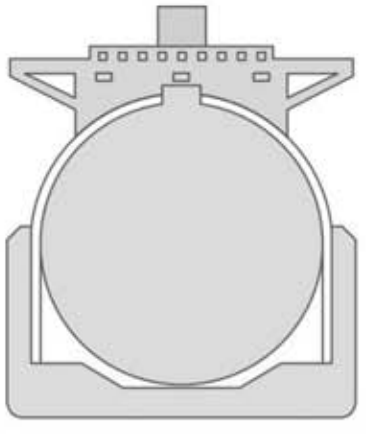
تانکرهای فرآورده های نفتی



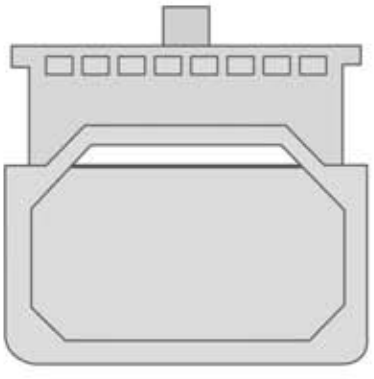
تانکرهای گاز مایع (LPG)

تانکرهای LPG گاز مایع LPG مانند پروپان و بوتان را حمل می‌کنند. علاوه بر پروپان و بوتان، برخی از تانکرهای گاز مایع می‌توانند آمونیاک را که به عنوان ماده اولیه الیاف و کودهای شیمیایی و پروپیلن که به عنوان ماده اولیه محصولات پتروشیمی استفاده می‌شود، حمل کنند. حامل‌های گاز بسیار بزرگ (VLGCs) عمدتا برای حمل و نقل از راه دور پروپان و بوتان استفاده می‌شود.

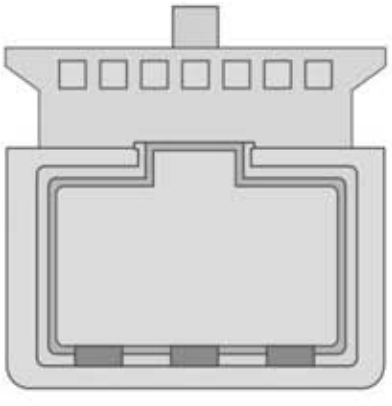




Moss-type LNG carrier



Sayaendo-type LNG carrier



Membrane-type LNG carrier

تانکرهای حامل اتان

این عمدتا به عنوان ماده اولیه برای اتیلن، یک ماده شیمیایی پایه مهم استفاده می‌شود. استخراج گاز شیل در ایالات متحده در اوایل قرن بیست و یکم شروع به رونق کرد و منجر به صادرات بالاتر اتان شد. اتان، محصول جانبی استخراج گاز، فرصت‌های بزرگی را برای حامل‌های اختصاصی اتان ایجاد کرده است.

کشتی چند منظوره (OBO) Oil-Bulk-Ore Cargo

OBO نام اختصاری کشتی باری Oil-Bulk-Ore است. این کشتی‌هایی با طراحی خاص هستند که محموله‌ها را به صورت فله به دو صورت مایع و خشک حمل می‌کنند. کشتی‌های OBO از پیچیده‌ترین کشتی‌های باری هستند که امروزه قایقرانی می‌کنند

سایر کشتی‌های محبوب از همین نوع عبارتند از:

- Combination carrier.
- PROBO carrier
- Product-Ore-Bulk-Oil.

حامل چند منظوره مایا. تصویر دریچه‌های محموله‌ای را نشان می‌دهد که هم برای فله استفاده می‌شود و هم لوله‌های بارگیری محموله نفتی

بررسی کاربرد آلیاژهای منیزیم درصنایع و ظرفیت‌های استفاده درتجهیزات صنایع نفت، گاز و پتروشیمی

دکتر اصغر صادق آبادی- شرکت ملی حفاری ایران
دکتر محمد علی بیگ زاده- شرکت ملی حفاری ایران
مهندس محمد رضا علیزاده عطار- شرکت ملی حفاری ایران

چکیده
منیزیم فلزی است به رنگ سفید تا نقره ای با نماد Mg، عدد اتمی ۱۲ و ساختار بلور آن هگزاگونال متراکم است. این عنصر هشتمین عنصر فراوان در پوسته زمین و سومین عنصر فراوان محلول در آب دریاست. منیزیم از جمله سبکترین فلزات ساختاری است. آلیاژهای منیزیم یک ساختار شبکه شش ضلعی دارند که بر خواص بنیادی این آلیاژ تأثیر می گذارد. آلیاژهای ریخته گری منیزیم برای بسیاری از قطعات اتومبیل های مدرن و موتورهای منیزیمی با کارایی بالا استفاده می‌شوند. قابلیت ماشین کاری آلیاژهای منیزیم از هر فلز صنعتی دیگر بهتر می‌باشد. توانایی مناسب در جذب ارتعاشات و اینرسی کم به دلیل وزن سبک منیزیم باعث استفاده از آن در قطعات تحت سرعت بالا و قطعاتی که تحت تغییر سرعت های ناگهانی قرار می گیرند شده است. به تازگی منیزیم باعث ایجاد فناوری های جدید در مهندسی پزشکی شده است. هدف این مقاله آشنایی با فلز و آلیاژهای منیزیم و کاربردهای فعلی و آینده آنها در صنایع می‌باشد.
کلمات کلیدی: منیزیم، آلیاژ، خوردگی، پوشش، آینده

۱- مقدمه
منیزیم فلزی است به رنگ سفید تا نقره ای با نماد Mg، عدد اتمی ۱۲، وزن اتمی ۲۴/۳۰۵۰ و ساختار بلور آن شش گوش یا هگزاگونال متراکم است. نام منیزیم از واژه یونانی Magnesia منطقه‌ای در Thessaly یا از نام شهر قدیمی Magnesia در آسیای صغیر گرفته شده است. منیزیم هشتمین عنصر فراوان در پوسته زمین و سومین عنصر فراوان و محلول در آب دریاست. منیزیم در گروه دو (IIA) جدول تناوبی به عنوان فلز قلیایی خاکی قرار دارد. منیزیم در حالت پودری، زمانی که گرم شود و در معرض هوا قرار گیرد، آتش گرفته و با شعله‌ای به رنگ سفید می سوزد. این فلز قلیایی خاکی بیشتر به عنوان یک عامل آلیاژ دهنده برای ساخت آلیاژهای آلومینیوم - منیزیم استفاده می‌شود. این عنصر به‌صورت سه ایزوتوپ یافت می‌شود: ^{26}Mg ،^{25}Mg ،^{24}Mg که همه این ایزوتوپ‌ها به مقادیر زیاد یافت می‌شوند. حدود ٪۷۹ از منیزیم نوع ^{24}Mg است. اگر چه منیزیم در ۶۰ کانی یافت می‌شود اما این عنصر در ذخایر بزرگ منیزیت، دولومیت، بروسیت، کارنالیت، الیوین و سیلیکات‌های منیزیم که پتانسیل اقتصادی دارند، یافت می‌شود(ASM Handbook,vol۲). یکی از دلایل کاربرد محدود منیزیم، تحقیقات و کار اندک روی توسعه آن می‌باشد. مدول الاستیک پایین، کارپذیری سرد و تافنس پایین، مقاومت به خزش و استحکام دما بالای اندک، مقدار زیاد انقباض حین انجماد، فعالیت شیمیایی بالا، مقاومت خوردگی نامناسب در بعضی کاربردها نقاط ضعف منیزیم هستند. امکان بهبود بعضی خواص از طریق اضافه کردن عناصر آلیاژی در مورد منیزیم وجود ندارد (به عنوان مثال مدول الاستیک). حلالیت عناصر آلیاژی در منیزیم محدود و اندک است، بنابراین امکان بهبود خواص مکانیکی و شیمیایی را محدود می‌نماید. آلیاژهای منیزیمی که فاقد آلومینیم و روی و دارای ایتریوم هستند، مقاومت به خوردگی خوبی نشان می‌دهند.

ساختار کریستالی منیزیم هگزاگونال است که باعث محدودیت ذاتی داکتیلیته می‌شود. تنها عنصر آلیاژی که باعث تغییر فاز به BCC می‌شود، لیتیم است. به تازگی نیازهای تازه به منیزیم و آلیاژهای آن، این روند را دگرگون کرده است به طوری که تعداد تولیدکنندگان این ماده افزایش یافته و به نظر می‌رسد در آینده نیز با افزایش تولیدکنندگان، قیمت منیزیم به حد قابل قبولی برسد(Mordike et al ,۲۰۰۱).

۲- آلیاژهای پایه منیزیم و خواص آنها
۲-۱- معرفی
آلیاژهای منیزیم حاصل ترکیب منیزیم با فلزات دیگر مانند آلومینیوم، روی، منگنز، سیلیکون، مس، عناصر خاکی نادر و زیرکونیوم است. منیزیم، از جمله سبکترین فلزات ساختاری است. آلیاژهای منیزیم یک ساختار شبکه شش ضلعی دارند که بر خواص بنیادی این آلیاژ تأثیر می گذارد. تغییر شکل پلاستیک از شبکه شش ضلعی منیزیم، پیچیده تر از فلزات با شبکه مکعبی مانند آلومینیوم، مس و فولاد است. بنابراین، آلیاژهای منیزیم معمولا به عنوان آلیاژهای ریخته گری استفاده می‌شوند. تحقیقات بر روی آلیاژ منیزیم کار شده از سال ۲۰۰۳ گسترش پیدا کرد. آلیاژهای ریخته گری منیزیم برای بسیاری از قطعات اتومبیل های مدرن استفاده می‌شود. همچنین موتورهای منیزیمی در برخی از وسایل نقلیه با کارایی بالا استفاده می‌شوند. آلیاژهای ریخته گری منیزیم در بدنه دوربین ها و لوازم جانبی و لنز نیز استفاده می‌شوند. آلیاژهای منیزیم عموما برای بیش از یک نوع محصول استفاده می‌شوند، اما آلیاژهای AZ۶۳ و AZ۹۲ به طور عمده برای ریخته‌گری ماسه‌ای به کار می‌روند. AZ۹۱ به طور عمومی برای ریخته گری قالب فلزی تحت فشار و AZ۹۲ برای ریخته گری قالب دائمی مورد استفاده قرار می گیرد. برای فورج، آلیاژ AZ۶۱ استفاده می‌شود. در حالیکه آلیاژ M۱ برای استفاده در کاربردهای استحکام کم و AZ۸۰ برای کاربردهای با استحکام بالا استفاده می‌شود. برای کاربردهای اکستروژن، طیف گسترده‌ای از اشکال، میله‌ها، و لوله‌های ساخته شده از آلیاژ M۱ در شرایط استحکام کم مورد استفاده قرار می گیرد. آلیاژهای AZ۳۱، AZ۶۱ و AZ۸۰ برای اکستروژن در زمانی که استحکام فوق العاده آن ها هزینه بالا را توجیه می کند کاربرد دارد. آلیاژ Magnox، که مخفف «منیزیم غیر اکسید کننده،» می‌باشد شامل ۹۹ درصد منیزیم و ۱ درصد آلومینیوم بوده و در پوشش میله‌های سوخت در راکتورهای هسته‌ای استفاده می‌شود. آلیاژهای منیزیم توسط کدهای کوتاه تعریف شده در استاندارد ASTM B۲۷۵ تعریف می‌شوند که دلالت بر ترکیب شیمیایی دارد. در صورت وجود آلومینیوم تا ۲/۰ درصد در منیزیم، ساختار منیزیم بهبود می‌یابد. چنانچه آلومینیوم موجود نباشد زیرکونیوم معمولا تا حدود ۰/۸ درصد، نتیجه‌ای مشابه اثر آلومینیوم را خواهد داشت.(A.Lindemann et al, ۲۰۰۲). ریخته گری قالب فلزی تحت فشار برای آلیاژهای منیزیم بیشتر کاربرد دارد. اگر چه منیزیم دو برابر گران تر از آلومینیوم است اما فرایند ریخته گری قالب فلزی جداره داغ آن آسان تر و مقرون به صرفه تر و حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد سریع تر از فرایند ریخته گری جداره سرد مورد نیاز برای آلومینیوم می‌باشد. قابلیت ماشین کاری آلیاژهای منیزیم از هر فلز صنعتی بهتر بوده و این قابلیت بسیاری از هزینه‌های جانبی

شـکل دهی را جبران می کند. آلیاژهای منیزیم به راحتـی آلیاژهای آلومینیوم جوش نقطه‌ای شـده با این تفاوت که قبل از جوشکاری منیزیم، آلیاژ باید به طور کامل تمیز و پاک شـود. جوشکاری ذوبی به راحتی توسـط جوش در محیط خنثی آرگون و هلیم بر روی منیزیم قابل انجام می‌باشد (Cizek, Let al, ۲۰۱۳).

۲-۲-نام گذاری آلیاژهای منیزیم

آلیاژهـای منیزیم اغلب توسـط دو حرف بـه همراه دو عدد نام گذاری می‌شـوند. حـروف معـرف عناصـر آلیـاژی اصلـی آلومینیـوم A =، روی Z =، منگنز M =، سیلیسـیم S = و اعداد نشان دهنده ترکیب اسمی عناصر آلیاژی اصلی می‌باشند. در سیسـتم‌های نامگذاری استاندارد یک یا دو حرف پیشوند به همراه ۲ یا ۳ عدد و در نهایت ۳ حرف پسـوند می‌آید. حروف پیشـوند معرف دو عنصر آلیاژی اصلی بر اساس استاندارد ASTM B۲۷۵ به شرح جدول ذیل می‌باشد(ASTM B۲۷۵).

جدول ۱: کدهای ASTM برای شناسایی عناصر آلیاژی در آلیاژهای منیزیم

Alloying element	کد	عناصر آلیاژی
A	A	آلومینیم
Calcium	X	کلسیم
Rare eath	E	کمیاب خاکی
Copper	C	مس
Iron	F	آهن
Lithium	L	لیتیم
Manganese	M	منیزیم
Nickel	N	نیکل
Silicon	S	سیلیسم
Zirconium	K	زیرکونیم
Strontium	J	استرانسیم
Yttrium	W	یتریم
Zinc	Z	روی

عناصر آلومینیوم، روی، زیرکونیم و توریم باعث سـهولت فرایند رسوب سختی، منگنز باعث مقاومت در برابر خوردگی و قلع قابلیت ریخته گری را بهبود می‌بخشد. آلومینیوم رایج‌تریـن عنصر آلیـاژی در منیزیم می‌باشـد. نامگذاری آلیاژهـای منیزیم عملیات حرارتی شـده بسیار مشابه آلومینیوم می‌باشـد به‌طوری که آلیاژهای منیزیم عملیات حرارتی شده با استفاده از نشانه‌های O،H۱، F، T۴،T۵ و T۶ معرفی می‌شود.

۲-۳-آلیاژهای کار شده

تنش تسـلیم آلیاژهای کار شده منیزیم بین ۱۶۰ تا ۲۴۰ مگا پاسکال و تنش نهایی آن حدود ۱۸۰ تا ۴۴۰ مگاپاسـکال می‌باشـد. همچنین کرنش طولی آن حدود ۷ تا ۴۰ درصد می‌باشد. آلیاژهای منیزیم کارشده دارای یک ویژگی خاص هستند. استحکام تسلیم فشاری آن‌ها کوچکتر از استحکام تسلیم کششی می‌باشد. پس از شکل دهی، آلیاژهـای منیزیم کار شـده یک بافت رشـته‌ای در جهت تغییر شـکل دارند که باعث افزایش اسـتحکام تسلیم کششی آن‌ها می‌شـود. در حالت فشار، استحکام تسلیم به دلیل حضور دوقلویی‌هایی که در حین فشـار در ساختار هگزاگونال تشکیل می‌شوند کمتر می‌باشد. استحکام قطعات اکستروژن حاصل از پودرهای سریع منجمد شده به دلیل سـاختار آمورف تا حدود ۷۴۰ مگاپاسکال می‌رسـد و دو برابر بیشتر از آلیاژهای منیزیم قدیمی و قویترین آلیاژ آلومینیوم می‌باشد(Mordike et al, ۲۰۰۱).

۲-۴-آلیاژهای منیزیم با آلومینیوم

معروف‌تریـن آلیاژهـای ایـن گـروه بـه نام‌هـای Birmabright و Magnalium می‌باشد. آلیاژهایی که حاوی توریم می‌باشند خیلی کاربردی نیستند. زیرا در کنار توریـم حتما باید یک جز رادیواکتیو موجود باشـد. آلیاژهـای منیزیم به دو صورت ریخته گری و کارشده به کار می‌رود. آلیاژهای منیزیم حاوی آلومینیوم معمولا برای ریخته گری و آنهایی که حاوی زیرکونیوم می‌باشـند بیشـتر برای حالت کارشـده استفاده می‌شود. آلیاژهای حاوی زیرکونیوم را همچنین می‌توان در دماهای بالاتر اسـتفاده نمود. آلیاژهای منیزیم حاوی ایتریم، خاکی کمیـاب و زیرکونیوم مانند WE۵۴ و WE۴۳ می‌توانند در شـرایط خزشی تا دمای ۳۰۰ درجه سانتیگراد کار کنند و در برابر خوردگی مقاوم باشند. (Guosong Han et al, ۲۰۱۸)

۲-۵-آلیاژهای منیزیم - لیتیم

اضافـه کردن حدود ۱۰ درصد لیتیوم به منیزیم باعث می‌شـود تا آلیاژ مورد نظر به عنوان آند با یک کاتد دی اکسید منگنز در باتری به کار برده شود. آلیاژهای منیزیم-لیتیـوم به‌طور کلی نـرم و انعطاف‌پذیر و دانسـیته آن $1/4 g/cm^3$ بـوده که برای سیستم‌های فضایی بسیار جذاب می‌باشد. شبیه‌سازی مکانیکی کوانتومی برای پیش‌بینی تشکیل آلیاژهای منیزیم-لیتیوم منظم مورد استفاده قرار گرفته است. ایـن روش پیش‌بینـی می‌کند کـه اضافه کـردن حـدود ۱۳ درصد لیتیـم باعث شکل گیری یک ساختار منظم مکعبی می‌شود(Atkinson, US ۴۲۳۳۳۷۶).

۲-۶-آلیاژهای غیرقابل اشتعال منیزیم

بـا افزودن حدود ۲ درصد کلسـیم به آلیاژ منیزیم AM۶۰، آلیـاژ غیرقابل احتراق AMCa۶۰۲ حاصل می‌شـود. واکنش اکسیداسیون کلسـیم باعث تشکیل یک پوشـش اکسید کلسیم می‌شـود که مانع اشتعال منیزیم می‌شـود. درجه حرارت اشتعال آلیاژ ۲۰۰-۳۰۰ درجه کلوین افزایش می‌یابد و فضای بدون اکسیژن برای عملیات ماشین کاری لازم نیست. (Guosong Han et al, ۲۰۱۸)

۳-کاربردهای منیزیم

۷۰ درصد منیزیم ریخته گری تولیدی برای صنعت خودرو تهیه می‌شـود. کاهش وزن خودرو باعث کاهش مصرف سـوخت و کاهش آلودگی هوا خواهد شـد. اسـتفاده از منیزیـم در موتورهای احتراق داخلی وزن آن‌هـا را از ۱۲۰۰ کیلوگرم به ۹۰۰ کیلوگرم کاهش داده است. توانایی مناسب در جذب ارتعاشات و اینرسی کم به دلیل وزن سبک این عنصر باعث اسـتفاده از آن در قطعات تحت سـرعت بالا و قطعاتی که تحت تغییر سـرعت‌های ناگهانی قرار می‌گیرند شده اسـت. مثال‌هایی از این دست شامل چرخ اتومبیل، پیسـتون‌های موتورهای احتراقی، قطعات پر سـرعت ماشـین و تجهیزات هواپیما و هلی کوپتر می‌باشـد (Black et al, ۲۰۱۲). آلیاژهای منیزیم در کاربردهای مختلف در تجهیزات تفریحی مثل اسکلت دوچرخه نیز به کار رفته‌اند. کاربرد گسترده و قابل توجه در مهندسـی ارتباطات دیده می‌شود. در اینجا وزن کم، بسیار مهم است. همچنین مقاومت در مقابل تشعشـعات الکترومغناطیس که مواد پلاستیکی فاقد آن هستند باعث کاربرد منیزیم در این زمینه‌ها شده است. در ضمن به تازگی در مهندسی پزشـکی به عنوان ایمپلنت‌های قابل جذب مورد اسـتفاده قرار گرفته اسـت. منیزیم کاربردهـای غیر سـازه‌ای مختلفی نیـز دارد. این فلز به عنوان افزودنـی در آلیاژهای آلومینیوم، روی، سـرب و سایر فلزات غیر آهنی استفاده می‌شود. همچنین منیزیم به عنوان اکسـیژن زدا و سـولفور زدا در تولید آلیاژهای مس و نیکل اسـتفاده می‌شود. کاربـرد مهم غیر سـازه‌ای دیگـر منیزیم در واکنش گرینگارد در شـیمی آلی اسـت. همچنیـن منیزیم بـه صورت خالص یا آلیاژ بـا ۳۰ درصد آلومینیوم یا بیشـتر در مواد محترقه مورد استفاده قرار می‌گیرد. جایگاه منیزیم در جدول الکتروموتیوی آن را قادر می‌سـازد تا به عنوان فاز حفاظت کاتدی برای سـایر فلزات مورد اسـتفاده قرار گیرد.

تولیدکنندگان چدن خاکستری منیزیم و آلیاژهای حاوی منیزیم را درست قبل از ریختن فلز مذاب در قالب به آن اضافه می کنند تا منیزیم ذرات گرافیت را کروی کند و تافنس و داکتیلیته چدن را افزایش دهد(Kato et al,۱۹۹۴).

۴-فرایند ساخت آلیاژهای منیزیم

۴-۱-کارسرد و کار گرم

آلیاژهای منیزیم با هر نوع کار سرد به سرعت سخت شده و بدون آنیل مکرر نمی‌تواند کار سرد شوند. لذا عملیات خمش‌های تیز، پیچش یا کشش باید در ۵۰۰ تا ۶۰۰ درجه فارنهایت (حدود ۲۶۰ تا ۳۱۶ درجه سانتی گراد) انجام شوند. محدوده دمایی فورج پلاستیک حدود ۵۰۰ تا ۸۰۰ درجه فارنهایت (۲۶۰-۴۲۷ درجه سانتی گراد) می‌باشد (V.Balaji et al,۲۰۲۱).

۴-۲-ریخته گری

آلیاژهای منیزیم، به خصوص آلیاژهای رسوب سخت شونده، در ریخته گری کاربرد دارند. روش‌های ریخته گری ماسه‌ای، قالب دائمی و ریخته گری قالب فلزی از روش‌های پر کاربرد ریخته گری آلیاژهای منیزیم می‌باشند. قالب ریخته گری دائمی از آلیاژهای مشابه ساخته شده و در مورد خواص فیزیکی مشابه ریخته گری شن و ماسه است. انجماد سریع ناشی از تماس مذاب با قالب سرد باعث ایجاد یک ساختار متراکم خواص فیزیکی بسیار عالی می‌شود. پرداخت و دقت ابعادی بسیار خوب و ماشین کاری تنها در جایی که دقت فوق العاده مورد نیاز بوده انجام خواهد شد..(V.Balaji et al)

۴-۳-جوشکاری و لحیم کاری

بسیاری از آلیاژهای منیزیم استاندارد به راحتی با گاز یا جوشکاری مقاومتی جوشکاری می‌شوند، اما با اکسیژن برش داده نمی‌شوند. آلیاژهای منیزیم به دلیل تشکیل ترکیبات بین فلزی شکننده یا تشکیل ترکیبات خورنده با فلزات دیگر عمدتا جوش کاری نمی شوند. در حالیکه دو یا چند قطعه باید به یکدیگر جوش داده شوند، ساختار در محل جوش باید یکسان باشد. لحیم کاری آلیاژهای منیزیم تنها برای از بین بردن عیوب سطحی نقطه‌ای امکان‌پذیر است. برای اتصالات مفصلی در سازه‌های منیزیمی معمولا از اتصالات آلومینیومی یا آلومینیوم - منیزیمی استفاده می‌شود (Tianhao Wang at al,۲۰۲۱).

۴-۴-ماشین کاری

یکی از جاذبه‌های خاص آلیاژهای منیزیم خواص ماشین کاری فوق العاده خوب آن‌ها می‌باشد. قدرت لازم برای برش آن‌ها بسیار کم و سرعت برش بسیار بالایی (۵۰۰۰ فوت در هر دقیقه در برخی موارد) دارند. هنگامی که منیزیم در سرعت بالا برش داده می‌شود، ابزار باید تیز بوده و در همه جهات برنده باشد. ابزارها در سرعت بالا ممکن است گرمای کافی برای مشتعل کردن تراشه‌های ریز را تولید کند. از آنجا که براده‌ها و گرد و غبار حاصل از سنگ زنی می‌تواند به راحتی مشتعل شود، سنگ زنی باید با یک مایع خنک کننده یا با یک دستگاهی که گرد و غبار حاصل از سنگ زنی را در زیر آب مدفون کند انجام شود. (Tianhao Wang at al,۲۰۲۱).

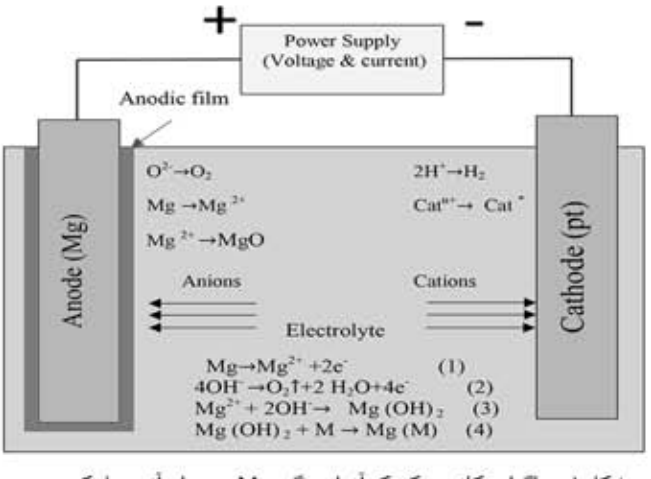
۴-۵-اکستروژن داغ

منیزیم خالص به دلیل خواص مکانیکی ضعیفی که دارد عموما اکسترود می‌شود. عناصر آلیاژی اصلی شامل آلومینیوم، روی، سریم، زیرکونیوم و منگنز بوده زیرا بر روی استحکام اثر کمی دارند اما مقاومت به خوردگی را افزایش می‌دهند. یک آلیاژ دوتایی مهم، حاوی تا ۲ درصد منگنز، به‌طور گسترده‌ای برای تولید ورق نورد استفاده می‌شود. آلیاژهای منیزیم-روی-زیرکونیوم، ZW۲ و ZW۳، یک پیشرفت قابل توجه در تکنولوژی آلیاژ منیزیم بود. آن‌ها استحکام بالایی دارند اما از آنجایی که آلومینیوم ندارند شمش ریختگری شده تنها حاوی مقادیر کمی از فاز دوم می‌باشد. از آنجایی که دمای انجماد در حدود ۱۰۰ درجه سانتی گراد (۱۸۰ درجه فارنهایت) می‌باشد، خطر پارگی گرم در سرعت‌های نسبتا بالای اکستروژن بسیار کاهش می‌یابد. (Black et al,۲۰۱۲)

۵. مکانیزم تخریب منیزیم و روش‌های حفاظت از خوردگی آن

رفتار خوردگی یک فلز بستگی زیادی به خواص لایه خوردگی آن دارد. در خصوص منیزیم طبیعت لایه خوردگی تشکیل شده روی Mg هنوز به خوبی درک نشده است. بررسی ترکیب و ساختار لایه‌های خوردگی تشکیل شده روی منیزیم و آلیاژهای آن نشان از حضور MgO و دارد. مطابق یک مدل پیشنهاد شده توسط Baril و همکاران برای توصیف خوردگی منیزیم خالص در محلول، خوردگی منیزیم توسط حضور یک لایه فیلم نازک MgO در مناطق بدون فیلم کنترل شده است. خوردگی منیزیم یک فرایند پیچیده است و شامل چندین مکانیزم خوردگی می‌شود. اگر چه تا این زمان هیچ توافقی در مورد واکنش‌های خوردگی منیزیم صورت نگرفته است. منیزیم و آلیاژهای آن می‌توانند به انواع متفاوتی از خوردگی مانند خوردگی گالوانیکی و حفره‌ای دچار شوند. در محلول‌های خنثی یا قلیایی خوردگی آلیاژهای منیزیم معمولا به صورت خوردگی حفره‌ای است. خوردگی میکروگالوانیک به علت حضور ناخالصی‌های فلزی مثل Ni ،Fe و Cu و فازهای دومی که به عنوان محل‌های کاتد عمل می‌کنند اتفاق می‌افتد. افزایش پلاریزاسیون آندی، خوردگی را در ناحیه بدون پوشش افزایش می‌دهد و بنابراین یک افزایش در انحلال داریم. لایه محافظ می‌تواند توسط رویین سازی، عملیات حرارتی و یا آندایز کردن روی آلیاژ منیزیم تشکیل شود. تشکیل این لایه می‌تواند در طی فاز اولیه خوردگی محافظت را فراهم کند.

پوشش دارای خاصیت محافظت کننده از خوردگی در آلیاژهای منیزیم است و کاهش نرخ خوردگی را در این آلیاژها نشان داده است. اگر چه اثر حفاظتی پوشش به علت انحلال موقتی است. رفتار خوردگی منیزیم و آلیاژهای آن به متالورژی و فاکتورهای محیطی وابسته است. پارامترهای متالورژیکی که روی رفتار خوردگی منیزیم و آلیاژهای آن اثر دارند شامل ناخالصی و عناصر آلیاژی، ترکیبات فازی و میکروساختار می‌باشند. عملیات متالورژیکی یک روش معمول برای غلبه بر مشکلات خوردگی است و یک راه موثر برای بهبود مقاومت خوردگی آلیاژهای منیزیم فراهم می‌کند(Pinedo,۲۰۱۶). آندایزینگ یک فرایند الکتروشیمیایی است که ضخامت پوشش آن از ۵ تا ۲۰۰ میکرومتر است و می‌تواند سطح فلز را به یک سطح با دوام، مقاوم در برابر خوردگی و آندی تبدیل کند. به طور معمول، لایه‌های اکسید آندی بسته به زمان فرایند رشد می‌کنند و مطابق شکل ۳ ضخامت لایه اکسیدی آن وابستگی مستقیم به ولتاژ اعمال شده دارد.

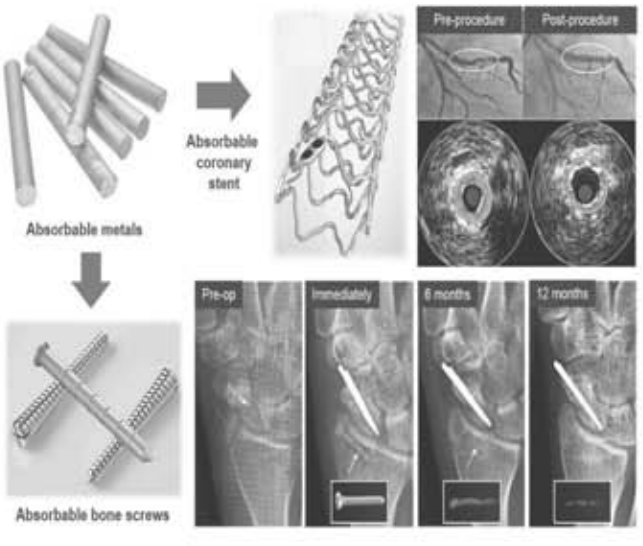


شکل ۱: دیاگرام مکانیزم تکنیک آندایزینگ. Mg به عنوان آند عمل کرده و به Mg۲+ تبدیل می‌شود. سپس با O۲- برای تبدیل به MgO در حضور یون‌های OH- واکنش می‌دهد. Mg(OH)۲ روی سطح فلز و هیدروژن در اطراف کاتد تشکیل می‌شود(Hamouda M. et al,۲۰۱۷).

روش پوشش دهی آندایزینگ برای فلزات و آلیاژهای آنها را می توان با ولتاژهای بالا در محلول آبی انجام داد که یک لایه اکسید ضخیم رسانا روی سطح فلز رشد می کند. فلز منیزیم دارای پتانسیل الکتروشیمیایی و رسانایی است. بنابراین ترکیب مواد الکترولیت با لایه‌های اکسید در حال رشد می تواند یک لایه اکسید تشکیل دهد که بازده مسدود کننده بالاتری داشته باشد. در روش پوشش دهی آندایزینگ، درجه تخلخل و کیفیت لایه اکسیدی می تواند با تنظیم پارامترها افزایش یابد که این پارامترها شامل ترکیب الکترولیت، ولتاژ آندایزینگ، جریان و زمان می‌باشد. ترکیب الکترولیت نه تنها برای فعال کردن آندایزینگ در ولتاژ بالا بلکه در کاهش انحلال منیزیم در طی فرایند نقش مهمی ایفا می کند. روش‌ها و تکنیک‌های مختلفی برای تولید چنین فیلم‌هایی آندی وجود دارد که روش آندایزینگ هم دما برای ضخیم شدن فیلم‌های اکسید سطوح فلزی استفاده می‌شود. خوردگی حفره‌ای روی سطح فلز به دلیل یون‌های کلرید است. بنابراین مفهوم اصلی روش آندایزینگ، مسدود کردن یون‌های کلرید و تاخیر در وقوع خوردگی سطح منیزیم می‌باشد.

۶. کاربردهای پزشکی و مهندسی پزشکی منیزیم

منیزیم معدنی برای قلب، عضله و کلیه مهم و مفید است. این ماده قسمتی از دندان و استخوان را می‌سازد. مهم‌تر از همه، این ماده آنزیم‌ها را فعال می کند، انرژی می‌دهد و به کارکردن بهتر بدن کمک می کند. همچنین استرس، افسردگی و بیخوابی را کاهش می‌دهد. ویتامین B۶ به جذب منیزیم مورد نیاز کمک می کند و با منیزیم در بسیاری از کارها همکاری می کند. آلیاژهای منیزیم به عنوان موادی امید بخش برای ایمپلنت‌های قلب و استخوان در نظر گرفته می‌شوند. این مواد به طور کامل قادر به متابولیزه شدن توسط بدن بوده و هیچگونه اثر پاتالوژیک روی بافت اطراف یا تغییرات سیستمی زیان آور ایجاد نمی کنند(Carlos M. et al, ۲۰۱۳).



شکل ۲: استنت و پیچ استخوان قابل جذب از آلیاژ منیزیم
(SankalpA. et al, ۲۰۱۶)

سالانه در دنیا بیش از ۱۵ میلیون ایمپلنت در بدن بیماران کارگذاشته می‌شود که بیشتر این ایمپلنت‌ها باید دوباره از بدن بیمار خارج شوند. ایمپلنت‌های منیزیمی این چالش را حل می کند زیرا پس از انجام وظیفه خود کامل در بدن جذب و ناپدید شده و به عمل دوم برای خارج سازی آنها نیازی نمی باشد. یک ایمپلنت ساخته شده از منیزیم می‌تواند استحکام ایمپلنت‌های تیتانیمی یا استنلس استیل را داشته باشد و در عین حال قابلیت جذب به‌صورت طبیعی را در بدن دارا است(Hermawan et al, ۲۰۱۸).

۷. نتیجه گیری

با توجه به خصوصیات منحصر بفرد آلیاژهای منیزیم می‌توان با تمرکز تحقیقات و توسعه آنها با کمک فناوری نانو کاربردهای راهبردی زیادی در صنایع و در تجهیزاتی که وزن و اینرسی مهم می‌باشند برای این مواد پیدا کرد. در حال حاضر از این مواد پیشرفته در صنعت نفت، خودرو و پزشکی کشور استفاده نمی شود لذا با توجه به مزایای فراوان این مواد جدید لازم است توسعه آنها در دستور کار قرار گیرد. زیرا صنایع کشور را قادر می‌سازد که تجهیزات پیشرفته تری تولید نمایند. همچنین از اتلاف انرژی و آلودگی محیط زیست جلوگیری شود.

منابع

1.A.Lindemann, T.Zeuner et al. Thermal analytical investigations of the magnesium alloys AM60 and AZ91 including the melting range. Thermochim Acta. 382,2002; 269.275.

2.B.L. Mordike, T. Ebert. Magnesium Properties—applications—potential. Jo. Material science and engineering. 2001; 344-359.

3.□□□ek, L.; Greger, M.; Dobrza□ski, L.A.; Ju□i□ka, I.; Kocich, R.; Pawlica, L.; Ta□ski, T. Mechanical properties of magnesium alloy AZ91 at elevated temperatures. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. 18 (1-2), 2013;203.206.

4.Carlos M.Campos, Muramatsu T, Iqbal J et al. Bioresorbable Drug-Eluting Magnesium-Alloy scaffold for treatment of coronary artery disease. International journal of molecular science. 14(12) ,2013; 24492-24500.

5.Erdmann N, Angrisani N, Reifenrath J, Lucas A, Thorey F, Bormann D, Meyer-Lindenberg A. Biomechanical testing and degradation analysis of MgCa0.8 alloy screws: a comparative in vivo study in rabbits. Acta Biomater. 7,2011; 1421.1428.

6.Emmet Galvin,Swarna Jaiswasl, Caitriona lally et al. In vitro Corrosion and Biological Assessement of Bioabsorbable WE43 MgAlloy Specimens. Journal of Manufacturing and materials process. (1),2017; 1-8.

7.F. Moszner, S.S.A. Gerstl, P.J. Uggowitzer, J.F. Lo ffler. Atomic-scale characterization of prior austenite grain boundaries in Fe-Mn-based maraging steel using site-specific atom probe tomography. Acta Materialia 73,2014; 215.226.

8.Guosong Han et al. Development of non-flammable high strength extruded Mg-Ca-Mn alloys with high Ca/Al ratio. Journal of Materials Science and Technology. 34(11),2018;2063-2068.

9.H. Hermawan. Updates on the research and development of absorbable metals for biomedical applications. 7(2),2018;93-110.

10.John Bennett. Quentin De Hemptinne. Magmaris resorbable magnesium scaffold for the treatment of coronary heart disease: Overview of its safety and efficacy, Expert Review of Medical Devices, 2019 16(9), 757-769.

11.Jorge Gonzalez, Frank Feyerabend et al. Magnesium degradation under physiological condition-Best practice. Bioactive material. 3,2018;174-185.

12.Kato, A; Suganuma, T; Horikiri, H; Kawamura, Y; Inoue, A; Masumoto. .Consolidation and mechanical properties of atomized Mg-based amorphous powders. Materials Science and Engineering: 5093(94),1994; 179-180.

13.Li Jiang et al. Biodegradation of AZ31 and WE43 Magnesium Alloys in simulated body fluids. Int J. Electrochem. Sci,(10),2015; 10422-10432.

14.Mario Alberto Ascencio Pinedo" Investigation of the corrosion behavior of bare and polypyrrole-coated WE43 magnesium alloy for the development of biodegradable implants, Department of chemical engineering, Megill university, Montreal Canada, Feb 2016.

15.Sankalp Agarwal et al .Biodegradable Magnesium Alloys for Orthopaedic Applications. 16, 2016; 0928-493130590-2

16.Tianhao Wang at al. A Review of Technologies for Welding Magnesium Alloys to Steels. Int J of Precision Eng. 8,2021; 1027-1042.

17.US4233376A, Atkinson, James T. N. & Maheswar Sahoo.Magnesium-lithium alloy.1979

18.V.Balaji et al. Effect of heat treatment on magnesium alloys used in automotive industry: A review. Materials Today: Proceedings. 46(9),2021; 3769-3771.

مقاله برگزیده چهارمین کنفرانس بین المللی دوسالانه نفت، گاز و پتروشیمی بوشهر

دسته‌بندی مشکلات حفاری با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین، مطالعه موردی یکی از میادین دریایی ایران

حامد آزادیان ۱، علی رنجبر ۲،*، رضا آذین ۲، عباس روحی ۳
دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد مهندسی نفت، دانشکده مهندسی نفت، گاز و پتروشیمی، دانشگاه خلیج فارس
گروه مهندسی نفت، دانشکده مهندسی نفت، گاز و پتروشیمی، دانشگاه خلیج فارس
شرکت ملی حفاری ایران

چکیده

در طراحی چاه، کلید حصول موفقیت‌آمیز اهداف و کاهش هزینه‌ها، طراحی برنامه‌های چاه بر پایه پیش‌بینی مشکلات بالقوه است. تمرکز صنعت حفاری به سمت کاهش زمان غیرمفید و زمان‌های هدررفته نهان سوق داده شده است. در این پژوهش، با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین و پارامترهای حفاری، دسته‌بندی مشکلات حفاری بررسی شده است. از داده‌های حفاری ۱۷ چاه یکی از میادین دریایی جنوب غربی ایران برای آموزش مدل‌های یادگیری ماشین استفاده شد. ۴۱۱ دسته داده پس از حذف نمونه‌های پرت از منابع مختلف مانند گزارش‌های روزانه حفاری و گزارش‌های نهایی چاه استخراج شد. با اعمال انتخاب ویژگی، تعداد آنها از ۳۱ به ۱۴ ویژگی کاهش داده شد. با بهکارگیری نرم‌افزار MATLAB R۲۰۲۱b مدل‌های دسته‌بندی چندکلاسه شامل نزدیکترین همسایه، و شبکه عصبی اجرا شد. پس از بهینه‌سازی، بهترین دقت اعتبارسنجی متعلق به مدل نزدیکترین همسایه با دقت ۸۷/۳٪ بود. همچنین دقت مدل‌ها در مرحله آزمایش، به ترتیب نزدیکترین همسایه با ۸۶/۳٪ و شبکه عصبی با ۸۰٪ بود. از این مدل‌ها با دقت مناسب میتوان برای پیش‌بینی مشکلات حفاری، و متعاقبا دوری از آن‌ها، حین حفاری چاه‌های جدید در میدان تحت مطالعه استفاده کرد.

مقدمه

در صنعت نفت، یکی از زمینه‌های نیازمند بهینه‌سازی در برنامه‌ریزی و اجرا، عملیات حفاری است. با توجه به هزینه‌های روزانه هر دکل حفاری، کاهش زمان غیرمفید باید در اولویت قرار گیرد. مشکلات حفاری از مهمترین عوامل ایجاد زمان غیرمفید است. این مشکلات در هر منطقه با فراوانی متفاوتی رخ داده و مخارج زیادی به هزینه‌های یک عملیات حفاری اضافه می‌کنند[۱]. روابط بین پارامترهای حفاری بسیار پیچیده است، به گونه‌ای که با معادلات ساده ریاضی نمیتوان تمام جنبه‌های آن را بیان نمود. در سال‌های اخیر، یادگیری ماشین و روش‌های تحلیل داده به عنوان روش‌هایی نوظهور، توجه زیادی را در صنایع نفت و گاز به خود جلب کرده است[۲]. ویژگی اصلی این روش‌ها، داده‌محور بودن آنهاست. این ویژگی موجب می‌شود الگوریتم‌های یادگیری ماشین قادر به درک روابط پیچیده پارامترها از طریق داده‌ها باشند. از آنجا که مشکلات حفاری با پارامترهای متنوعی در ارتباط هستند، استفاده از روش‌های یادگیری ماشین به منظور یادگیری روند پنهان بین داده‌ها و مشکلات حین حفاری چاه‌های مجاور، در پیش‌بینی مشکلات بالقوه چاه‌های آتی مفید خواهد بود. پارامترهای گوناگونی مانند نرخ نفوذ، وزن روی مته، شیب، جهت، گشتاور، فشار منفذی، نوع گل، گرانروی گل، و نقطه تسلیم گل می‌توانند روی مشکلات حفاری تأثیرگذار باشند. استفاده از مقادیر ثبت‌شده مربوط به این پارامترها همراه با مشکلات هر عمق حین حفر چاه‌های یک میدان مشخص به عنوان ورودی الگوریتم‌های دسته‌بندی یادگیری ماشین، موجب ایجاد ظرفیتی برای پیش‌بینی مشکلات بالقوه در میدان می‌شود. حفاری چاه‌های نفت و گاز با انواع مختلفی از مشکلات همراه است. هرزروی‌های درون چاهی می‌تواند مشکلاتی مانند کنترل چاه و چالش‌های گیر لوله ایجاد کند که مسائلی زمانبر و پرهزینه هستند[۳]. پدیده گیر لوله می‌تواند اثرات فاجعه‌باری بر عملکرد حفاری داشته باشد، همراه با نتایجی که از تأخیر زمانی تا از دست‌دادن ماشین‌آلات گران‌قیمت را دربر می‌گیرد[۴]. هزینه کلی حفاری یک چاه هیدروکربنی وابسته به زمان است. زمان حفاری، که تحت تأثیر فاکتورهای زیادی، مثل نرخ نفوذ مته قرار دارد، مهمترین پارامتر برای تعیین هزینه کلی حفاری در نظر گرفته می‌شود[۵].

روش تحقیق

مشکلات و پارامترهای حفاری

پنج مشکلی که اکثریت زمان غیرمفید حفاری میدان تحت مطالعه را به خود اختصاص داده‌اند شامل ناکارآمدی متعلقات درون چاهی، هرزروی سیال حفاری، اضافه کشش بر رشته حفاری، ریزش دیواره چاه و گیر لوله، و تنگ‌شدگی مسیر چاه است. پارامترهای حفاری ثبت‌شده حین وقوع این مشکلات می‌تواند در پیش‌بینی آنها در چاه‌های جدید کمک کننده باشند. مهمترین پارامترهای حفاری در شکل (۱) نشان داده شده است. این پارامترها از منابع مختلفی مانند گزارش‌های روزانه حفاری، گزارش‌های روزانه گل حفاری، گزارش‌های حفاری جهت‌دار، و گزارش‌های نهایی چاه استخراج شد.

شکل ۱- مهمترین پارامترهای حفاری

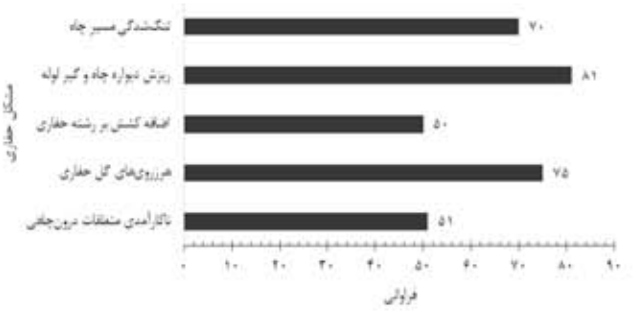
یادگیری ماشین

یادگیری ماشین یکی از بخش‌های هوش مصنوعی و از پرسرعت‌ترین زمینه‌های در حال توسعه در علوم کامپیوتری است. به منظور هوشمند بودن، سیستمی که در یک محیط در حال تغییر قرار دارد، باید توانایی یادگیری داشته باشد. یادگیری ماشین، برنامه‌ریزی رایانه‌ای برای بهینه‌سازی یک معیار عملکرد با استفاده از داده‌های نمونه، یا تجربیات گذشته است[۶]. به بیان دیگر، یادگیری ماشین کاربردی از هوش مصنوعی است که برای سیستم‌ها توانایی یادگیری و بهبود خودکار از تجربیات را، بدون نیاز به برنامه‌نویسی صریح، مهیا می‌کند.

داده‌های مورد استفاده

داده‌های استفاده شده در این پژوهش از گزارش‌های حفاری ثبت شده حین حفاری ۱۷ حلقه چاه دریایی میدان تحت مطالعه استخراج شده است. این داده‌ها شامل پارامترهای حفاری از جمله عمق، جهت، شیب، سنگ‌شناسی سازند، گرانروی پلاستیک گل، وزن روی مته، نرخ نفوذ، دبی گل، دور در دقیقه رشته حفاری، گشتاور، وزن گل ورودی، فشار منفذی، نوع گل حفاری، دمای گل، گرانروی قیف مارش گل، نقطه تسلیم گل، قدرت ژلی گل، درصد جامدات در گل، پیاچ گل، درصد یون کلراید در گل، و درصد یون کلسیم در گل است.

عمده مشکلاتی که حین حفاری چاه‌های میدان مورد مطالعه رخ داده است، با استفاده از منابع مختلف مانند گزارش‌های روزانه حفاری، گزارش روزانه گل حفاری، و گزارش‌های پایان چاه استخراج شد. این مشکلات که توسط کارکنان دکل ثبت می‌شوند، عامل اصلی تولید زمان غیرمفید هستند. این مشکلات به همراه پارامترهای حفاری نظیر خود، از گزارش‌های خام حفاری برای هر عمق مشخص شدند. فراوانی مشکلات حفاری میدان در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل ۲- فراوانی مشکلات حفاری میدان تحت مطالعه

همانطور که مشاهده می‌شود، بیشترین مشکلات مربوط به گیر لوله و ریزش دیواره چاه بوده است. پس از آن، هرزروی گل حفاری، از هر دو نوع ایستا و پویا، بیشترین فراوانی را در بین مشکلات حفاری میدان داشته است. سپس به ترتیب تنگ‌شدگی مسیر چاه، ناکارآمدی متعلقات درون‌چاهی، و اضافه کشش بر رشته حفاری عمده‌ترین مشکلات رخ داده در میدان تحت بررسی هستند.

روش‌های دسته‌بندی

دسته‌بندهای نزدیک‌ترین همسایه

یک دسته‌بند نزدیکترین همسایه نمونه مورد بررسی را به کلاسی با بیشترین فراوانی نزدیکترین همسایه‌ها در فضای نمونه‌های آموزشی، دسته‌بندی می‌کند. این نوع دسته‌بند در مسئله‌ای با کلاس‌های نامتعادل، معمولا تحت تأثیر نمونه‌های همسایگی کلاس اکثریت قرار گرفته و احتمال اینکه به اشتباه نمونه را به کلاس غالب دسته‌بندی کند وجود دارد[۷].

نزدیک‌ترین همسایه‌های یک نمونه اغلب بر حسب فاصله استاندارد اقلیدسی تعریف می‌شوند. اگر یک نمونه دلخواه با بردار $(x, f(x))$ توصیف شود، f تابعی است که مقدار کلاس صحیح $f(x)$ را برای هر نمونه x می‌دهد. نمونه x را نیز می‌توان با بردار ویژگی رابطه (۱) توصیف کرد.

$$[a_1(x), a_2(x), \dots, a_n(x)] \quad (۱)$$

که در آن $a_r(x)$ مقدار ویژگی r از نمونه x است. فاصله بین دو نمونه x_i و x_j به صورت $d(x_i, x_j)$ نشان داده می‌شود. برای فاصله اقلیدسی استاندارد، $d(x_i, x_j)$ با معادله (۳) تعیین می‌شود.

$$d(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{r=1}^{n} (a_r(x_i) - a_r(x_j))^2} \quad (۲)$$

دسته‌بندهای نزدیک‌ترین همسایه معمولاً دقت پیش‌بینی خوبی در ابعاد پایین دارند، اما ممکن است در ابعاد بالا اینگونه نباشد. این دسته‌بندها استفاده زیادی از حافظه داشته و تفسیرشان آسان نیست. الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه در گام‌های زیر خلاصه می‌شود.

- برای هر ورودی آموزشی $(x, f(x))$، نمونه به فهرست نمونه‌های آموزشی اضافه می‌شود.
- با داشتن یک نمونه تحت بررسی x_q برای دسته‌بندی، اگر فرض شود $x_1, \dots, x_k$ نشان‌دهنده k نمونه از نزدیک‌ترین نمونه‌های آموزشی به x_q باشند، عبارت (۶) بازگردانده می‌شود:

$$\hat{f}(x_q) = \arg\max_{v \in V} \sum_{i=1}^{k} \delta(v, f(x_i)) \quad (۳)$$

که $\delta(a,b) = ۱$ اگر $a = b$ و در غیر این صورت $\delta(a,b) = ۰$ است. مقدار $\hat{f}(x_q)$ که توسط این الگوریتم به عنوان تخمینی از $f(x_q)$ بازگردانده می‌شود، فقط مد (متداول‌ترین مقدار) تابع واقعی f در میان نزدیک‌ترین k نمونه آموزشی به x_q است.

یکی از اصلاحات الگوریتم پایه k-نزدیکترین همسایه این است که سهم هر یک از k همسایه را با توجه به فاصله آن‌ها تا نمونه تحت بررسی x_q وزن‌دار کرده و به همسایه‌های نزدیکتر وزن بیشتری دهد. دو روش پرکاربرد برای محاسبه این وزن‌ها، وزن دادن به رأی هر همسایه با توجه به

مجذور معکوس فاصله آن از x_q و یا وزن دادن به رأی هر همسایه با توجه به شباهت آن با x_q است. شباهت با $1 - d(x_q - x_i)$ تعیین می شود. این کار را می‌توان با جایگزین کردن گام پایانی الگوریتم اصلی با روابط (۴) و (۵) انجام داد [۸].

$$\hat{f}(x_q) = \max_{v \in V} \sum_{i=1}^{k} \omega_i \delta(v, f(x_i)) \quad (۴)$$

$$\omega_i = 1 - d(x_q, x_i) \quad (۵)$$

دسته‌بندهای شبکه عصبی

شبکه‌های عصبی واحدهای محاسباتی هستند که از رفتار سیستم‌های بیولوژیکی مانند مغز انسان تقلید می‌کنند [۹]. این مدل‌ها معمولاً دقت پیش‌بینی خوبی دارند و می‌توانند برای دسته‌بندی چندکلاسه استفاده شوند. اولین لایه شبکه عصبی دارای یک اتصال از ورودی شبکه (داده-های پیش‌بینی‌کننده) است و هر لایه یک اتصال از لایه قبل دارد. هر لایه ورودی را در ماتریس وزن ضرب کرده، و یک بردار بایاس به آن اضافه می‌کند. یک تابع فعال‌سازی به دنبال هر لایه می‌آید. آخرین لایه و تابع فعال‌سازی سافت‌مکس پس از آن، خروجی شبکه، یعنی امتیازات دسته-بندی و برچسب (کلاس)های پیش‌بینی‌شده را تولید می‌کند.

در یک شبکه عصبی، پرسپترون عنصر اصلی پردازش بوده و دارای ورودی‌هایی از محیط یا خروجی پرسپترون‌های دیگر است. مرتبط با هر ورودی، $x_j \in R, j = 1, \dots, d$، یک وزن اتصال وجود دارد و خروجی، y، در ساده‌ترین حالت مجموع وزنی ورودی‌ها است (رابطه (۶)).

$$y = \sum_{j=1}^{d} w_j x_j + w_0 \quad (۶)$$

w_0 که برای جامع‌تر کردن مدل است، به عنوان وزن ناشی از یک بایاس واحد، که همواره ۱+ است، افزوده می‌شود. می‌توان خروجی پرسپترون را به صورت یک ضرب نقطه‌ای طبق رابطه (۷) نوشت.

$$y = w^T x \quad (۷)$$

پرسپترون یک ابرصفحه را تعریف می‌کند و به این ترتیب می‌توان از آن برای تقسیم فضای ورودی به دو بخش مثبت و منفی استفاده کرد.

در تفکیک‌کننده خطی فرض بر این است که ابر صفحه $w^T x = ۰$ را می‌توان یافت که $x^t \in C_1$ و $x^t \in C_2$ را از یکدیگر جدا کند. هنگامی که $K > ۲$ کلاس خروجی وجود دارد، K پرسپترون که هر یک دارای بردار وزنی w_i هستند وجود خواهد داشت. در مرحله یادگیری، با شروع از وزن‌های تصادفی اولیه، در هر تکرار، پارامترها تنظیم شده تا بدون اینکه موارد یاد گرفته شده فراموش شود، خطا به حداقل برسد.

با دو کلاس، برای نمونه واحد (x^t, r^t) که $r_i^t = ۱$ اگر $x^t \in C_1$، و $r_i^t = ۰$ اگر $x^t \in C_2$، خروجی مدل برابر با عبارت (۸) است.

$$y^t = sigmoid(w^T x^x) \quad (۸)$$

و آنتروپی متقابل با عبارت (۹) محاسبه می‌شود.

$$E^t(w|x^t, r^t) = -r^t \log y^t - (1 - r^t) \log(1 - y^t) \quad (۹)$$

با استفاده از گرادیان کاهشی، قانون به روزرسانی برای $j = 0, \dots, d$ را به صورت رابطه (۱۰) می‌توان نوشت.

$$\Delta w_j^t = \eta(r^t - y^t) x_j^t \quad (۱۰)$$

پرسپترون دارای یک لایه وزنی، تنها می‌تواند توابع خطی ورودی را تقریب بزند و قادر به انجام آن در مسائل با تفکیک‌کننده تخمینی غیرخطی نیست. در دسته‌بندی، پرسپترون‌های چندلایه می‌توانند تفکیک‌کننده‌های غیرخطی را اجرا کنند.

در این مدل‌ها، ورودی x به لایه ورودی وارد شده، «فعال‌سازی» رو به جلو منتشر می‌شود و مقادیر واحدهای پنهان z_h محاسبه می‌شود. هر واحد پنهان خود یک پرسپترون است و تابع سیگموید غیرخطی را به مجموع وزنی اعمال می‌کند (رابطه (۱۱)).

$$z_h = sigmoid(w_h^T x) = \frac{1}{1 + \exp[-(\sum_{j=1}^{d} w_{hj} x_j + w_{h0})]}, \quad h = 1, \dots, H \quad (۱۱)$$

خروجی y_i، پرسپترون‌ها در لایه دوم هستند که واحدهای پنهان را به عنوان ورودی می‌گیرند (رابطه (۱۲)).

$$y_i = v_i^T z = \sum_{h=1}^{H} v_{ih} z_h + v_{i0} \quad (۱۲)$$

z_0 بایاس در لایه پنهان و v_{i0} وزن‌های بایاس هستند. اگر خروجی واحدهای پنهان خطی باشد، لایه پنهان سودی ندارد چرا که ترکیب خطی ترکیب‌های خطی، یک ترکیب خطی دیگر است. تابع پایه غیرخطی سیگموید (S شکل) دیگری که می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، تابع مماس هذلولی، $tanh$، است که به جای ۰ تا ۱+ از ۱- تا ۱+ متغیر است.

وقتی دو کلاس وجود دارد، یک خروجی (رابطه (۱۳)) کافی است.

$$y^t = sigmoid\left(\sum_{h=1}^{H} v_h z_h^t + v_0\right) \quad (۱۳)$$

که $P(C_1|x^t)$ و $\hat{P}(C_2|x^t) \equiv ۱ - y^t$ را تقریب می‌زند. تابع خطا در این مورد برابر با رابطه (۱۴) است.

$$E(W, v|X) = -\sum_t r^t \log y^t + (1 - r^t)\log(1 - y^t) \quad (۱۴)$$

با اعمال گرادیان کاهشی، معادلات (۱۵) و (۱۶) برای بروزرسانی استفاده می‌شود.

$$\Delta v_h = \eta \sum_t (r^t - y^t) z_h^t \quad (۱۵)$$

$$\Delta w_{h,j} = \eta \sum_t (r^t - y^t) v_h z_h^t (1 - z_h^t) x_j^t \quad (۱۶)$$

در یک مسئله دسته‌بندی با بیش از ۲ کلاس، K خروجی برابر با معادله (۱۷) وجود دارد.

$$o_i^t = \sum_{h=1}^{H} v_{ih} z_h^t + v_{i0} \quad (۱۷)$$

همچنین تابع خطا برابر با معادله (۱۸) است.

$$E(W, V|X) = -\sum_t \sum_i r_i^t \log y_i^t \quad (۱۸)$$

با استفاده از گرادیان کاهشی معادلات بروزرسانی برابر با روابط (۱۹) و (۲۰) به دست می‌آید [۶]:

$$\Delta v_{ih} = \eta \sum_t (r_i^t - y_i^t) z_h^t \quad (۱۹)$$

$$\Delta w_{hj} = \eta \sum_t \left[\sum_i (r_i^t - y_i^t) v_{ih}\right] z_h^t (1 - z_h^t) x_j^t \quad (۲۰)$$

نتایج و تحلیل

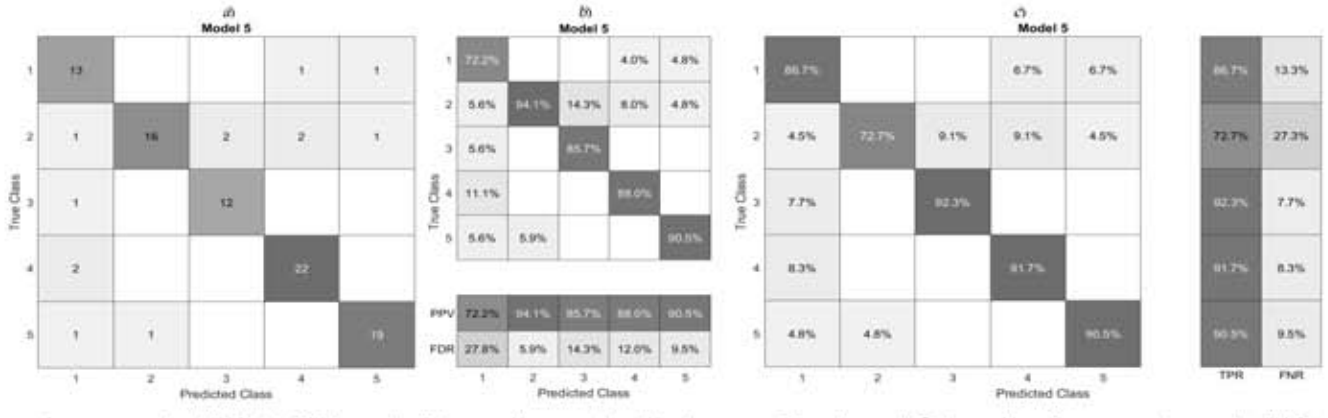
آموزش و اعتبارسنجی دسته‌بندهای نزدیک‌ترین همسایه

الگوریتم k نزدیکترین همسایه به روشی عمل می‌کند که یک داده جدید، به شبیه‌ترین گروه همسایگی اطرافش اختصاص داده شود. در این روش، k می‌تواند عددی صحیح، و بزرگتر یا مساوی ۱ باشد. برای دسته‌بندی هر داده جدید، الگوریتم باید محاسبه کند داده به کدام گروه همسایگی نزدیکتر است. معمولا فاصله اقلیدسی به عنوان معیار فاصله محاسبه می‌شود. در بهینه‌سازی مدل نزدیک‌ترین همسایه، ابرپارامترهایی شامل تعداد همسایه‌ها (۱ تا ۱۵۸)، معیار فاصله (City block، Chebyshev، Correlation، Cosine، Euclidean، Hamming، Minkowski، Mahalanobis، Jaccard، و Spearman)، وزن فاصله (برابر، عکس، عکس مربع)، و استانداردسازی داده (بله، خیر) قابل بهینه‌سازی هستند. مقادیر بهینه برگزیده برای این مدل در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱-نتایج بهینه‌سازی ابرپارامترهای مدل نزدیک‌ترین همسایه

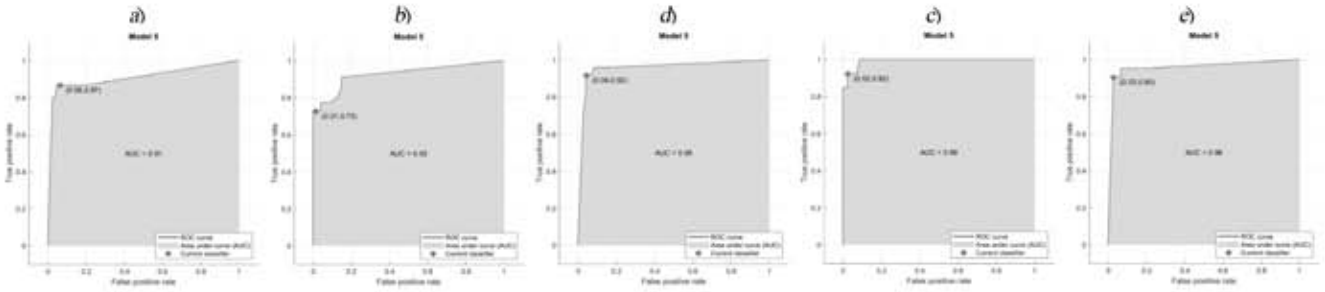
ابرپارامتر	مقدار
تعداد همسایه	۳
معیار فاصله	همینگ
وزن فاصله	معکوس مربع
استانداردسازی داده ها	مثبت

ماتریس‌های درهم‌ریختگی برای مرحله آزمایش این مدل در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل ۳- ماتریس‌های درهم‌ریختگی برای مرحله آزمایش مدل نزدیکترین همسایه. (a)- ماتریس تعداد نمونه. (b)- ماتریس PPV و c). FDR)- ماتریس درصد دقت.

دقت کلی این مدل در مرحله آزمایش برابر با ٪۸۶/۳ است. همچنین نمودار ROC برای مرحله آزمایش این مدل در شکل (۴) نشان داده شده است.



شـکل ۴- نمودار ROC برای مرحله آزمایش مدل نزدیکترین همسـایه. a- انتخاب کلاس اول به عنوان کلاس مثبت. b- انتخاب کلاس دوم به عنوان کلاس مثبت. c- انتخاب کلاس سوم به عنوان کلاس مثبت. d- انتخاب کلاس چهارم به عنوان کلاس مثبت. e- انتخاب کلاس پنجم به عنوان کلاس مثبت.

همانطور که در شکل (c-۴) دیده می‌شود، بیشترین مقدار AUC (۰/۹۹) متعلق بـه انتخاب کلاس ۳ به عنوان کلاس مثبت اسـت. این نشـاندهنده عملکرد بهتر مدل در دسته‌بندی این کلاس، یعنی مشکل اضافه کشش بر رشته حفاری است.

آموزش و اعتبارسنجی دسته‌بندهای شبکه عصبی

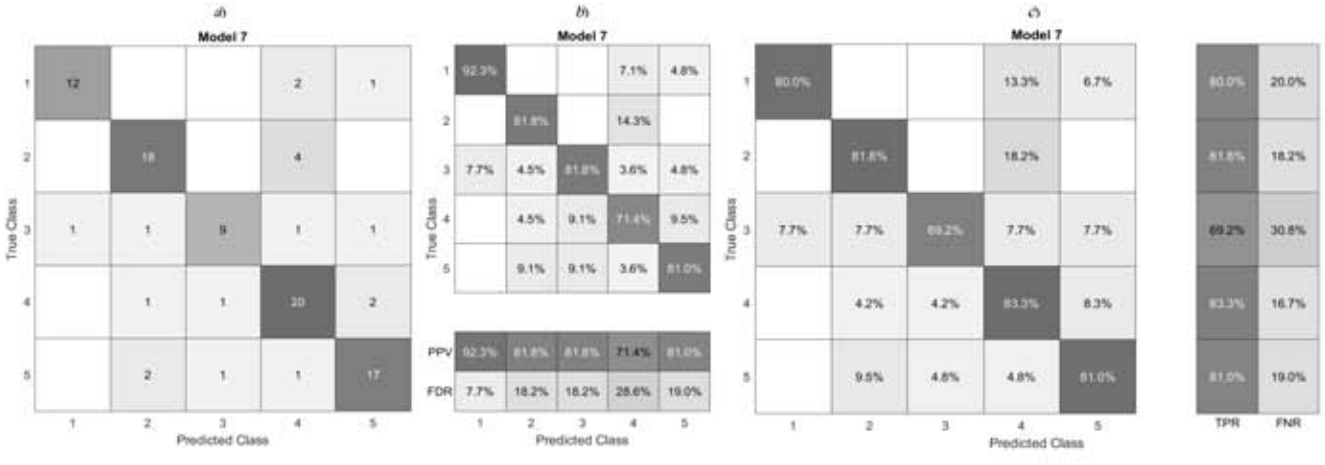
مدل‌های شـبکه عصبی به عنـوان دنبال‌های از لایه‌ها کـه منعکس کننده روش پردازش اطلاعات مغز هستند، ساختاربندی شده‌اند. در بهینه‌سازی این مدل‌ها، ابرپارامترهایـی مانند تعداد لایه‌هـای متصل (۱ تا ۳)، تابع فعالسـازی (ReLU، Tanh، Sigmoid، و بدون فعالسازی)، استانداردسازی داده‌ها (بله، خیر)، قدرت تنظیم‌سازی (لامبدا) (۸-e ۳/۱۶۴۶ تا ۳۱۶/۴۵۵۷) قابل بهینه‌سازی هستند.

جدول (۲) مقادیر بهینه ابرپارامترهای این مدل را نشان میدهد.

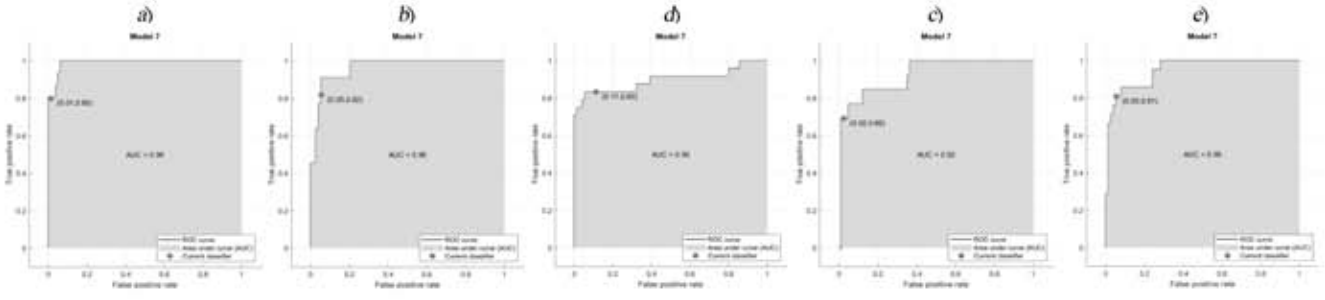
جدول ۲- نتایج بهینه‌سازی ابرپارامترهای مدل دسته‌بند شبکه عصبی

ابرپارامتر	مقدار
تعداد لایه‌های تماما متصل	۲
تابع فعالسازی	*ReLU*
استانداردسازی داده‌ها	مثبت
توان تنظیم‌سازی	۱/۵۰۵۷ e-۵

ماتریس‌های درهم‌ریختگی برای مرحله آموزش مدل شبکه عصبی که در آن از ۳۰ درصد داده‌های به کار گرفته نشـده در مرحله آموزش و اعتبارسنجی استفاده شد در شکل (۵) آمده است.



شکل ۵- ماتریس‌های درهم‌ریختگی برای مرحله آزمایش مدل شبکه عصبی. (a)- ماتریس تعداد نمونه. (b)- ماتریس (c). FDR و PPV - ماتریس درصد دقت. دقت کلی برای مرحله آزمایش شبکه عصبی ٪۸۰ است. همچنین نمودارهای ROC برای آزمایش این مدل در شکل ۶) نشان داده شده است.

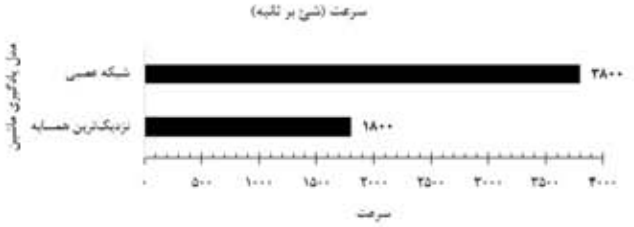


شـکل ۶-نمودارهـای ROC برای مرحله آزمایش مدل شـبکه عصبی. a- انتخـاب کلاس اول به عنوان کلاس مثبت. b- انتخـاب کلاس دوم به عنوان کلاس مثبت. c- انتخاب کلاس سوم به عنوان کلاس مثبت. d- انتخاب کلاس چهارم به عنوان کلاس مثبت. e- انتخاب کلاس پنجم به عنوان کلاس مثبت.

همانطور که در شکل (a-۶) دیده می‌شود، بیشترین مقدار AUC (۰/۹۹) متعلق به انتخاب کلاس ۱ به عنوان کلاس مثبت است. این نشاندهنده عملکرد بهتر مدل در دسته‌بندی این کلاس، یعنی مشکل ناکارآمدی متعلقات درون‌چاهی است.

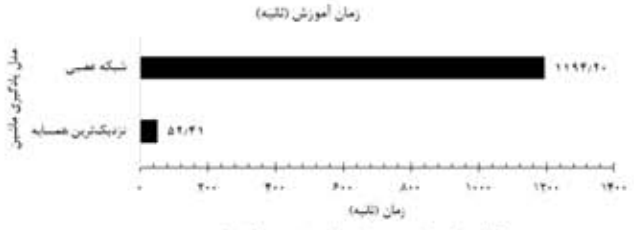
مقایسه مدل‌های دسته‌بندی

در این بخش، نتایج مدل‌های دسته‌بندی مشکلات حفاری با یکدیگر مقایسه شده‌اند. این مقایسه در مورد دقت دسته‌بندی کل، سرعت عملکرد، و مدت زمان دسته‌بندی مدل انجام گرفت. در شکل (۷) مقایسه‌ای از سرعت مدل‌های دسته‌بندی مشاهده می‌شود.



شکل ۷- مقایسه سرعت دسته‌بندی مدل‌های دسته‌بندی

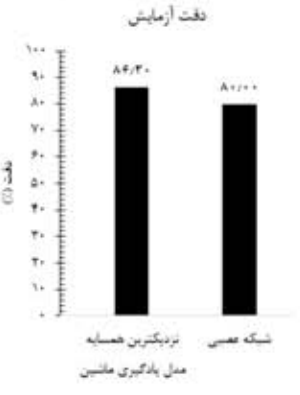
سریعترین مدل دسته‌بندی، مدل شبکه عصبی با سرعت ۳۸۰۰ شئ بر ثانیه بود. زمان مورد نیاز برای دسته‌بندی مشکلات حفاری و بهینه‌سازی مدل در مرحله آموزش توسط مدل‌های یادگیری ماشین بر حسب ثانیه در شکل (۸) آمده است.



شکل ۸- مقایسه زمان آموزش مدل‌های دسته‌بندی

مدل شبکه عصبی بیشترین زمان را برای یادگیری روند داده‌ها در مرحله آموزش نیاز دارد.

در مرحله آزمایش، با استفاده از داده‌هایی که برای آموزش مدل استفاده نشدند، جامعیت‌پذیری مدل‌های یادگیری ماشین آزموده می‌شود. دقت مرحله آزمایش سه مدل دسته‌بندی استفاده شده در شکل (۹) مقایسه شده‌اند.



شکل ۹- نمودار مقایسه دقت آزمایش مدل‌های دسته‌بندی

مدل نزدیکترین همسایه با ٪۸۶/۳ دقت در مرحله آزمایش بهترین عملکرد را از خود نشان داد.

نتیجه‌گیری

امروزه در صنایع نفت و گاز، یکی از چالش‌های اساسی، بهینه‌سازی عملیات‌های حفاری و کاهش هزینه‌های مربوط به آن است. مشکلات حفاری که از یک میدان به میدانی دیگر در عمق و شرایط متفاوتی رخ می‌دهند، اصلی‌ترین علل ایجاد زمان‌های غیرمفید حفاری هستند. به دلیل پیچیدگی روابط بین این پارامترها و چگونگی تأثیرگذاری آن‌ها بر وقوع مشکلات حفاری، نمی‌توان با استفاده از معادلات مرسوم، این مشکلات را به صورتی کارآمد پیش‌بینی کرد. در چنین مواردی، روش‌های یادگیری ماشین، که زیر مجموعه هوش مصنوعی بوده و روش‌هایی داده‌محور هستند، می‌توانند کمک‌کننده باشد. در این پژوهش، مطالعه‌ای روی یکی از میادین فراساحلی جنوب غرب ایران، برای دسته‌بندی مشکلات حفاری با استفاده از پارامترهای حفاری انجام گرفت. در مدل‌های یادگیری ماشین، هر یک از ۵ مشکل اصلی حفاری در میدان به عنوان برچسب یک کلاس در نظر گرفته شد و مسئله مورد نظر، یک مسئله دسته‌بندی ۵ کلاسه است. هر یک از دو مدل دسته‌بندی نزدیکترین همسایه و شبکه‌های عصبی پس از اجرا، با استفاده از تنظیم ابرپارامترها بهینه‌سازی شدند. در مرحله آزمایش که از داده‌های جدید استفاده شد، به ترتیب بیشترین دقت مربوط به مدل نزدیکترین همسایه با ٪۸۶/۳، و شبکه عصبی با ٪۸۰ بود. این نتایج بیانگر این است که می‌توان از مدل دسته‌بند نزدیکترین همسایه حاصل برای پیش‌بینی مشکلات حفاری و متعاقبا دوری از آن‌ها، حین حفاری چاه‌های جدید در میدان مذکور استفاده نمود. همچنین از نظر سرعت دسته‌بندی، مدل شبکه عصبی با سرعت ۳۸۰۰ شئ بر ثانیه، سریع‌ترین بود. این نتیجه نشان می‌دهد اگرچه مدل نزدیکترین همسایه دقیق‌تر است، اما دستهبند کندتری است.

در راستای تحقیقات آینده، باید در نظر داشت که استفاده از داده‌های بیشتر در فاز آموزش مدل‌های یادگیری ماشین، عملکرد آنها را در پیش‌بینی داده‌های جدید بهبود می‌بخشد. همچنین باید این حقیقت را که هر مدل با آموزش روی داده‌های یک میدان خاص، تنها برای همان میدان عملکردی مناسب خواهد داشت، مدنظر قرار داد. در نتیجه، برای حصول بهترین عملکرد، نیاز به آموزش مدل با داده‌های حفاری میدان تحت مطالعه است.

منابع

[1] M. Oyedere and K. Gray, "ROP and TOB optimization using machine learning classification algorithms," Journal of Natural Gas Science and Engineering, vol. 77, p. 103230, 2020.

[2] R. K. Pandey, A. K. Dahiya, and A. Mandal, "Identifying applications of machine learning and data analytics based approaches for optimization of upstream petroleum operations," Energy Technology, vol. 9, no. 1, p. 2000749, 2021.

[3] S. Mardanirad, D. A. Wood, and H. Zakeri, "The application of deep learning algorithms to classify subsurface drilling lost circulation severity in large oil field datasets," SN Applied Sciences, vol. 3, no. 9, pp. 1-22, 2021.

[4] A. Brankovic et al., "Data-driven indicators for the detection and prediction of stuck-pipe events in oil&gas drilling operations," Upstream Oil and Gas Technology, vol. 7, p. 100043, 2021.

[5] A. Al-AbdulJabbar et al., "Prediction of the rate of penetration while drilling horizontal carbonate reservoirs using the self-adaptive artificial neural networks technique," Sustainability, vol. 12, no. 4, p. 1376, 2020.

[6] E. Alpaydin, Introduction to machine learning. MIT press, 2020.

[7] Y. Li and X. Zhang, "Improving k nearest neighbor with exemplar generalization for imbalanced classification," in Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 2011, pp. 321-332: Springer.

[8] G. Batista and D. F. Silva, "How k-nearest neighbor parameters affect its performance," in Argentine symposium on artificial intelligence, 2009, pp. 1-12: Citeseer.

[9] A. A. Mahmoud, S. Elkatatny, and A. Al-AbdulJabbar, "Application of machine learning models for real-time prediction of the formation lithology and tops from the drilling parameters," Journal of Petroleum Science and Engineering, vol. 203, p. 108574, 2021.

معرفی شش راهبرد مهم حوزه ژئومکانیک نفت کشور

مروری بر چهارمین کنفرانس ملی ژئومکانیک نفت

چهارمین کنفرانس ملی ژئومکانیک نفت با همکاری انجمن ژئومکانیک نفت ایران و پژوهشکده بهره‌وری صنعت نفت دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی با تکیه بر نوآوری و فناوری در تاریخ ۱۱ الی ۱۳ بهمن‌ماه سال ۱۴۰۱ در دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی برگزار شد. در این همایش با حضور و مشارکت فعال مدیران شرکت‌های نفتی دولتی و خصوصی، صنعتگران، اساتید دانشگاه‌ها، کارشناسان و دانشجویان، جدیدترین دستاوردهای علمی حوزه ژئومکانیک نفت مورد بحث و تبادل نظر قرار گرفت. اهداف، دستاوردها، مشخصات کلی و رویدادهای ویژه کنفرانس به انضمام بیانیه اختتامیه کنفرانس در ادامه آورده شده است.

اهداف کنفرانس:

هدف کنفرانس ارایه آخرین دستاوردهای علم ژئومکانیک در حوزه‌های مختلف صنعت از استحصال آب‌های ژرف تا استحصال نفت و گاز نظیر مسائل مرتبط با حفاری، کاهش هزینه‌های جاری و افزایش راندمان تولید در فازهای مختلف توسعه میدان‌های نفت و گاز، بهره‌برداری از مخازن نامتعارف و همچنین ایجاد بسترهای همکاری بین فعالان حوزه ژئومکانیک نفت است.

دستاوردهای کنفرانس:

۱- برگزاری نشست‌های تخصصی مرتبط با ژئومکانیک نفت توسط اساتید و کارشناسان شرکت‌های نفتی

۲- عقد و رونمایی از تفاهم‌نامه‌های همکاری با شرکت‌ها و انجمن‌های علمی مرتبط

۳- نمایه‌سازی تمامی مقالات کنفرانس در پایگاه‌های ISC و سیویلیکا

۴- ارائه سخنرانی‌های کلیدی با موضوعات روز علم ژئومکانیک نفت

۵- برگزاری کارگاه‌های آموزشی تخصصی

۶- برگزاری تور ژئومکانیکی

- تعداد مقالات دریافتی: ۱۵۵ مقاله
- تعداد مقالات پذیرش شده: ۹۸ مقاله
- تعداد مقالات ارائه به‌صورت پوستر: ۴۶ مقاله
- تعداد مقالات ارائه به‌صورت شفاهی: ۵۲ مقاله
- تعداد مقالات به‌صورت سخنرانی کلیدی: ۲ مقاله

بیانیه اختتامیه چهارمین کنفرانس ملی ژئومکانیک نفت

خداوند متعال را شاکریم که بار دیگر توفیق داد تا بعد از وقفه ناشی از بیماری جهانی کرونا، چهارمین کنفرانس ملی ژئومکانیک نفت را در سال "تولید، دانش بنیان، اشتغال آفرین" با شعار «نوآوری و فناوری» در تاریخ ۱۱ الی ۱۳ بهمن ۱۴۰۱ با لطف و عنایت الهی، با حضور جمعی از دانشگاهیان، محققان، متخصصان صنعت نفت کشور و مدیران دستگاه‌های اجرایی به همت انجمن ژئومکانیک نفت ایران در دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی با موفقیت و سربلندی برگزار کنیم. براساس نظرسنجی، خوشبختانه اکثر شرکت‌کنندگان از نحوه برگزاری این رویداد علمی در حد استاندارد یک کنفرانس ملی رضایت داشتند.

امروزه برای همه فعالان حوزه نفت و گاز در دنیا، ضرورت کاربرد دانش ژئومکانیک نفت در بخش بالادستی برای مدیریت اقتصادی مسائل از جمله در مورد پایداری دیواره و تکمیل چاه، انتخاب مسیر بهینه حفاری، شکست هیدرولیکی، تولید ماسه در چاه، شکستگی پوش‌سنگ و فرار نفت و گاز، فرونشست، افزایش ضریب بازیافت و ازدیاد برداشت و نیز ذخیره‌سازی گاز طبیعی در زمین کاملا محرز شده است. در رویکرد اساسی تولید بر پایه دانش و فناوری، بهره گیری از علم ژئومکانیک نفت در تمام مراحل اکتشاف، تولید، بازتولید و افزایش بهره‌وری و حتی در مرحله تعطیلی مخزن ضرورت دارد. با توجه به سابقه بیش از صد ساله صنعت نفت کشور و اینکه اکنون تعداد قابل توجهی از مخازن به نیمه عمر خود رسیده‌اند، اهمیت این موضوع بیشتر شده است ولی استفاده واقعی و عملیاتی از دانش ژئومکانیک نفت در کشور برای اهداف فوق تا رسیدن به نقطه‌ای مطلوب، فاصله بسیار زیادی دارد و دانش‌آموختگان و نخبگان صنعت و دانشگاه در این حوزه همچنان به تلاش خود برای اصلاح این مسیر می‌بایست ادامه دهند.

براین اساس، شرکت‌کنندگان در این کنفرانس موارد ذیل را به عنوان محورهای راهبردی و مهم در حوزه ژئومکانیک نفت کشور مورد تاکید قرار داده و جهت استحضار و هرگونه بهره‌برداری لازم به مسوولین ذیربط در دولت محترم، مجلس شورای اسلامی و دیگر سازمان‌ها و مراکز مرتبط پیشنهاد می‌نمایند:

۱- ایجاد واحد مطالعات ژئومکانیک نفت در چارت سازمانی صنعت نفت کشور و شرکت‌های مرتبط.

۲- بومی‌سازی ساخت تجهیزات مورد نیاز درون چاهی و آزمایشگاهی ژئومکانیکی.

۳- تهیه بانک اطلاعات ژئومکانیکی زیرسطحی با همکاری مراکز دانشگاهی و پژوهشی.

۴- ایجاد بورس تحصیلی از طرف صنعت برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی رشته ژئومکانیک نفت در راستای رفع مشکلات صنعت نفت و گاز کشور.

۵- همکاری شرکت‌های مشاور و پیمانکار با انجمن‌های علمی به عنوان بازوی علمی و فنی و محسوب نمودن این گونه همکاری‌ها در امتیاز فنی شرکت‌ها.

۶- تدوین دستورالعمل‌ها و استانداردهای مطالعات ژئومکانیک نفت.

• در پایان برگزارکنندگان کنفرانس، آمادگی خود را برای حمایت علمی و فنی از کلیه پروژه‌های ژئومکانیکی از جمله لایه‌شکافی را اعلام می‌نمایند.

مقالات برتر به‌صورت ارائه شفاهی

ردیف	کد مقاله	عنوان مقاله	نویسندگان
۱	۱۰۶۷-pgc	بررسی میزان ارتباط توزیع شدت شکستگی با پارامترهای سنگ‌شناسی و ژئومکانیکی در مخزن سروک یکی از میادین فروافتادگی دزفول	خدیجه هاشمیان - ولی مهدی پور
۲	۱۰۸۱-pgc	ویژگی‌های الاستیک سنگ مخزن‌های کربناته: اندازه گیری‌های آزمایشگاهی و مدل‌سازی عددی با استفاده از تصاویر میکروسی تی اسکن	شیرین سامانی - علی ارومیه‌ای - هانس کلز - سعید خالقی - بهزاد مهرگینی - حسن اشراقی - رودی سونن
۳	۱۰۳۷-pgc	بررسی تغییر میدان تنش‌های کل در مخازن نفت و گاز در اثر برداشت به‌وسیله مدل‌سازی عددی	برزین شریفی - علی پاک
۴	۱۰۸۸-pgc	اثرات نیروی ماند سیال در تولید ماسه از چاه‌های نفت مشبک کاری شده	حسن قاسم‌زاده - احمدعلی خدائی اردبیلی
۵	۱۰۳۸-pgc	مطالعه تجربی قابلیت هدایت‌پذیری شکاف هیدرولیکی با به‌کارگیری پروپنت‌های طبیعی در یکی از مخازن ایران	محمدحسین حاجی محمدحسن عرب - حسین اسگندری راد - محمدجواد عامری
۶	۱۱۱۱-pgc	Application of nano indentation test to derive the mechanical parameters of rocks	نجمه جعفرزاده - ایوب الیاسی - علی کدخدایی - مهسا عبداللهی
۷	۱۱۲۵-pgc	بررسی تئوری و مفهومی نقش ژئوشیمی آب منفذی در تخمین فشار شکست با مدل‌های مرسوم در عملیات شکافت هیدرولیکی	محمد رضائی - محسن مسیحی - حسن ماهانی
۸	۱۱۶۱-pgc	الزامات مدل‌سازی شکستگی مخزن	سیدعلی معلمی
۹	۱۰۵۵-pgc	تعیین پارامترهای کموپروالاستیک شیل با استفاده از آنالیز داده‌های آزمایشگاهی و تئوری با استفاده از روش بهینه سازی ازدهام ذرات	رضا دهقانی - محمد جواد عامری شهرابی
۱۰	۱۱۲۸-pgc	بررسی ارتباط بین تراوایی‌های نسبی جریان همسو و ناهمسو و مطالعه رفتارهای مربوطه در شبیه‌سازی مخازن شکافدار	اسماعیل حمیدپور - مجتبی کنعانی - محسن مسیحی
۱۱	۱۰۱۷-pgc	تعیین احتمال خاستگاه گسل‌ها و شکستگی‌ها در یکی از مخازن نفتی بر مبنای نشانگرهای لرزه‌ای حاصل از مکعب هدایت شیب	امیر طالبی - سامیه جنیدی - مسعود فریدونی - حسین هاشمی شاهدانی - غلامرضا شاه علیپور
۱۲	۱۱۳۷-pgc	امکان‌سنجی استفاده از تداخل‌سنجی راداری به منظور اندازه گیری فرونشست زمین در اثر استخراج مواد نفتی	زهرا علی‌زاده زکریا - حمید عبادی - فرشید فرنود احمدی
۱۳	۱۱۰۴-pgc	مدل‌سازی حوزه زمان امواج لرزه‌ای در محیط‌های ویسکوآکوستیک با توپوگرافی و چگالی متغیر	سعید رحمتی - تکتم زند - علی غلامی - حمیدرضا سیاه‌کوهی

مقالات برتر به‌صورت ارائه پوستر

ردیف	کد مقاله	عنوان مقاله	نویسندگان
۱	۱۱۰۳-pgc	کاستی‌ها و تنگناهای موجود در مدل‌سازی ژئومکانیکی با نگرشی بر تقسیم‌بندی و نحوه ساخت آنها	عرفان رحیمی - حسن قاسم زاده - محمدفورمن اصغرزاده - مهدی ابوالحسنی
۲	۱۰۴۶-pgc	مطالعه دو بعدی شکاف هیدرولیکی در محیط جامد متخلخل	فرشید یحیائی - عطیه میرمحمدی - محسن طالب کیخواه - مصطفی کشاورز
۳	۱۰۴۷-pgc	تعیین پنجره ایمن - پایدار وزن گل حفاری در یکی از چاه‌های دما بالا فشار بالا ایران	یاسر ارجمند - مهدی ابوالحسنی - آرش حیدری - محمد ابراهیمی
۴	۱۰۹۲-pgc	پیش‌بینی مقاومت کششی نمونه‌های ماسه‌سنگ مصنوعی با استفاده از خواص فیزیکی آنها	وحید زابلی زاده سی سخت - حامد ملاداودی - مجتبی محب حوری
۵	۱۱۲۱-pgc	ارزیابی ریسک در حفاری چاه آب عمیق برای جلوگیری از عواقب فوران	مجید سجادیان
۶	۱۱۵۵-pgc	سازو کارهای دستیابی به مزیت رقابتی گرایش ژئومکانیک نفت در دانشگاه‌های سطح یک شهر تهران	ماندانا یاوری - پریوش جعفری - نادرقلی قورچیان
۷	۱۰۵۰-pgc	بررسی شبیه‌سازی صورت گرفته بر روی هندسه شیارها تحت فشار بسته‌شدن شکاف در فرآیند لایه شکافی با اسید	عطیه میرمحمدی - محمدرضا اکبری - فرشید یحیائی

مهندسان کارآفرینان درون سازمانی

حبیب بیرامی :کارشناسی ارشد مهندسی صنایع(Email: beiramy.moshavereh@gmail.com)
میثم عربی: کارشناسی مهندسی صنایع (Email:meysam.arabi@gmail.com)

مهندسان نیروی کار حرفه ای سازمان هستند که وظیفه ایجاد و توسعه نوآوری ها را دارند. به دلیل اینکه سازمان هایی که از فناوری های پیشرفته سود می برند، نیاز به همکاری با متخصصان زیادی دارند، مهندسان باید همانند تامین کنندگان خارجی و تامین کنندگان خدمات در زمینه های تخصصی چون بازاریابی و تحقیق و توسعه توانا باشند. امروزه خلاقیت برای معنا یافتن نه تنها به دانش منحصر به فرد احتیاج دارد بلکه دانش اجتماعی را نیز طلب می کند. در این حالت، نوآوری اجتماعی موازی با نوآوری های فنی است. از این رو در این مقاله سعی در کشف ریشه های کارآفرینی در مهندسی در شرکت هایی داریم که از فناوری های پیشرفته استفاده می کنند و از این رو بر سه مطلب تمرکز می کنیم: کارآفرین درون سازمانی و مهندس کار آفرین کیست؟ چه نوع مدیریت و حمایت سازمانی به منظور تسهیل آینده کارآفرینان مورد نیاز است؟ به منظور توسعه عملی کارآفرینی چه کارهایی و چه

آموزش هایی نیاز است ؟
در یک پروژه نوآوری خلاقیت فردی ، جست و جوی فرصت ها، قدرت تصور و انعطاف پذیری مهم هستند ولی مهارت های اجتماعی چون کار تیمی و ایجاد شبکه نیز از اهمیت بسیار بالایی برخوردارند. کارآفرینی فرایندی پیچیده و متقابل میان افراد و واحدها در درون و خارج شرکت است. جو سازمانی و مدیریت که به ترویج روابط کاری پیچیده میان افراد پرداخته و باعث کشف استعداد نوآوری و ریسک پذیری افراد شده و رشد و پیشرفت پرسنل را در پی دارد ، از اهمیت بالایی برخوردار است. از آنجایی که در نوآوری به جای اینکه به یک تخصص خاص نیاز باشد به مرزهای دانش نیاز است، تحصیلات دانشگاهی که به طور همزمان بر روی دانش فنی و بازاریابی تمرکز دارند مطلوب به شمار می آیند.
با توجه به این نکات کارآفرینی باید تلاشی مستمر در جهت حفظ تمایل سازمان به نوآری های تازه و تازه تر باشد. در سطح سازمان، کارآفرینی باید توسط فرهنگ سازمانی مورد حمایت قرار گیرد. این امر شرایط خوبی برای پیشرفت فردی ، کار خوب تیمی و توسعه دانش در سازمان ایجاد می نماید.

۱- کارافرینی درون سازمانی چیست؟
فرآیند کارآفرینی سازمانی در قلب ساختار کارآفرینی سازمانی قرار دارد و توسط تعامل مستمر دو لایه اصلی فرآیند به انجام فعالیت می پردازد: سطح سازمانی و سطح فردی. فرآیند اغلب مدت کوتاهی پس از تشخیص فرصت آغاز می گردد و به مراحل " آماده سازی برای بهره برداری" و "بهره برداری از فرصت" که منجر به خلق ارزش می گردد تقسیم می شود ، در حقیقت هر یک از این مراحل ارزش افزوده ای را به فرایند اضافه می نماید. کارآفرینی درون سازمانی فرایندی است که ازارتباط کارآفرین درون سازمانی و فرصت ها شکل می گیرد. کارآفرینی درون سازمانی تنها زمانی به طور صحیح تعریف می شود که فرصت ها ، کارآفرین و سازمان به طور هم زمان مد نظر قرار گیرند.

۲. کارآفرین تکنولوژی درون سازمانی چه کسی است؟
نیازی نیست که کارکنان کارآفرینی به عنوان رهبر منصوب و گماشته شوند، هر کسی که همانند یک کارآفرین در یک سازمان عمل می کند ، در هر سطح ودر هر نقشی که قرار داشته باشد می تواند یک کارآفرین به حساب آید.
کارآفرینی درون سازمان توسط افرادی انجام میشود که دارای دانش کافی در مورد یک تکنولوژی مهم بوده و دانش کافی در مورد بازار دارند به طوری که بتوانند در مورد تقاضای بازار قضاوت کنند(کوهن ۲۰۰۲). یکی از منابع مهم کارآفرینی عبارت است از شناخت کامل مشتریان و نیاز های آنان ، یکی دیگر از این منابع درک صحیح زنجیره صنعت و جایگاه سازمان در آن است.بنابراین حضور افراد فن شناسی (تکنولوژیست) که دارای تفکر کارآفرینی باشند بیشترین کمک را به ایجاد نوآوری های تکنولوژیکی می کند.

۳- ویژگی های یک فرهنگ سازمانی کارآفرینی
فرهنگ کلمه ای پر از معناست که در یک جامعه به اشتراک گذاشته می شود و به عنوان یک فرایند منطقی (دیالکتیک) طی تعاملاتی که بین و رهبران و زیر دستان آنها صورت می پذیرد تکامل می یابد. رهبری اهمیت زیادی در توسعه زودهنگام فرهنگ سازمانی دارد زیرا مدیران آن را تشکیل داده و به آن معنا می بخشند(اسمیرسیچ و مرگان ۱۹۸۲). فرایند کارآفرینی سازمانی در یک محیط پیچیده اجتماعی و بر پایه روابط متقابل شکل گرفته و در آن افراد و چارچوب سازمانی باید همگرا باشند. روش ها ، ارزش ها و "روش های انجام کار" از عوامل مهم فرهنگ سازمانی کار آفرینی هستند که از خلاقیت فردی اعضای سازمان حمایت می کند.
در مقاله گلنسون (۲۰۰۶) که درباره خلاقیت در سن پایین نگاشته شده است بیان می شود که افرادی که در سنین پایین در معرض این پدیده قرار می گیرند، فاکتور ترس از شکست در وجودشان نیستوی از آن به عنوان خلاقیت هنری یاد می کند ، به این معنی که شما دست به کاری می زنید که قبلا تجربه آن را نداشتید (به ریسک پذیری در لیست جدول ۱ رجوع کنید). شرکت BMW در آلمان دارای سیستمی است که طی آن از افراد خلاقی که شکست خورده اند تقدیر می کند(کریگزمن وهمکاران ۲۰۰۵) .وییک مدل عملی برای افزایش تحمل سازمان ها و کاهش توبیخ ها در مورد انواع خطاها را ارائه داد (به ترتیب اولویت): خرابکاری عمدی (با سطح تحمل صفر و توبیخ کامل) ، شکست های پنهانی ، اشتباه کردن ، قصور و کوتاهی ، تکرار خطا و درخواست های بیش ازحد؛ که دو مورد آخر خطاهایی هستند که سیستمی بوده و از خلاقیت سرچشمه می گیرند و باید کاملا آنها را تحمل نمود و میزان توبیخشان صفر باشد. ریسک های مربوط به خلاقیت ممکن است به دلیل بدشانسی ، اتفاقات و ریسک موجود باشد هر چند که این ریسک قابل مدیریت واندازه گیری است. در این حالت کارآفرین وسازمان ، هر دو چیزهای زیادی یاد می گیرند.

۴- محیط فیزیکی مورد نیاز برای کارآفرینی و همکاری
امکاناتی نیاز است که به ایجاد خلاقیت کمک نماید(مک ادام و مک کللند۲۰۰۲). این امر از این حقیقت نشات می گیرد که افراد به فضایی نیاز دارند که حریم خصوصیشان حفظ شده و آرام باشد - اغلب به طور انفرادی - تا بتوانند به فعالیت پرداخته و بدون هیچ گونه مشکلی تمرکز کنند. نواوری ها ممکن است به طور خود به خودی و با تعاملات تصادفی اتفاق بیافتند بنابراین محیط باید طوری طراحی شود که امکان ملاقات های تصادفی وجود داشته باشد(شرووود ۲۰۰۲). به طور مثال ملاقات های غیر رسمی که در سالن غذاخوری اتفاق می افقد باید ترویج داده شوند تا کارکنان در هنگام میل نمودن غذا نیز نوآور باشند. به

علاوه بـه فضاهـای جمعـی نیـاز اسـت کـه بتـوان درآنهـا جلسـات و کارگاه های آموزشی را برگزار نمود.
یـک مثـال خـوب در ایـن مـورد شـرکت مایکروسـافت اسـت کـه در آن دفترهـای مرکـزی ماننـد محیـط هـای دانشـگاهی بـوده و دارای یکپارچگـی اجتماعـی و پویایـی بالایـی هسـتند(هیگینز ۱۹۹۵). هـدف از ایـن معمـاری بـه دسـت اوردن بهـره وریسـت، نـه حفـظ یـا ایجاد موقعیت های بیشتر.

۵-ساختارهای سازمانی که از کارآفرینی حمایت می کنند

کاهـش سلسـله مراتـب سـازمانی نیـز بـرای ترویـج کارآفرینـی مهـم اسـت. لازم اسـت کـه سـاختارهای سـازمانی را کـه مسئولیتشـان مبهـم اسـت را حـذف نمـوده و بـه یکسـان سـازی اقدامـات فـردی پرداخت(رابینسـون ۲۰۰۱). سـازمان هـا بایـد بـه سـمت سـاختار سـازمانی یـک دسـت تـر و منعطـف تـری حرکـت کننـد(مـک ادام و مـک کللنـد ۲۰۰۲). کارآفرینـی یـه واحدهـای سـازمانی چـون گروههـای تحقیـق وتوسـعه نیـاز دارد کـه تنهـا بـه خلـق ایـده هـای جدیـد بـرای آینـده کسـب و کار بپردازند(گالبریـس ۱۹۸۲). هـدف بـه وجـود آوردن محیطـی ماننـد گاراژ اسـت کـه در ان افـراد بـه سـرعت و بـدون تـرس از شکسـت وبـه وفـور بـه بیـان ایـده هـای خـود بپردازنـد. چنیـن شـرایطی مـی تواننـد درونـی یـا بیرونـی (بـه گالبریـس ۱۹۸۲ ، صفحـه ۱۴ مراجعـه کنیـد) و موقـت ویـا دائـم باشـد. یـک مثـال خـوب از ایـن شـرایط کارهایـی اسـت کـه خـارج از رونـد سـاختار رسـمی کارخانـه انجـام مـی پذیرد (skunk works) (کوینن ۱۹۷۹).

۶- مدیـران رده بـالا چـه کاری می‌تواننـد بـرای کارآفرینـی سازمانی انجام دهند؟

از انجـا کـه مدیـران ارشـد دارای قـدرت در انجـام کارهـا هسـتند بنابرایـن نقـش مهمـی را در تعییـن ایـن کـه آیـا سـازمان از کارآفرینـان حمایـت کنـد یـا خیـر بـازی مـی کنتد.نقـش مدیـران رده بـالا و علاقـه آنهـا بـه کارآفرینـی و نـوآوری بسـیار مهـم اسـت بـه طـوری کـه ترامپنـارز و همپـدن - ترنـر در مـدل HAIRL خـود آن را بـه دقـت لحـاظ کـرده انـد. بـر ایـن اسـاس مشـخصات مدیـران ایـده آل بـه ایـن ترتیـب اسـت (مرتـب شـده براسـاس میـزان اهمیـت): مهـارت تحلیـل ، ابتـکار و خلاقیت ، واقع بینی ، رهبری.
بعـلاوه ، گـوش دادن یکـی از وظایـف مهـم مدیـران اسـت کـه بـه تشـویق کارآفرینـان سـازمان مـی انجامـد. لازم اسـت کـه مدیـران هـر ایـده ای را جـدی بگیرنـد ، اگـر ایـده هـا نامناسـب بـه نظـر مـی آینـد مهـم نیسـت ، زیـرا ایـده ایکـه امـروز نامناسـب بـه نظـر مـی رسـد ممکـن اسـت فـردا بـه کار آید(نیکولسـن ۱۹۹۸). رهبـران بایـد دائمـا قـدم زده و سـئوال مطـرح کننـد، بایـد بـه تمامـی جزییـات توجـه داشـته باشـند و انچـه کـه غیرمنتظـره اسـت را انجـام دهند(فرومـن۱۹۹۸). همچنیـن یـک رهبـر کـه بـه مشـارکت اعتقـاد دارد بایـد موثـر بـوده و توانایـی ایـن را داشـته باشـد کـه کارکنـان را در ارتباطـات و فراینـد تصمیـم گیـری شـرکت دهـد. درسـت اسـت کـه در بـالا قـرار گرفتـه انـد ولـی اجبـاری نیسـت کـه حتمـا از بـالا بـه پاییـن حرکـت کنیـم، ایـن اهـداف می‌توانـد براسـاس بازخـورد مـردم مـورد بحث قرار گرفته ، سنجیده شده و تغییر یابند(فرومن۱۹۹۸).

۷-دسترسـی بـه منابـع و تخصیـص آن بـه منظـور بهبـود کارافرینی سازمانی

نمـی تـوان کارافرینـی سـازمانی را در خـلا ایجـاد نمـود. اسـتعدادها و پتانسـیل هـای فـردی منابـع مناسـب شـرکت هسـتند. حتـی اگـر کارآفریـن دارای شایسـتگی هـای لازم باشـد و کانـال هـای ارتباطـی شـرکت نیـز حمایـت لازم را از تفکـر واقدامـات کارافرینـی بـه عمـل اورنـد ، بازهـم نیـاز اسـت کـه بـه نحـوی منابعـی بـرای ایـن اقدامـات فراهـم شـود. رویکـرد هـای کلاسـیک ، ماننـد انچـه در شـرکت هـای چـون ۳M (گلیـن ۲۰۰۲ ؛ گلیـن واسـپچت ۲۰۰۲) و Wella مـورد اسـتفاده قـرار مـی گیـرد ، بـه مفهـوم کنـدکاری سـازمان اسـت(لیندنائو و فریـز ۲۰۰۴). ایـده ای کـه پشـت ایـن رویکردهـا قـرار دارد بدیـن ترتیـب اسـت کـه کارمنـد بایـد نسـبت معینـی از زمـان کار خـود را صـرف طـرح هـای ابتـکاری کنـد کـه توسـط خـود کارمنـد انتخـاب مـی شـود. بـرای مثـال ایـن نسـبت در شـرکت ۳M برابـر بـا ۱۵٪ و بـرای شـرکت Wella برابـر بـا ۲۰٪ کل زمـان کاریسـت. بـا ایـن پیـش شـرط ، کارآفریـن نیـاز دارد تـا تنهـا در بـاره کنـدکاری هـای (slack) موجـود سـایر همـکاران خـود بـا سـایر کارآفرینـان رقابـت کنـد. عـلاوه برزمـان ، سـرمایه نیـز بایـد دراختیار کارافریـن قـرار گیـرد. بـه ایـن منظـور، پینچـوت (۱۹۸۵) عبـارت " پـول بردبـار" را معرفـی نمـود ، بـه ایـن معنـی کـه سـازمان تضمیـن مـی کنـد کـه بـرای طـرح سـرمایه گـذاری کنـد و حتـی درصـورت اینکـه طـرح در ابتدا با شکست هم مواجه شد از میزان سرمایه نکاهد.
بـه هـر حـال انجـام چنیـن کاری در سـطح وسـیع و در سـازمانی کـه بیشـتر بـه توسـعه مـی پردازد تـا نـوآوری هـای رادیـکال ، جهـت گیـری هـای کوتـاه مدتـش بـر جهـت گیـری هـای بلنـد مدتـش غلبـه دارد و سـهامدارانش بیش از اینکـه ریسـک پذیـر باشـند ریسـک گریـز هسـتند ، کاراسـانی نیسـت. منطـق اصلـی و مناقشـه ایـن شـبیه سـازی بـر سـر ایـده هـای جدیـدی در مـورد محصـولات (محصولاتـی کـه نیـاز بـه دانـش فنـی /تکنولـوژی ، ریسـک ، زمـان، بودجـه ، منابـع و... جدیـد دارد) اسـت که به طور کامل با اهداف سـازمان در تضاد است .
بـه منظـور ترویـج موثـر کارافرینـی سـازمانی ،در تشـکیلات مهندسـی ، تحقیقـات و اقدامـات بیشـتر بـر روی سـازمان ، افـراد و بعـد فرهنگـی کارافرینـی متمرکـز شـده انـد. لازم اسـت مطالعاتـی در مـورد چگونگـی حمایـت از خلـق ایـده در شـرکت انجـام گیـرد بـه طـوری کـه ایـن عمـل جزئـی از هسـته فرهنـگ شـرکت شـود. مطالعـات و بررسـی هـای بیشـتری درمـورد تعریـف و مـدل سـازی فرهنـگ حمایتـی کارافرینـی مـورد نیـاز اسـت. موانع/فاکتورهـای سـطح فـردی و سـازمانی کارافرینـی بـه خوبـی مـورد شناسـایی قـرار گرفتـه انـد ولـی رویکـرد منسـجمی در مـورد حـوزه تحقیقـات کارافرینـی وجـود نـدارد - مثـلا از نقطـه نظـر فرهنگـی- . بـه هـر حـال تنهـا نبایـد بـه تئـوری پـردازی پرداخـت و تـلاش بیشـتری بایـد در زمینـه اجـرای کارآفرینـی سـازمانی در شـرکت هـا و تشـکیلات مهندسـی و تحقیـق و توسـعه (R&D) صـورت پذیـرد. دانـش موجـود بایـد در زمینـه طراحـی ابـزاری بـه کار گرفتـه شـود کـه بـرای آمـوزش و تدریـس کارافرینـی در مـدارس، دانشگاه ها و شرکت ها مورد استفاده قرار گیرند.

مقالات برگزیده چهارمین کنفرانس ملی ژئومکانیک نفت

بررسی تغییر میدان تنش‌های کل در مخازن نفت و گاز در اثر برداشت به‌وسیلهٔ مدل‌سازی عددی

برزین شریفی: دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف تهران،
علی پاک: استاد، دانشگاه صنعتی شریف تهران

چکیده

در اثر برداشت از مخازن نفت و گاز زیرزمینی فشار منفذی در مخزن کاهش یافته، و به‌تناسب آن تنش مؤثر افزایش می‌یابد. اگرچه تحکیم (Consolidation) تدریجی مخازن زیرزمینی و تراکم آن‌ها در اثر استخراج می‌تواند سبب بهبود روند تولید (Compaction Drive) و تسهیل در خروج مواد هیدروکربوری گردد، می‌تواند مشکلاتی را نیز به‌همراه داشته باشد. اندازه‌گیری‌های میدانی در دو دههٔ گذشته حاکی از آن است که علاوه‌بر تغییر تنش مؤثر در محدودهٔ مخزن، تنش‌های کل (Total Stress Field) افقی و قائم نیز در داخل و اطراف مخزن می‌تواند تغییر کند. در اثر نشستی که سقف مخزن به‌دلیل وقوع پدیدهٔ تحکیم متحمل می‌شود، از پایداری این ناحیه کاسته شده و موجب "بازتوزیع تنش" (Stress Redistribution) در داخل و اطراف مخزن می‌گردد. علت رخداد بازتوزیع تنش به پدیدهٔ "قوس‌زدگی تنش" (StressArching) نسبت داده می‌شود. با کاهش پایداری سقف مخزن در اثر تراکم، این ناحیه ظرفیت سابق را برای تحمل وزن روباره (Over-burden) نخواهد داشت. از آنجا که توزیع تنش براساس سختی مصالح و نحوه اتکای پایدار لایه‌ها بر یکدیگر انجام می‌شود، با کاهش پایداری ناحیه سقف مخزن و تغییر نحوه اتکای مصالح در این محدوده

بخشی از باری که پیشتر توسط سقف مخزن تحمل می‌شد به نواحی پایدارتری نظیر جوانب مخزن (Side-burden) منتقل می‌گردد. شناخت این تغییرات و لحاظ نمودن اثر آن‌ها در جنبه‌های مختلف تولید و توسعهٔ میادین نفت و گاز (Field Development) نقش مهمی دارد. هدف پژوهش حاضر، بررسی وقوع و چگونگی تغییر در تنش‌های کل افقی و قائم پیرامون مخازن نفت و گاز در اثر برداشت از آن‌ها به‌وسیلهٔ شبیه‌سازی کاملا همبستهٔ هیدرومکانیکی (HM) می‌باشد. در این تحقیق، جهت شبیه‌سازی روند استخراج سیّال از مخزن و به‌منظور لحاظ نمودن اثر عملیّات تولید بر خصوصیات ژئومکانیکی سنگ مخزنِ در حال تخلیه (Depleting Zone) از مدل رفتاری الاستیک غیرخطی استفاده گردیده، سپس مقایسه‌ای میان میزان فرونشست سطحی و میزان تغییر در تنش‌های کل در سنگ اطراف یک مخزن عریض و یک مخزن کم‌عرض، در دوره‌های زمانی مختلف تولید صورت گرفته‌است. مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که تغییرات در میدان تنش‌های کل قابل توجّه بوده و لحاظ نمودن اثر آن در جنبه‌های مختلف تولید و توسعهٔ میادین ضروری می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: مخازن زیرزمینی، تغییر تنش‌های کل، بازتوزیع تنش، قوس‌زدگی تنش، شبیه‌سازی همبستهٔ هیدرومکانیکی، مدل رفتاری الاستیک غیرخطی.

مقدمه

با استخراج مواد هیدروکربوری از مخازن زیرزمینی نفت و گاز، به‌تدریج این سیّالات از داخل منافذ سنگ مخزن خارج شده و فشار سیّال منفذی در محدودهٔ مخزن و محیط اطراف آن دچار کاهش می‌شود. در اثر کاهش در فشار منفذی، تنش مؤثر نیز تغییر کرده و در مخزن پدیدهٔ تحکیم روی می‌دهد. همچنین، تغییرات ژئومکانیکی مهم دیگری می‌تواند در مخزن و محیط اطراف آن روی دهد (۱).

یکی از کلیدی‌ترین اقدامات در بررسی رفتار مخازن نفت و گاز در طول عملیّات تولید و توسعهٔ میدان ۱، تشخیص وضعیّت میدان تنش‌ها۲ و پیش‌بینی دقیق تغییرات آن در مخزن و محیط اطراف آن می‌باشد. از شناخته‌شده‌ترین مثال‌ها از اثرات ژئومکانیکی عملیّات تخلیه۳ مخزن می‌توان به تراکم مخزن و فرونشست سطحیَ ۴ ناشی از آن اشاره نمود. یکی دیگر از مشکلات رایجی که در اثر تراکم مخزن رخ می‌دهد، گسیختگی لولهٔ جداری۵ در داخل و یا در مجاورت مخزنَ در حال تراکم می‌باشد (۲). جهت لحاظ نمودن اثر فرونشست سطحی در طراحی لوله‌های جداری و طرح‌های حفاری تکمیلی، استقرار چاه‌های تزریق و راهکارهای بهره‌برداری، نیاز است تا محاسبه‌ای دقیق از میزان تراکم مخزن در اثر استخراج سیّال هیدروکربوری به‌عمل آید (۲). برای دستیابی به این هدف می‌بایست تخمین مناسبی از وضعیّت تنش‌ها و تغییرات آن‌ها در مدت‌زمان افت فشار مخزن در اثر عملیّات استخراج صورت پذیرد. تراکم و انقباض مخزن در اثر استخراج نفت می‌تواند سازوکار محرّک۶ مهمی برای تولید به‌ویژه در مخازن نفتی نسبتا نرم باشد. تغییرات در میدان تنش‌های کل نه‌تنها میزان تراکم مخزن را کنترل می‌کند، بلکه سبب ایجاد تغییر در وضعیّت جریان سیّال در مخزن هم می‌گردد. بدین‌گونه که نفوذپذیری سنگ مخزن می‌تواند تغییر یافته و راستای غالب جریان نیز عوض شود (۳). در نتیجه، وضعیّت تنش‌ها و تغییرات آن‌ها در مخزن و پیرامون آن به‌طور مستقیم از طریق تراکم و به‌طور غیرمستقیم به‌وسیله ایجاد تغییر در خصوصیّات هیدرولیکی مخزن، بر میزان برداشت نفت و به‌طور کلی تولیدات هیدروکربنی تأثیری اساسی دارد (۴).

در زمینهٔ سازوکار تغییر در "تنش‌های مؤثر" در اثر افت فشار منفذی در طول عملیّات هم‌نظری وجود دارد، امّا در خصوص تغییراتی که می‌تواند در میدان "تنش‌های کل" در اثر تولید رخ دهد ابهاماتی وجود دارد و همچنین مکانیزم رخداد این پدیده هنوز به‌طور کامل شناخته نشده است.

در حوزهٔ ژئومکانیک نفت عموما سعی شده است روابط پیشنهادی به ساده‌ترین حالت و در عین حال با تقریب مناسب به‌کار گرفته شوند. دو فرض ساده‌کنندهٔ مرسوم در خصوص بررسی مسیر تنش‌ها در طول عملیّات تولید عبارتند از (۵):

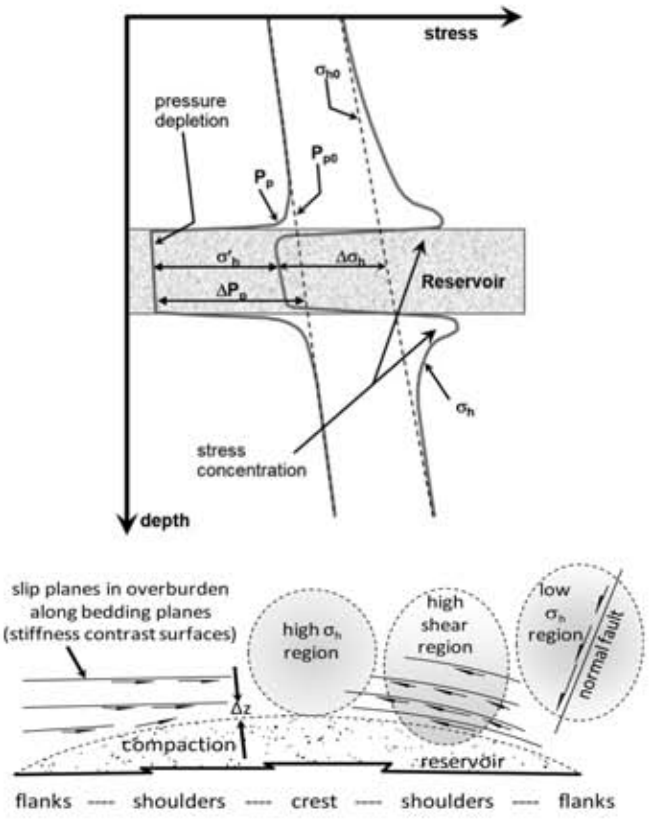
ثابت باقی ماندن تنش کل قائم در ناحیهٔ مخزن و محیط اطراف آن در مدت‌زمان تولید (چشم‌پوشی از انتقال تنش قائم به نواحی پایدارتر)، و

مقیّد بودن مخزن در راستای افق (وقوع تراکم تنها به‌صورت محوری (قائم) در مخزن و صفر بودن کرنش جانبی).

فرض بدون تغییر ماندن تنش کل قائم تنها برای شرایط ایده‌آلی نظیر مخازن عمیق، با وسعت جانبی بالا و بدون پیچیدگی طبیعی معتبر است. در چنین شرایطی است که کل وزن روباره به سقف مخزن وارد گشته (۶) و انتقال تنش قائم در اثر وقوع پدیده قوس‌زدگی۷ که در ادامه راجع به آن بحث می‌شود به‌دلیل پهنای زیاد و ضخامت کم مخزن رخ نمی‌دهد (۷). در چنین مخازنی، فرض شرایط مرزی کرنش محوری (صفر بودن کرنش جانبی) نیز کمترین خطا را در پی دارد (۶). براساس اندازه‌گیری‌های دوره‌ای میدانی و همچنین مطالعات مبتنی‌بر روش‌های عددی و تحلیلی، نامعتبر بودن فرضیات مذکور برای بسیاری از مخازن طبیعی توسط محقّقین بسیاری از جمله بِسگال و فیتزجرالد۸ (۸) گزارش گردیده است.

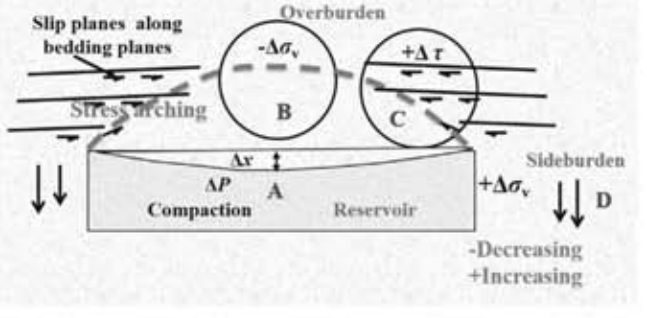
با اینکه ابهاماتی در زمینهٔ وقوع تغییر در تنش‌های کل و علل پیدایش این تغییرات در محدودهٔ مخازنَ در حال تخلیه وجود دارد، مطالعات به‌مراتب بیشتری بر روی تغییر تنش‌های کل افقی نسبت به تنش کل قائم صورت گرفته و دانستهٔ بیشتری در خصوص دلایل تغییر تنش‌های افقی در دست است.

در اثر برداشت از مخازن زیرزمینی، فشار سیّال منفذی در محدودهٔ مخزن دچار افت شده و سقف مخزن در اثر تراکم و کاهش حجم شروع به نشست می‌کند. به‌دلیل نشست سقف مخزن، تنش کل افقی در لایه‌های بالای این ناحیه دچار تغییر می‌گردد. بدین‌صورت که با افت تراز سقف مخزن، لایه‌های روبارهٔ بالای شانه‌های ۱ مخزن به‌صورت افقی به‌سمت محور قائم مرکزی سقف آن حرکات لغزشی و برشی داشته و این درهم‌فشردگی به‌وجود آمده در لایه‌های بالای تاج ۲ مخزن موجب افزایش تنش کل افقی (به‌دلیل افزایش تمرکز تنش افقی) در این محدوده و همچنین کاهش تنش افقی (ناشی از کاهش تمرکز تنش و در واقع باربرداری افقی) در بالای یال‌های ۳ مخزن می‌گردد (شکل (۱)). در مواردی، این تغییرات در مقدار تنش‌های کل افقی در محدودهٔ بالای سقف مخزن می‌تواند سبب گسیختگی لوله جداری شود. این شکل از گسیختگی فراوان‌ترین نوع در اثر نشست سقف مخزن می‌باشد (۹). بخش دیگر تغییراتی که می‌تواند در تنش‌های کل افقی رخ دهد، به‌طور مستقیم ناشی از خود روند تولید و افت فشار ناشی از آن می‌باشد. با کاهشی که در تنش‌های افقیَ داخل مخزن رخ می‌دهد، در نواحی بالا و پایین سنگ مخزن به‌دلیل داشتن اندرکنش با سنگ مخزن (۱)، تنش افقی افزایش می‌یابد (شکل (۱)). در واقع تنش افقیَ کاهش‌یافته در داخل مخزن به لایه‌های سنگیَ بالا و پایین مخزن منتقل شده و بازتوزیع تنش اتفاق می‌افتد (۱۰). همچنین، تغییراتی که می‌تواند در تنش کل قائم محدودهٔ سنگ مخزن در اثر فرآیند تولید روی دهد به‌دلیل اثری که بر تمرکز تنش دارد به‌طور غیرمستقیم باعث تغییراتی در مقدار تنش‌های کل افقی می‌گردد.



شکل (۱): اثرات تراکم مخزن در اثر تولید بر محیط اطراف (سمت راست)، (۱۱)؛ و تغییرات تنش کل افقی حداقل در داخل و خارج مخزن در اثر افت فشار ناشی از عملیات استخراج (سمت چپ)، (۱۲).

با وجود مطالعات اندک در زمینهٔ وقوع و چرایی تغییرات در تنش کل قائم در محدودهٔ مخزن در حال تخلیه، علت اصلی این تغییرات توسط برخی محققین به پدیدهٔ "قوس‌زدگی" تنش نسبت داده شده است. مفهوم کلی این پدیده بدین صورت است که در هنگام ایجاد تغییرشکل در اثر بارگذاری، از پایداری برخی نواحی کاسته شده و بار وارده به نواحی جانبی با پایداری بیشتر منتقل می‌گردد. با تعمیم مفهوم ژئوتکنیکی قوس‌زدگی به مسئلهٔ استخراج نفت از مخزن و وقوع تغییرات در مقدار تنش کل قائم، می‌توان چنین تفسیر نمود که در مدت‌زمان تخلیهٔ مخزن و تراکم تدریجی ناشی از آن، به‌مرور از پایداری سقف مخزن کاسته شده، ظرفیت این ناحیه در تحمل وزن روباره افت کرده و بخشی از وزن روباره که پیشتر سقف مخزن متحمل آن بوده به سازند اطراف مخزن که پایداری بیشتری دارد منتقل می‌گردد (شکل (۲)). در واقع، انتقال بار قائم روباره به‌صورت باربرداری از سقف مخزن و بارگذاری بر تودهٔ سنگ واقع در جوانب مخزن صورت می‌گیرد (۱۳).



شکل (۲): وقوع پدیدهٔ قوس‌زدگی در اثر کاهش پایداری سقف مخزن در طول عملیات تولید، باربرداری از صقف مخزن و انتقال بار به جوانب آن، (۱۴).

تغییراتی که در تنش کل قائم محدودهٔ مخزن در اثر فرآیند تولید محتمل است، می‌تواند در مواردی نظیر فعال‌سازی مجدد گسل‌ها (۱۴)، وارد آمدن آسیب به لولهٔ جداری و چاه (۱۴)، ایجاد تغییرات قابل توجّه در نفوذپذیریِ ناحیهٔ در حال تخلیه و در نتیجه اثر بر جریان سیّال (۱۳)، کاهش نرخ افزایش تنش مؤثر در برخی نقاط و حفظ درصد بالایی از نفوذپذیری اولیه در این نقاط، و یا رشد نرخ افزایش تنش مؤثر در نقاط دیگر و در نتیجه کاهش نفوذپذیری برخلاف پیش‌بینی‌ها در آن نقاط (۵) و (۱۴)، مشکلات ناشی از مطابق واقع نبودن طرح‌ریزی‌ها در زمینهٔ عملیات توسعهٔ میدان، و کاهش قابل توجه تراکم مخزن به‌دلیل کاهش تنش قائم وارد بر سقف مخزن (کاهش تأثیر و شدت رانش تراکمی ۱) و در نتیجه افت قابل توجه مقدار تولید و برداشت نفت ۲ حتی تا میزان ۵۰ درصد (۵)، نقشی اساسی داشته باشد. با توجه به موارد فوق، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که فرض بدون تغییر باقی ماندن تنش‌های کل به‌ویژه تنش کل قائم در طول عملیات برداشت می‌تواند خطای قابل ملاحظه‌ای وارد فرآیند تحلیل و طرّاحی تولید از مخزن نماید و رفتاری که برای مخزن بر پایه چنین فرضیّات ساده کننده‌ای پیش‌بینی می‌شود متفاوت با رفتار واقعی آن خواهد بود.

مطالعاتی که تاکنون در زمینه بررسی تأثیر پدیدهٔ قوس‌زدگی و عوامل تشدیدکنندهٔ اثر آن بر مقدار تنش‌های کل انجام شده است، عمدتا تحلیلی و محدود به نظریه‌های هستهٔ کرنش ۳ از گیرتسما ۴ و ادخال و ناهمگونی ۵ از اشلبی ۶ بوده‌اند. از مهم‌ترین این مطالعات می‌توان به پژوهش‌هایی که توسط سگال و فیتزجرالد (۸) و رودنیکی ۷ (۱۵) انجام گرفته است، اشاره نمود.

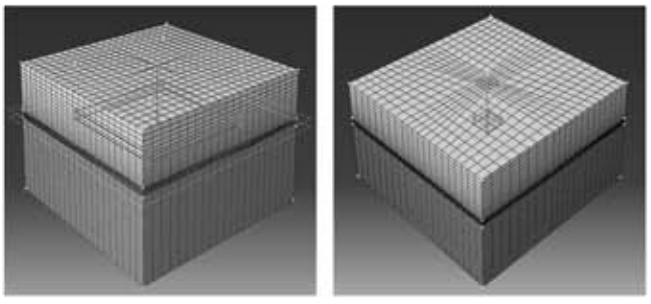
طبق نتایجی که از مطالعات محدود تحلیلی و عددی که در زمینهٔ تغییرات در میدان تنش‌های کل صورت گرفته است، اصلی‌ترین عوامل تشدیدکنندهٔ این تغییرات، هندسهٔ ناحیه در حال تخلیه و همچنین اختلاف سختی میان سنگ مخزن و سنگ محیط اطراف آن گزارش شده است (۱)، (۱۲)، (۱۳) و (۱۴).

روش انجام پژوهش

در پژوهش حاضر، عملیات استخراج از یک مخزن نفتی به‌صورت کاملا همبستهٔ ۱ هیدرومکانیکی ۲ و با در نظر گرفتن چاه و اعمال شار جریان سیّال خروجی به بخشی از آن که در محدودهٔ مخزن قرار دارد، شبیه‌سازی شده است. مدل رفتاری در نظر گرفته‌شده برای سنگ مخزن الاستیک غیرخطی، و برای سنگ اطراف آن خطی می‌باشد. با توجّه به اینکه در طول فرآیند تولید و با تحکیمی که در محدودهٔ مخزن در اثر خروج سیّال، افت فشار منفذی و در نتیجه افزایش تنش مؤثر ساختار سنگ آن رخ می‌دهد، در مدل الاستیک غیرخطی مذکور سختی مخزن به‌صورت خطی با کرنش حجمیَ ایجادشده در ناحیهٔ مخزن افزایش می‌یابد. به‌گونه‌ای که سختی در ناحیهٔ در حال تخلیه در اثر کاهش تخلخل تا حداکثر کرنش حجمی معقولی که برای مخازن نفتی (۰/۱ درصد) قابل رخداد است، نهایتا ۱۰ درصد زیاد می‌شود. چنین مدل رفتاری به‌وسیلهٔ نوشتن یک زیربرنامه برای تعریف متغیر میدان دلخواهِ کاربر ۳ در نرم‌افزار المان محدود آباکوس ۴ پیاده‌سازی گردیده است.

در انتهای بخش مقدمه بیان گردید که یکی از عوامل اصلی که بر میزان تغییر در میدان تنش‌های کل اثرگذار است، پهنای مخزن می‌باشد. به‌همین دلیل در این پژوهش شبیه‌سازی عملیات استخراج سیّال نفت از دو مخزن متفاوت با پلان مربّعی واقع در عمق ۳ کیلومتری از سطح زمین و با ضخامت ۵۰۰ متر، یکی به‌صورت کم‌عرض (با پهنای ۲ کیلومتر)، و دیگری عریض (با پهنای ۱۰ کیلومتر) (شکل (۳): مخزن کم‌عرض (با پهنای ۲ کیلومتر) (سمت راست)، و مخزن عریض (با پهنای ۱۰ کیلومتر) (سمت چپ).) صورت گرفته و نتایج حاصل از این دو مخزن با یکدیگر مقایسه شده است، تا اثرات هندسهٔ مخزن بر

تغییر میدان تنش‌های کل بررسی شود.
در خصوص ویژگی‌های هندسی و پارامترهای ژئومکانیکی دو مخزن فوق، از خصوصیّات مربوط به مخزن کربناتهٔ آسماری واقع در میدان نفتی کوپال در استان خوزستان، محدودهٔ حوضهٔ فروافتادهٔ دزفول، استفاده شده است (جدول (۱)). سازند مخزنی آسماری غالبا متشکل از ماسه‌سنگ کوارتزی و سنگ‌های کربناته می‌باشد (۲).



شکل (۳): مخزن کم‌عرض (با پهنای ۲ کیلومتر) (سمت راست)، و مخزن عریض (با پهنای ۱۰ کیلومتر) (سمت چپ).

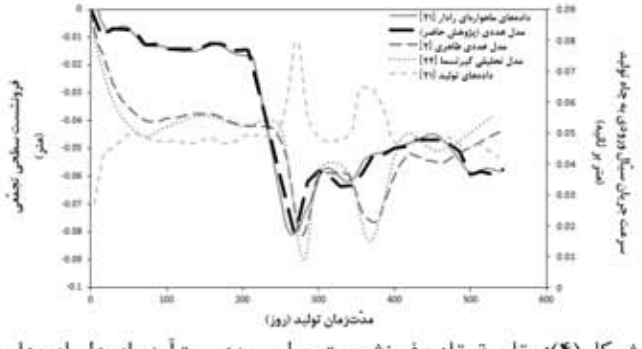
برای مصالح محیط اطراف مخازن شبیه‌سازی‌شده از داده‌های مربوط به برخی از خصوصیّات سازند گچساران استفاده گردید (جدول (۱)). این سازند نقشی اساسی در نگهداری نفت به‌عنوان پوش‌سنگ مخازن نفتی نظیر مخزن آسماری دارد (۲).
لازم به‌ذکر است، از آنجا که پارامترهای مطالعاتی معمولا تنها برای سازندهای مخزنی تعیین می‌شوند، مشخصات سایر سازندها نظیر گچساران به‌طور مستقیم مطالعه نمی‌شود. در همین راستا، به‌منظور تعیین خصوصیّات ژئومکانیکی سازند گچساران، نمونه‌هایی از رخنمون این سازند که از اعماق سطحی‌تر (۸۰ تا ۳۰۰ متر) واقع در ساختگاه سدهای گتوند و چمشیر برداشت شده بود توسط مهرگینی ۱ و همکاران (۱۷) مورد آزمایش قرار گرفت و با داده‌های حاصل از ارزیابی پتروفیزیکی و توصیف چاه‌پیمایی یکی از میادین نفتی ایران مقایسه گردید. مشخص گردید که نتایج ساختگاه‌های گتوند و چمشیر با وجود تفاوت عمق و دما اختلاف چندانی با مقادیر تفسیر چاه نداشته و نتایج مربوط به دو ساختگاه مذکور را می‌توان به‌عنوان پارامترهای ژئومکانیکی پوش‌سنگ گچساران منظور نمود (۲).
جدول (۱): خصوصیّات هندسی و ژئومکانیکی مخزن آسماری، (۱۶)؛ و همچنین مشخصات هندسی و ژئومکانیکی سازند گچساران، (۱۷).

نام سازند	ضریب پواسون متوسط	مدول الاستیسیته متوسط (گیگاپاسکال)	چگالی متوسط (کیلوگرم بر سانتی‌متر مکعب)	ضخامت متوسط (متر)	عمق متوسط (متر)	تخلخل متوسط (درصد)
سازند مخزنی آسماری	۰/۳	۲۱/۴۴	۲۵۰۰	۴۳۳	۳۱۷۵	۱۳/۶
سازند گچساران	۰/۲۵	۴	۲۸۰۰	۸۰۰	۳۱۰۰	۳/۶

با توجّه به اینکه در بخش پیشین بیان گردید که یکی از موارد کلیدی اثرگذار بر شدّت تغییر در تنش‌های کل اختلاف سختی میان سنگ مخزن و سنگ اطراف آن می‌باشد، از مقدار ۴۰ گیگاپاسکال برای مدول الاستیسیتهٔ سازند اطراف مخزن استفاده شده است (۲ برابر سختی اولیهٔ سنگ مخزن)، تا تغییرات در میدان تنش‌های کل که مسئلهٔ اصلیِ پژوهش حاضر می‌باشد، مشهود باشد.
داده‌های شدّت جریان سیّال خروجی از مخزن که به بخشی از بدنهٔ چاهِ واقع در ناحیهٔ مخزن اعمال گردیده است، براساس داده‌های نزدیک به ۲۲ سال تولید (بین سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۶) از یکی از چاه‌های این میدان می‌باشد. نمودار سرعت جریان غیرتجمعی ورودی به چاه تولید در بخش نتایج همراه با نمودارهای فرونشست سطحی ناشی از تراکم دو مخزن کم‌عرض و عریض قابل مشاهده است.

صحّت‌سنجی

در مسئله‌ای که به‌منظور صحّت‌سنجیِ طریقهٔ شبیه‌سازی استخراج سیّال هیدروکربنی از مخزن در نظر گرفته شده است، فرونشست سطح زمین در اثر استخراج از مخزن بزرگی در ایالات متّحدهٔ آمریکا با نام لاست هیلز واقع در غرب کالیفرنیا مورد بررسی قرار گرفته‌است. عمدهٔ مخزن از جنس دیاتومیت با تخلخل زیاد و نفوذپذیری کم می‌باشد. معمول‌ترین روش‌های پایش نشست در میادین نفت و گاز، یکی استفاده از سیستم موقعیّت‌یاب جهانی ۲، و دیگری استفاده از داده‌های ماهواره‌ای رادار ۳ است که براساس روش دوم میزان نشست تجمعی در گذر زمان برای مخزن مورد نظر اندازه‌گیری و ثبت شده است.
در شکل (۴) نمودار فرونشست تجمعی مربوط به نتایج مدل‌سازی عددی توسط طاهری (۲) براساس تبدیل داده‌های تولید به داده‌های افت فشار و اعمال آن به گره‌های ناحیهٔ مخزنِ الاستیک به‌دست آمده است. بدین‌معنی که روند استخراج از مخزن به‌طور مستقیم و از طریق اعمال جریان ورودی به چاه تخلیه شبیه‌سازی نشده، محیط اطراف مخزن تحت اثر فرآیند استخراج قرار نگرفته، و سختی و سایر خصوصیّات هیدرومکانیکی ناحیهٔ در حال تخلیه و محیط اطراف آن نیز در اثر خروج سیّال دچار تغییر نشده است. به‌طور مشابه، در رابطهٔ محاسبه فرونشست سطحیِ مبتنی بر مدل تحلیلی گیرتسما (۱۹) نیز شرایط ساده کنندهٔ گفته‌شده برقرار بوده است. بخشی از اختلافی که میان نمودار نتایج حاصل از دو مورد فوق با نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های ماهواره‌ای رادار وجود دارد هم به‌دلیل تفاوت میان شرایط مرزی در نظر گرفته‌شده و شرایطی است که واقعا در هنگام عملیات تولید در ناحیهٔ مخزن و محیط اطراف آن روی می‌دهد.
در مدل صحّت‌سنجی‌شده و همچنین مدل‌سازی‌های مسئلهٔ اصلی پژوهش حاضر، تولید از مخزن به‌وسیله اعمال سرعت جریان ورودی سیّال به بخشی از بدنهٔ چاه شبیه‌سازی شده است. در مدّت‌زمان استخراج، علاوه‌بر تأثیری که سنگ مخزن از شرایط مرزی سرعت جریان ورودی به چاه می‌گیرد، محیط اطراف مخزن نیز که نفوذپذیری و نسبت تخلخل به‌مراتب کمتری نسبت به سنگ مخزن دارد نیز می‌تواند از روند تولید اثر بپذیرد.



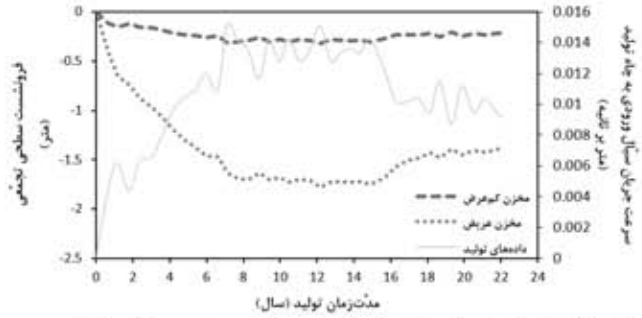
شکل (۴): مقایسهٔ مقادیر فرونشست سطحی به‌دست‌آمده از مدلسازی‌های عددی با نرم‌افزار آباکوس و مدل تحلیلی گیرتسما (۱۹) با مقادیر فرونشست

سطحی به‌دست‌آمده از داده‌های ماهواره‌ای رادار (۱۸).

در ابتدای مدل‌سازی به‌منظور صحت‌سنجیِ نحوهٔ شبیه‌سازی استخراج سیّال از مخزن در این پژوهش، مدلی با مخزن الاستیک (مدول یانگ ثابتِ نزدیک به ۴ گیگاپاسکال) ساخته شد. مشخص گردید که نتایج حاصل از چنین مدلی به‌مانند نتایج عددی طاهری (۲) و همچنین نتایج رابطه مبتنی بر مدل تحلیلی گیرتسما (۱۹)، در برخی از دوره‌های تولید تطابق خوبی با داده‌های ماهواره‌ای داشته (محدودهٔ بین روزهای ۲۵۰ام تا ۳۴۰ام تولید) و در برخی دیگر از دوره‌ها اختلاف زیادی دیده می‌شود (برای مثال، از ابتدای تولید تا روز ۲۵۰ام). به‌نظر می‌رسد دلیل اصلی این اختلاف، لحاظ ننمودن تغییراتی است که در طول عملیّات تولید در سختی ناحیهٔ در حال تخلیه می‌تواند رخ دهد، باشد. با بررسی نمودار تولید و نمودار فرونشست براساس داده‌های ماهواره‌ای می‌توان چنین تفسیر نمود که بخشی از تغییرشکل‌ها در محدودهٔ مخزن پلاستیک می‌باشند و رفتار مخزن الاستیک خطی نیست. چرا که برای مثال در بازهٔ میان روزهای ۲۴۰ام تا ۳۰۰ام، میزان تولید تا حداکثر مطلق رفته و بازگشته است، امّا تغییر شکل اضافه‌ای که در اثر این افزایش تولید ایجاد شده بود، به‌طور کامل رفع نشده و بخش زیادی از آن پسماند است. بنابراین، برای دستیابی به نتایجی از فرونشست سطحی تجمّعی منطبق بر نمودار به‌دست‌آمده از داده‌های ماهواره‌ای، از بازهٔ ۳ تا ۲۵ گیگاپاسکال برای شبیه‌سازی متغیّر بودن سختی سنگ مخزن استفاده گردید.

نتایج

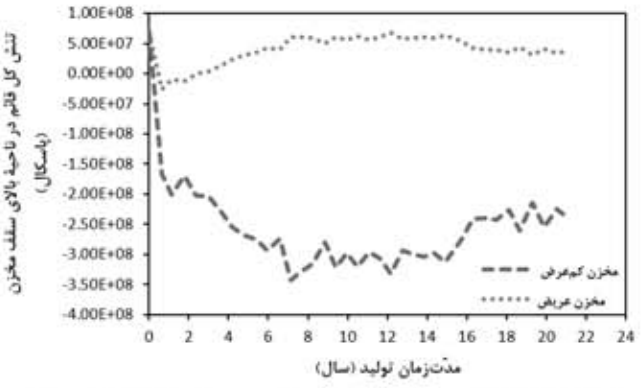
با دقت در شکل (۵)، مشاهده می‌شود که میزان فرونشستی که در سطح زمین در اثر برداشت چندین‌ساله از یک مخزن کم‌عرض انجام می‌شود بسیار کوچکتر است از فرونشست سطحی ناشی از تخلیهٔ یک مخزن کم‌عرض که تحت روندی مشابه از عملیّات تولید قرار گرفته است.



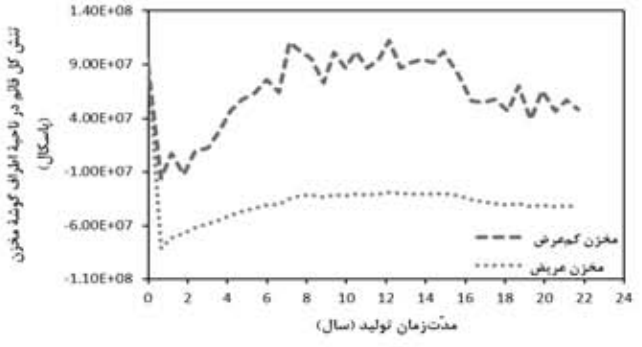
شکل (۵): تفاوت میان مقادیر فرونشست سطحی تجمعی مخزن کم‌عرض و مخزن عریض در طول ۲۲ سال عملیّات تولید.

دلیل این اختلاف قابل ملاحظه در مقادیر فرونشست را می‌توان به متفاوت بودن تغییر تنش کل قائم در اطراف مخازنِ مورد بررسی نسبت داد. با آغاز فرآیند تولید از یک مخزن کم‌عرض، مشاهده می‌شود که مقدار تنش کل قائم در ناحیهٔ بالای سقف مخزن دچار کاهشی شدید شده و حتّی به کشش می‌افتد. چنین رخدادی در یک مخزن کم‌عرض سبب می‌شود سازوکار رانش تراکمی ۱ با شدّت بسیار کمتری اتفاق افتد، تراکم و انقباض کمتری در ناحیهٔ در حال تخلیه ایجاد گردد، و در نتیجه فرونشست سطحی کمتری نیز حاصل شود. در طرف مقابل، در یک مخزن عریض به‌دلیل طولانی بودن مسیر انتقال تنش از بالای سقف مخزن به اطراف گوشه‌های آن که نواحی پایدارتری می‌باشند، تنش کل قائم در ناحیهٔ بالای سقف آن تغییر چندانی نداشته و به‌غیر از ابتدای فرآیند تولید، تنش کل قائم در این ناحیه در حدود مقدار اولیّه خود باقی مانده است (شکل (۶)). به‌همین دلیل تراکم و در نتیجهٔ آن فرونشست سطحی بیشتری در اثر برداشت از مخزن عریض اتفاق افتاده است. همچنین، شدّت بیشتر وقوع پدیدهٔ قوس‌زدگی در یک مخزن کم‌عرض را می‌توان از افزایش قابل توجّهی که در تنش کل قائم سنگ اطراف گوشه‌های مخزن که پس از به کشش افتادن اولیّهٔ ناشی از آغاز

عملیات تولید روی می‌دهد، مشاهده نمود (شکل (۷)).



شکل (۶): تفاوت در میزان تغییرات ایجادشده در تنش کل قائم ناحیهٔ بالای سقف مخزن در طول ۲۲ سال عملیات تولید.



شکل (۷): اختلاف میان تغییرات به‌وجودآمده در تنش کل قائم ناحیهٔ اطراف گوشهٔ مخزن در طول ۲۲ سال عملیات تولید.

نتیجه‌گیری

این مقاله به بررسی تغییر میدان تنش‌های کل در پیرامون مخازن نفت و گاز زیرزمینی پرداخته و اهمیّت آن‌را در جنبه‌های مختلف بازگو می‌کند. نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر نشان می‌دهد که در اثر استخراج نفت از مخازن زیرزمینی، میدان تنش‌های کل (قائم و افقی) دچار تغییر می‌شود. با پیشرفت عملیات تولید، فشار سیال منفذی در ناحیهٔ در حال تخلیه تدریجاً دچار افت شده و با افزایش تنش مؤثر و وقوع پدیدهٔ تحکیم، سقف مخزن به‌تدریج شروع به نشست می‌کند. به‌مانند یک تونلِ حفرشده در عمق زمین که سقف آن پیشتر بر لایه‌هایی که بعداً برداشته‌شده متّکی بوده است، در اثر تراکمی که در محدودهٔ مخزنِ در حال تخلیه روی می‌دهد، سقف مخزن نیز به‌دلیل اتّکای ناکافی و افت پایداری ظرفیت سابق را در تحمّل وزن روباره نخواهد داشت. در نتیجه، بازتوزیع تنش رخ داده و در اثر پدیدهٔ قوس‌زدگی بخشی از وزن وارده بر سقف مخزن (روباره) به جوانب مخزن که پایداری بیشتری دارند منتقل می‌شود. در پژوهش حاضر، مشاهده گردید که هرقدر مسیر انتقال تنش از ناحیهٔ بالای سقف مخزن به گوشه‌های آن کوتاه‌تر باشد، شدّت انتقال تنش بیشتر می‌شود. در صورتی که مخزن پهنای کمی داشته باشد، در اثر کاهش پایداری در سقف مخزن، نحوهٔ اتّکای مصالح در محدودهٔ بالای مخزن به‌گونه‌ای تغییر می‌کند که تنش به جوانب پایدارتر مخزن انتقال داده شود. امّا اگر وسعت جانبی مخزن زیاد باشد، انتقال تنش از ناحیهٔ به‌تازگی ناپایدارشده به نواحی پایدارتر دشوارتر خواهد بود. در نتیجه، تغییر چندانی در میدان تنش‌های کل (به‌ویژه تنش کل قائم) رخ نمی‌دهد، و تقریباً کل وزن روباره به سقف مخزن وارد می‌گردد.

منابع

[1] Fjaer, E., Holt, R.M., Horsrud, P. & Raaen, A.M.; (2008); "Petroleum Related Rrock Mechanics", (2nd edition), Elsevier publishing.

[۲] طاهری، سیدرضا؛ (۱۳۹۹)، "مدلسازی جامع ژئومکانیکی گسیختگی لوله جداری مطالعات آزمایشگاهی و شبیه‌سازی عددی"، رسالهٔ دکتری، دانشگاه صنعتی شریف.

[3] Dusseault, M.B., Bruno, M.S., & Barrera, J.; (2001); "Casing shear: Causes, cases, cures", SPE Drill. Complet., vol. 16, no. 2, pp. 98-107.

[4] Holt, R.M., Flornes, O., Li, L. & Fjær, E.; (2004); "Consequences of depletion-induced stress changes on reservoir compection and recovery".

[5] Taherynia, M. H., Fatemi Aghda, S. M., Fahimifar, A., & Koopialipoor, M.; (2021); "Investigation of Stress Arching Above Depleting Hydrocarbon Reservoirs and Its Effect on the Compaction Drive Mechanism", Geotechnical and Geological Engineering.

[6] Settari, A.; (2002); "Distinguished Author Series Distinguished Author Series Reservoir Compaction Reservoir Compaction".

[7] Goulty, N.R.; (2003); "Reservoir stress path during depletion of Norwegian chalk oilfields", Pet. Geosci., vol. 9, no. 3.

[8] Segall, P. & Fitzgerald, S.D.; (1998); "A note on induced stress changes in hydrocarbon and geothermal reservoirs".

[9] Bruno, M.S.; (1992); "Subsidence-induced well failure", SPE Drill. Eng., vol. 7, no. 2.

[10] Segall, P.; (1985); "Stress and subsidence resulting from subsurface fluid withdrawal in the epicentral region of the 1983 Coalinga Earthquake", J. Geophys. Res., vol. 90, no. B8.

[11] Dusseault, M.B.; (2011); "Geomechanical Challenges in Petroleum Reservoir Exploitation", KSCE J. Civ. Eng., vol. 15, no. 4, pp. 669-678.

[12] Asaei, H., Moosavi, M. & Aghighi, M.A.; (2018); "A laboratory study of stress arching around an inclusion due to pore pressure changes", J. Rock Mech. Geotech. Eng., vol. 10, no. 4, pp. 678-693.

[13] Segura, J.M., Fisher, Q.J., Crook, A.J.L., Dutko, M., Yu, J.G., Shakov, S., Angus, D.A., Verdon, J.P., & Kendall, J-M.; (2011); "Reservoir stress path characterization and its implications for fluid-flow production simulations", Pet. Geosci., vol. 17, no. 4, pp. 335-344.

[14] Wang, F., Li, X., Couples, G., Shi, J., Zhang, J., Tepinhi, Y., & Wu, L.; (2015); "Stress arching effect on stress sensitivity of permeability and gas well production in Sulige gas field", J. Pet. Sci. Eng., vol. 125, pp. 234-246.

[15] Rudnicki, J.; (1999); "Alteration of regional stress by reservoirs and other inhomogeneities: stabilizing or destabilizing?", Proceedings of the 9th International Congress on Rock Mechanics 3, pp. 1629-1637.

[۱۶] پژوهشکدهٔ بالادستی نفت دانشگاه صنعتی شریف؛ (۱۳۹۶)؛ "شناخت مسئله، تجزیه و تحلیل اطلاعات، گزارش تاریخچهٔ تولید، پروژهٔ افزایش ضریب بازیافت مخزن بنگستان میدان کوپال با روش‌های فناورانهٔ پایه‌آبی/گازی"، کارفرما: شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب.

[17] Mehrgini, B., Memarian, H., Dusseault, M.B., Eshraghi, H., Goodarzi, B., Ghavidel, A., Niknejad, M., & Hassanzadeh, M.; (2016); "Journal of Natural Gas Science and Engineering Geomechanical characterization of a south Iran carbonate reservoir rock at ambient and reservoir temperatures", J. Nat. Gas Sci. Eng., vol. 34, pp. 269-279.

[18] Wang, W.; (2011); "Reservoir Characterization Using a Capacitance Resistance Model in Conjunction with Geomechanical Surface Subsidence Models", Master of Science in Engineering Thesis, University of Texas at Austin.

[19] Ketelaar, V.B.H.; (2009); "Subsidence due to hydrocarbon production in the netherlands", Satellite Radar Interferometry, Remote Sensing and Digital Image Processing 14, Springer Science & Bussiness Media.

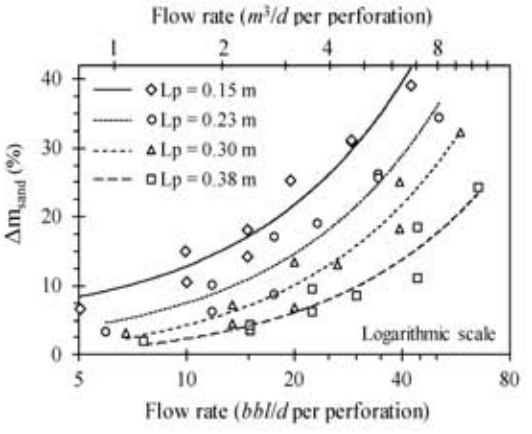


Figure. 9 Error arises on mass of produced sand due to ignoring inertia effects

4. ConclusionS

In this study, contributions of fluid inertial on sand production were examined. Based on the results from this work, following conclusions can be drawn:

The effects of fluid inertia by modifying the hydrodynamic forces around perforation tunnels can play a significant role on sand production. Ignoring these effects could be overly optimistic and leads to a lower estimate of sand production.

By increasing the flow rate per perforation tunnel, the contribution of fluid inertia to sanding response increases. However, other parameters including: perforation length, reservoir pressure drawdown and permeability are also effective in this regard. Influence of high velocity flow on sand production varied in proportion to the pressure drawdown and inversely to the perforation length. In general, knowing the flow rate of wellbore is not enough to judge the effects of flow inertia.

If the contribution of inertia effects to pressure gradient be significant in regions with high plastic strains, the effects of inertia will also significantly change the response of sand production.

The results of this paper were obtained by numerical simulation. More experimental and numerical studies are required to fully understand the effects of inertia on sand production.

5. References

Al-Otaibi A., Wu Y-S., (2011), "An Alternative Approach to Modeling Non-Darcy Flow for Pressure Transient Analysis in Porous and Fractured Reservoirs", SPE/DGS Saudi Arabia Section Technical Symposium and Exhibition, Al-Khobar, Saudi Arabia.

Aziz K., Settari A., (1979) "Petroleum reservoir simulation", Applied Science Publishers, Great Britain.

Bear J., (1972) "Dynamics of Fluids in Porous Media", American Elsevier Publishing Company, Dover, New York.

Dake, L.P., (1998), "Fundamentals of Reservoir Engineering". 17th edn. Elsevier Science, The Hague, The Netherlands.

Eshiet K., Sheng Y., (2013), "Influence of rock failure behaviour on predictions in sand production problems", Environ Earth Sci, 70:1339-1365.

Fattahpour, V., Moosavi, M., and Mehranpour, M., (2012), "An experimental investigation on the effect of rock strength and perforation size on sand production", J Petrol Sci Eng, 86-87:172-189

Fetkovich M.J., (1973), "The Isochronal Testing of Oil Wells", Paper presented at the Fall Meeting of the Society of Petroleum Engineers of AIME, 30 Las Vegas, Nevada.

Firoozabadi A, Katz D.L., (1979), "An Analysis of High-Velocity Gas Flow Through Porous Media", J Petrol Technol, pp 211-216.

Forchheimer, P., (1901), "Wasserbewegung durch boden (Water movement through soil)" Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure, 45:1782-1788.

Geertsma, J., (1974), "Estimating the Coefficient of Inertial Resistance in Fluid Flow Through Porous Media", J Geophys Res-Sol Ea, 14:445-450.

Gravanis, E., Sarris E., Papanastasiou P., (2015), "Hydro-mechanical erosion models for sand production", Int J Numer Anal Met, 39:2017-2036.

Li, D., Ionescu, C-L., Ehighebolo, I.T., Jr, B.H., Zhazbayeva, A., Yergaliyeva, B., and Francia, L., "Modeling and Simulation of Non-Darcy or Turbulent Flow for Oil Wells." Paper presented at the SPE Annual Caspian Technical Conference, Nur-Sultan, Kazakhstan, November 2022.

Morita, N., Whitfill, D.L., Massie, I., Knudsen, T.W., (1989) "Realistic Sand-Production Prediction: Numerical Approach", SPE Production Engineering Journal, 4:15-24.

Nguyen, T.V., (1986), "Experimental Study of Non-Darcy Flow Through Perforations" Paper presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, New Orleans.

Papamichos, E., (2004), "Failure in rocks: Hydro-mechanical coupling for erosion Revue Française de Ge nie Civil", 8:709-734.

Potts, D.M., Zdravković L., (1999), "Finite Element Analysis in Geotechnical Engineering: Theory", Thomas Telford, London, England.

Sadrnejad, S.A, Ghasemzadeh, H., Khodaei Ardabili, A.A., (2018) "A Finite Element Model for Simulating Flow around a Well with Helically Symmetric Perforations", Journal of Engineering Geology, 12:159-188.

Settari, A., Bale, A., Bachman, RC., Floisand, V., (2002), "General Correlation for the Effect of Non-Darcy Flow on Productivity of Fractured Wells", Paper presented at the SPE Gas Technology Symposium, Calgary, Alberta, Canada.

Skjaerstein, A., Stavropoulou, M., Vardoulakis. I, Tronvoll. J, (1997), "Hydrodynamic erosion; A potential mechanism of sand production in weak sandstones", Int J Rock Mech Min 34:292.e1-292.e2.

Sun, D., Li, B., Gladkikh, M., Satti, R., Evans, R., (2013), "Comparison of Skin Factors for Perforated Completions Calculated With Computational-Fluid-Dynamics Software and the Karakas-Tariq Semianalytical Model", SPE Drill Completion, 28:21-33.

Vardoulakis, I., Stavropoulou, M., Papanastasiou, P., (1996), "Hydro-mechanical aspects of the sand production problem Transport Porous", Med 22:225-244.

Wang, H., Gala., D.P, Mukul M.Sh, "Effect of Fluid Type and Multiphase Flow on Sand Production in Oil and Gas Wells", SPE J. 24 (2019): 733-743.

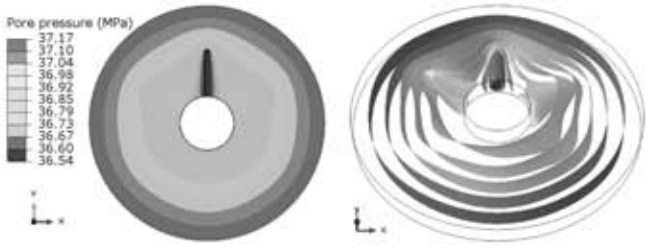


Figure 4. Pore pressure distribution for the baseline case with $\beta = 0$, (a) pressure contour at a horizontal plane, crossing the perforation axis, (b) iso-pressure surfaces

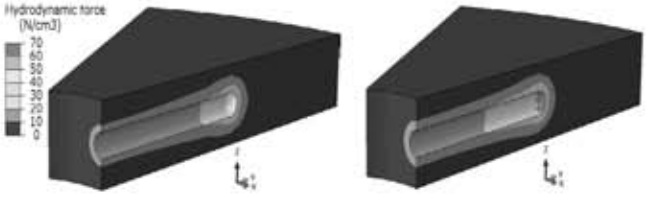


Figure. 5 Contours of hydrodynamic force per unit volume of material for the baseline case, (a) without inertia effects, (b) with inertia effects

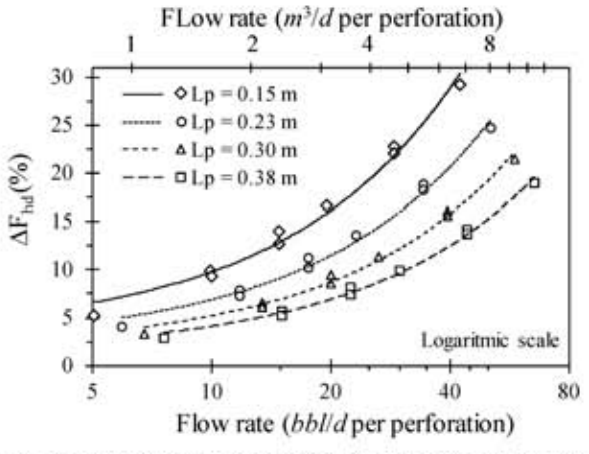


Figure. 6 Error arises on hydrodynamic force due to ignoring inertia effects at the junction of wellbore and perforation tunnel (all cases)

3.2. Sand production response

According to the employed criteria for sand production (equations 8 and 9), two factors: equivalent plastic strain and pore pressure gradient determine the rate of sand production. The onset of sand production is dictated by the equivalent plastic strain, which was seen is almost independent of inertia effects, but increases with pressure drawdown. For each value of reservoir pressure drawdown, a specific plastic strain threshold is considered. This threshold value was kept equal to 80% of the maximum equivalent plastic strain observed after application of pressure drawdown. The values of critical plastic strain for different drawdowns are given in Table 4.

Table 4. Critical plastic strain for onset of sand production

Pressure drawdown (MPa), Δp_{dd}	0.69 (100 psi)	1.38 (200 psi)	2.07 (300 psi)
Critical plastic strain (%), $\overline{\varepsilon}_c^{pl}$	0.59	0.62	0.65

For all the considered cases, sand production coefficient, λ1, was set to 1.5×10-10 mm3s/gr. The sand production analysis is run for a time period of three days to investigate the initial response of sand production.

The shape of the cavity for the baseline case after 3 days of sand production with and without inertia effects are shown in Fig. 7. It is seen that the largest amount of erosion occurred near the entrance of perforation tunnel. Further away from the junction of perforation tunnel with wellbore, the amount of sand production progressively decreases. This behavior has been observed in laboratory studies by Fattahpour et al. (2012) on perforated sandstone cores.

For the baseline case with and without inertia effects, the cumulative sand production versus time is plotted in Fig 8. In this figure the effects of high velocity flow have clearly been demonstrated through increasing both the amount and rate of sand production. The amount of produced sand for linear model is about 0.6 gr, which reaches to 0.81 gr by considering inertia effects. According to this figure, average sand rate on the last day of simulation for linear and nonlinear cases are about 0.3 gr/d and 0.4 gr/d, respectively which means 25% underestimation due to ignoring the effects of high velocities.

For all the considered cases, the underestimation of produced sand mass due to inertia effects as a function of flow rate is shown in Fig. 9. According to this figure, for the considered range of parameters, the maximum error is about 39% which belongs to a short perforation tunnel in a high permeability formation with high pressure drawdown. The underestimation due to ignoring inertia effects increase with decreasing the length of perforation tunnel. For a specific perforation length, each of pressure drawdown and permeability which leads to an increase in flow rate also increases the contribution of inertia effects to sand production. Therefore, knowing the flow rate of a wellbore is not enough to judge the effects of flow inertia. Other parameters such as perforation length, reservoir pressure drawdown and permeability are important for assessing inertia effects.

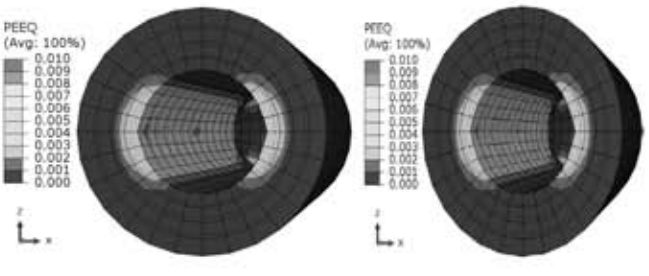


Figure. 7 Shape of the perforation tunnel after three days of sand production for the baseline case, (a) without inertia effects ($\beta = 0$), (b) with inertia effects (dashed line represents the undeformed shape)

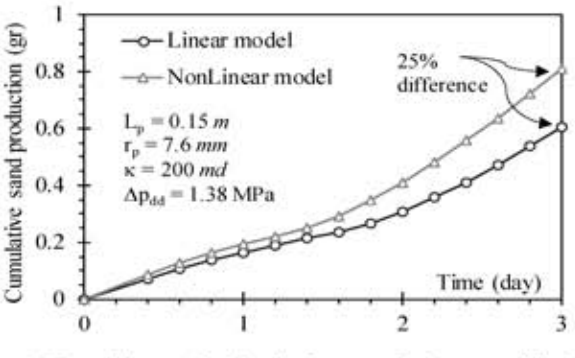


Figure. 8 Cumulative sand production from a perforation tunnel (baseline case)

reported in Table 1. These values which were adapted from Eshiet and Sheng (2013), lie within the range of values typically used for sandstones.

Table 1. Material properties of the reservoir sandstone

Parameter	Young's modulus	Poisson's ratio	Internal friction angle	Dilation angle
Value	9.1 GPa (1.32×10^6 psi)	0.22	45°	20°

2.4. Initial and boundary conditions

The total overburden pressure on the perforated layer and the initial pore pressure of the reservoir are assumed to be 89.63 MPa (13000 psi) and 37.92 MPa (5500 psi), respectively. The Permeability of the reservoir is considered isotropic and values of 100, 200 and 300 md are employed for it. A gravity of 37 °API (840 kg/m3) is assumed for the reservoir fluid, which classifies as a light crude oil. Values of other parameters used to define initial conditions of the reservoir are given in Table 2. To simulate oil production, pore pressure on the perforation tunnel is set to a value which obtains the desired pressure drawdown. Three values of 0.69, 1.38 and 2.07 MPa (100, 200, 300 psi) are used as the reservoir pressure drawdowns.

After having reached the intended pressure drawdown, a transient consolidation analysis under constant pressure drawdown was performed for a time interval of 3 days, in which erosion of material due to sand production was simulated. In order to take helical arrangement of perforation tunnels into account, periodic pressure boundary conditions are applied on the upper and lower boundaries of the porous layer.

Table 2. Initial conditions of the reservoir

Parameter	Value	Parameter	Value
Effective vertical stress	51.71 MPa (7500 *psi*)	Porosity	0.26
Effective horizontal stress	34.47 MPa (5000 *psi*)	Oil viscosity	8.0×10^{-3} Pa.s (0.8 *cp*)

2.5. Sand production criteria

Sand production is a two-stage process involving the mechanical and hydro-mechanical instabilities of the reservoir rock in the vicinity of production cavities (Vardoulakis et al. 1996; Gravanis et al. 2015). In the first stage, drilling, completion and production induced stresses lead to weakening and degradation of reservoir rock. Sand production occurs once the hydrodynamic forces induced by fluid flow exceed the resistance forces between sand particles or chunks and transport them to the wellbore. The total hydrodynamic force, Fhd, exerted by the fluid on the unit volume of the porous media can be written as (Bear 1972)

$$\mathbf{F}_{hd} = -\nabla p$$

In the pressure gradient based erosion law, employed as the sanding criterion, the rate of sand production is proportional to the magnitude of hydrodynamic force (Papamichos 2004),

$$\dot{m}/\rho_s = \lambda \|\nabla p\|$$

where $\dot{m}$ is the rate of solids mass produced per unit volume, λ is the sand production coefficient with dimension of length squared times time over mass and can be determined experimentally, ρ_s is the solid density, and $\|\|$ denotes the norm of a vector.

By substituting the pressure gradient from equation 2 into equation 7, the sand production criterion can be rewritten in a more applicable form as,

$$\frac{\dot{m}}{\rho_s} = \lambda\left(\frac{\mu}{\kappa} + \beta\rho_f \|\mathbf{u}\|\right)\|\mathbf{u}\|$$

In this study the following simple equation is used to determine λ,

$$\lambda = \begin{cases} 0 & \bar{\varepsilon}^{pl} \le \bar{\varepsilon}_c^{pl} \\ \lambda_1 & otherwise \end{cases}$$

where $\bar{\varepsilon}_c^{pl}$ is the threshold value of equivalent plastic strain for the onset of sand production, and $\lambda 1$ is a parameter which controls the rate of sand production.

The erosion of materials at an external boundary can be expressed by declaring the boundary to be part of an adaptive mesh zone and prescribing recession velocity of the boundary mesh into the material. In this technique, subsurface nodes are adjusted to account for erosive material loss. Within this framework, $\dot{m}$ term on the left-hand side of equation 7 represents the rate of solids mass produced per unit boundary surface.

3. Results and discussion

3.1. Hydrodynamic force evolution

For ease of presentation, a baseline case with input parameters given in Table 3 is defined. The baseline case, includes two different quantities for the β factor which are addressing the linear and nonlinear flow equations. For the baseline case with $\beta = 0$, contour and iso-surface plots of the pore pressure around the perforation tunnel are shown in Fig. 4. In this figure, flow convergence into the explicitly modeled perforation tunnel and its adjacent tunnels indicates the proper functioning of the periodic boundary conditions. Contours of the hydrodynamic force for the baseline case with and without inertia effects are shown in Fig. 5. This figure demonstrates that for the both linear and nonlinear flow, perforation tip is the zone of highest seepage forces. Maximum hydrodynamic force per unit volume of porous media considering inertia effects obtains as 65.1 N/cm3 which reduces to 50.2 N/cm3 by ignoring these effects. This means about 23 percent underestimation of the maximum hydrodynamic force.

For all cases, percentage of underestimation made on the hydrodynamic force at the junction of the wellbore and perforation tunnel (which is most susceptible to sand production) as a function of flow rate are depicted in Fig. 6. Maximum underestimation in this figure (29%) belongs to a short perforation in a high permeability formation with high pressure drawdown. This figure indicates that both flow rate and length of perforation tunnel are important parameters in the study of high velocity flow effects. It is evident that with increasing the perforation length, error introduced by ignoring inertia effects reduces.

Table 3. Input parameters for the baseline case

Parameter		Value (SI Unit)	Value (Oilfield Unit)
Wellbore radius	r_w	0.0889 *m*	0.29 *ft* (3.5 *in*)
Perforation length	L_p	0.15 *m*	0.5 *ft* (6 *in*)
Perforation Radius	r_p	7.62 *mm*	0.025 *ft* (0.3 *in*)
Shot Phasing angle	φ	60°	60°
Formation Permeability	κ	1.974×10^{-13} m^2	200 *md*
Forchheimer coef.	β	0.0, 1.645×10^{8} m^{-1}	0.0, 5.014×10^{7} ft^{-1}
Pressure drawdown	Δp_d	1.38 MPa	200 *psi*

around the wellbore and the perforation tunnels resulting from drilling and perforating processes were not considered in this paper.

2.1. Main assumptions of the model

This study focuses on a perforated completion with charge density of 6 shots-per-foot (SPF) and angular phasing of 60°, because they are often used in practice on oil fields (Sun et al. 2013). Perforation tunnels are considered to be distributed helically around the borehole. In addition to the arrangement of perforations, it is assumed that materials properties and in-situ stresses have the same pattern of distribution around the wellbore. The perforated interval is assumed to be long enough to ignore end effects. Having made these assumptions, instead of modeling too many perforation tunnels, it is just required that a layer containing one perforation tunnel be explicitly modeled and analyzed, provided that appropriate periodic boundary conditions be applied to the representative unit cell (Sadrnejad et al. (2018)).

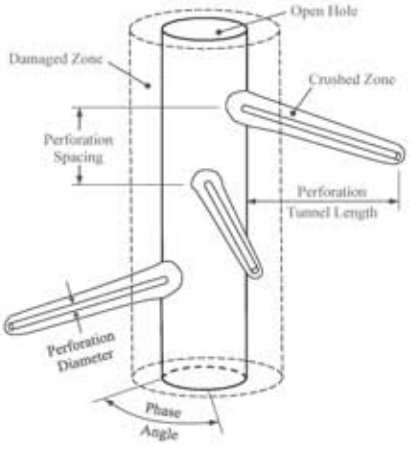


Figure 1. Schematic view of a perforated well

2.2. Geometry and mesh definition

The computational domain of a perforated well considered in this study is shown in Fig. 2. As depicted in this figure, the formation is presented as a cylindrical layer containing both wellbore and a perforation tunnel. At top and bottom of the formation layer, some regions of non-porous material are added. These regions were included to allow the redistribution of stresses around the perforation tunnel be evolve without reaching any boundary of the model. Thickness of 5.08 cm (2 in) is considered for these non-porous regions.

The outer radius of the model is 1.9 m. Numerical evaluations showed that this value is sufficiently distant from the wellbore to ensure radial flow development at the far boundary. Borehole radius measured from interface between cement and the formation, is assumed to be 8.89 cm (3.5 in). The radius of the perforation tunnel is 7.6 mm (0.3 in) and the length of the perforation tunnel is taken as equal to 0.15, 0.23, 0.3 and 0.38 m (6, 9, 12 and 15 in).

In order to reduce computational burden of the model, translational degrees of freedom were activated only for a 60° wide cylindrical sector which surrounds the perforation tunnel, and the rest of the model was considered as a rigid porous body (see Fig. 2b).

Two types of linear three-dimensional elements were employed to build the mesh; C3D8P (8-node brick element with trilinear displacement and pore pressure) was used to model the porous rock and C3D8 (8-node linear brick element) to discretize the upper and lower non-porous layers. Typical mesh of the model is shown in Figure 3. Finer mesh was used near the surface of the production cavity in order to capture high gradients of stresses and pore pressure in this region.

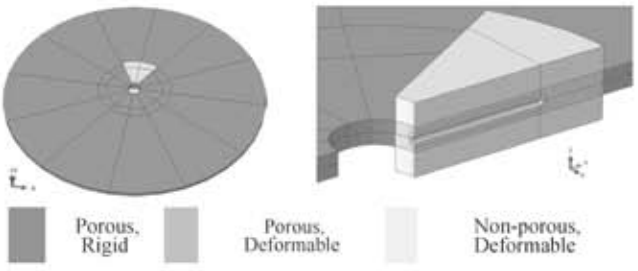


Figure 2. Computational domain of the model, (a) general view of the model, (b) vertical section of near-wellbore region

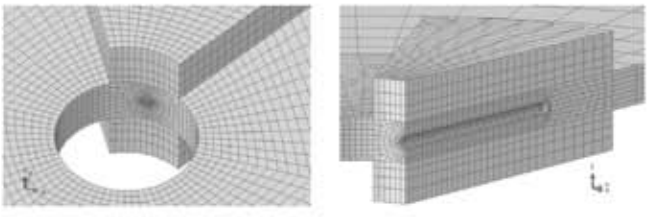


Figure 3. Typical finite element mesh, (a) zoomed view of the wellbore and perforation tunnel, (b) vertical section of the near-wellbore region.

2.3. Constitutive behavior of the pore fluid and reservoir rock

Darcy's equation for single phase fluid flow through porous media neglecting gravity effects is written as (Aziz and Settari 1979),

$$-\nabla p = \mu \hat{\mathbf{e}}^{-1}\,\mathbf{u}$$

where u is the vector of apparent velocity of the pore fluid, p is the pore fluid pressure, κ is the absolute permeability tensor of the porous media with dimension of length squared, μ is the dynamic viscosity of fluid, γ is the specific gravity of the wetting phase, and ∇ is the gradient operator.

Forchheimer (1901) added a nonlinear term to Darcy's law and introduced a new empirical equation for conservation of one-dimensional fluid momentum along the x-axis as,

$$-\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\mu}{\kappa}u + \beta\rho_f u^2$$

where ρf is the density of the fluid and β is the Forchheimer coefficient.

In this study, the correlation developed by Firoozabadi and Katz (1979) is employed to determine the Forchheimer coefficient,

$$\beta = 2.73\times10^{10}/\kappa^{1.1045}$$

where κ is expressed in md and β in ft-1.

The permeability of a reservoir rock can be assumed to be a function of porosity. In the present study the Carman-Kozeny law was used to express this dependency as,

$$\kappa \propto e^3/(1+e)$$

where e is the void ratio.

Elastoplastic behavior of the reservoir rock is expressed using the Mohr-Coulomb model. The Mohr-Coulomb yield criterion can be expressed as (Potts and Zdravković 1999),

$$Rq - \sigma'_m \tan\phi - c = 0$$

where ϕ is the internal friction angle, c is the mobilized cohesion, σ′m is the mean effective stress and q is the Mises equivalent stress. Parameter R in equation 5, is determined using the invariants of the deviatoric stress tensor. Parameters values for the constitutive behavior of the reservoir rock are

Effects Of Fluid Inertia on Sand Production from Perforated Oil Wells

Hasan Ghasemzadeh: Associate professor of civil engineering, Faculty of civil engineering, K.N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran, ghasemzadeh@kntu.ac.ir

Ahmad Ali Khodaei Ardabili: MSc of geotechnical engineering, Faculty of civil engineering, K.N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran, khodaie@dena.kntu.ac.ir

ABSTRACT

Prediction of sand production in oil wells is generally conducted by using linear Darcy's law as the constitutive equation for fluid flow. This law does not include the contribution of fluid inertial in pressure drop, and therefore is valid when flow velocity is low. In a perforated completion, considerable flow convergence occurs near the perforation tunnels, which makes it susceptible to inertia effects. In this paper, impacts of flow inertia on sand production from vertical cased-and-perforated oil wells are numerically analyzed. In this regard, 3D coupled, poro-elastoplastic finite element methods with arbitrary Lagrangian-Eulerian (ALE) adaptive mesh approach are employed. Forchheimer's law is used to incorporate high velocity flow effects into the analysis. A pressure gradient based erosion law is adapted for use as the sanding criterion. Helical symmetry of perforations, which usually is the case in practice, is utilized to achieve a more realistic but efficient simulation. Sanding response modifications due to inertia effects are presented for the considered range of parameters. The results highlight that high velocity flow causes additional hydrodynamic forces around the perforation tunnels, which in turn can result in more sand production. It is shown that ignoring the effects of inertia in perforated oil wells can lead to significantly lower predictions of both amount and rate of sand production.

Keywords: Sand production, Inertia effects, Forchheimer's law, Perforated completion

1. INTRODUCTION

Modeling of fluid flow through porous medium began by Henry Darcy in the mid-19th century with introducing an empirical equation between the flow velocity and piezometric head gradient. In Darcy's equation, inertia effects are ignored and this relation is valid for flow regime with low Reynolds numbers. It is often assumed that Darcy's equation is valid as long as the Reynolds number does not exceed a value between 1 and 10 (Bear 1972).

Contribution to pressure drop caused by inertial forces, is the result of acceleration and deceleration of the fluid particles during successive changes in the path and cross section of flow (Geertsma 1974). In order to address the effects of high velocities, a commonly accepted approach is to use Forchheimer's equation (Forchheimer 1901) instead of Darcy's law.

Popular belief in oil industry is that inertia effects for oil wells is insignificant and can be neglected (Dake 1998; Settari et al. 2002). However, some of authors have confirmed the presence of high velocity flow in oil wells. Fetkovich (1973) by means of comprehensive field study of 40 oil wells, showed that the deviation from Darcy's equation is not limited to gas wells, but that it is also relevant to oil wells in high-permeability reservoirs. Nguyen (1986) conducted several experimental tests on perforated cores and discovered that applying Darcy's law to express fluid flow through perforation tunnels results in over-prediction of the productivity by as much as 100 percent. Settari et al. (2002) demonstrated that the effects of high velocity flow can be significant for oil flow in high permeability formations having limited perforations. Al-Otaibi and Wu (2011) concluded that increasing the production rate, in contrast to the predictions of Darcy's law, can lead to nonlinear increase in pressure drop, especially for high production rates. Li et al. (2022) using MRT (multiple-rate test) data in a field with highly connected and densely distributed fractures and karst, confirmed that modeling non-Darcy flow is necessary to solved the issues of history matching BHP (bottom hole pressure), high/low-rate tests and build-up pressure trends.

In the oil and gas industry, the term sand production refers to the co-production of individual sand grains or detached sand clumps together with formation fluids. Sand production by eroding downhole and surface equipment, production loss and other environmental impacts can greatly increase production costs. Prevention of sand production is usually very costly and often, an acceptable sand rate determines for oil wells. If the rate of sand production remains within this limit, catastrophic sanding and failure of the wellbore will not occur. Accordingly, accurate prediction of sand production rate is of great importance to reservoir engineering. The effects of non-Darcy flow may increase the pressure gradients and seepage forces in some regions around the perforation tunnel, which in turn can result in higher rate of sand production.

Few studies have used Forchheimer's equation rather than Darcy' law in the sanding analysis of oil wells. Morita et al. (1989) included inertia effects in their study to realistically simulate fluid flow. Vardoulakis et al. (1996) suggested that if the Reynolds number of flow reach values of order 1, sanding computations at large times should be based on Forchheimer' equation rather than on Darcy's law. Skjaerstein et al. (1997), found that Forchheimer's extension of Darcy's law leads to better matching between the results of theoretical models and experimental data of sand production tests. Wang et al. (2019) employed a general 3-D sand production model in their study and concluded that at high fluid flow velocities, non-Darcy effects play an important role on the sanding rate but less of a role in determining the onset of sanding.

In this paper, effects of fluid inertia on sand production from vertical cased-and-perforated oil wells are numerically investigated. For this purpose, Forchheimer's law is used as the constitutive equation for fluid flow and an erosion law based on hydrodynamic forces acting on solid particles is employed as the sanding criterion.

2. MODEL DESCRIPTION

In the present study, a vertical-cased-and-perforated oil well with helically distributed perforation tunnels around the wellbore was modeled in 3D by using finite element program. Schematic geometry of a perforated completion is shown in Fig. 1.

Among the various parameters of the model, perforation tunnel length, formation permeability and reservoir pressure drawdown are considered to be varied over some practical ranges. For the sake of simplicity, damages

پیمانکار برتر پروژه‌های فرازآوری مصنوعی

ارائه کلیه خدمات مهندسی، تامین، نصب و راه‌اندازی پمپ‌های درون‌چاهی ESP، PCP و ESPCP
تامین و ارائه خدمات پمپ‌های انتقال سیال HPS و پمپ‌های چند فازی

پادیاب تجهیز

کارخانه پیشرفته ساخت و تعمیر پمپ های درون چاهی ESP
و پمپ های انتقال نفت HPS در استان خوزستان

آدرس: تهران، ونسک، خیابان شیخ بهایی، کوچه سلمان، پلاک ۱ کد پستی: ۱۹۹۱۷۱۶۹۵۲
تلفن: ۰۲۱-۸۸۶۱۵۶۱۷ فکس: ۰۲۱-۸۸۰۴۵۱۷۶ info@padyab.com www.padyab.com

RASTA GROUP
Industrial Valve Manufacturing Co.
NACI
AVA BRS
AVA BRS
AVA BRS
شرکت
دانش بنیان
توسعه و تولید
شیرهای صنعتی
رستا گروه