اویل ایندستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

مدیریت مهندسی در ساخت پالایشگاه گاز

مهندس سید حسن حسینی‌نیک، مدیرعامل شرکت پتروتدبیرپارس

مهندسی و طراحی در پروژه‌های بسیار بزرگ در حوزه نفت و گاز از جمله پالایشگاه‌ها، که به مگاپروژه(Mega project) معروف می‌باشند؛ مستلزم داشتن تجربه و توانمندی در زمینه دانش‌فنی و همچنین توانمندی در به کارگیری روش‌های ابداعی و نوآورانه می‌باشد که در قالب یک ساختار چابک، سازمان یافته باشند. با توجه به پیچیدگی پروژه‌های بزرگ و حجم زیاد فعالیت‌ها و تاثیر طراحی در هزینه و زمانبندی، مهندسی و طراحی از اهمیت بالایی در پروژه برخوردار می‌باشد. به همین دلیل تعداد شرکت‌های محدودی از توانمندی طراحی، ساخت و راه‌اندازی این نوع پروژه‌ها برخوردار می‌باشند. این موضوع باعث شده تا بازار طراحی مگاپروژه‌ها در انحصار تعداد محدودی از شرکت‌های بزرگ بین المللی از جمله Total, Eni, ExxonMobil, Shell, Worley Parsons, Foster wheeler و... باشد. در ایران نیز در سال‌های گذشته به تدریج شرکت‌های مختلف داخلی وارد عرصه طراحی و مهندسی پروژه‌های کوچک و متوسط و بخش‌هایی از مگاپروژه‌ها شدند. سرانجام در توسعه میدان و ساخت پالایشگاه گاز فازهای ۱۵ و ۱۶ پارس‌جنوبی مدیریت، مهندسی و طراحی پالایشگاه به صورت کامل به یک کنسرسیوم کاملاً ایرانی با مسئولیت رهبری ایرانی واگذار گردید.

به هرحال پالایشگاه اشاره شده تجربه‌ای با ارزش در بومی‌سازی طراحی محسوب می گردد. در این پالایشگاه شرکت نفت تصمیم گرفت تا مشخصات محصولات تولیدی را ارتقاء بخشد و طراحی این پالایشگاه را مبنایی برای طراحی سایر فازهای در حال توسعه قرار دهد. علاوه بر پیچیدگی اضافه شده ناشی از ارتقاء مشخصات همزمان با ساخت این پالایشگاه، تحریم‌های ظالمانه به تدریج شدت گرفت. وجود این تحریم‌ها از یک سو استفاده از لایسنس شرکت‌های اروپایی را تحت شعاع قرار داد و از سوی دیگر به دلیل مشکلات ایجاد شده برای تامین کالا، بخش مهندسی مجبور بود مرتباً تغییرات اجباری در کالا یا در فرایندها را به سرعت در مدارک پروژه اعمال نماید.

برخی از این تغییرات نظیر راه‌اندازی پالایشگاه بدون واحد سرمایش پروپان بر پایه یک طرح ابداعی را می‌توان اوج خودباوری بخش مهندسی در ساخت پالایشگاه گاز فازهای ۱۵ و ۱۶ دانست. اگرچه بیشتر تغییرات مهم در بخش فرایند صورت پذیرفته اما این تغییرات بر سایربخش‌ها به ویژه پایپینگ، مکانیک، برق، ابزاردقیق و کنترل نیز تاثیر داشته و این بخش‌ها نیز توانسته‌اند به خوبی تغییرات مورد نیاز را در مدارک پروژه اعمال کنند. برای درک دستاوردهای مهندسی باید به این نکته توجه کرد که با انجام هرفعالیت علاوه بر انجام آن فعل مجموعه‌ای از تجربه‌ها و دانش‌فنی نیز به دارائی‌های سازمان اضافه می گردد. اگر امروزه شرکت‌هایی نظیر Worley Parsons دارای اعتبار ویژه‌ای در بحث مهندسی و طراحی نزد همگان می‌باشند، این اعتبار ناشی از تلاش، شرکت و اعتماد دیگران به آن شرکت می‌باشد. با همان سناریویی که شرکت مذکور توانسته به این جایگاه برسد، بخش مهندس شرکت مهندسی پتروتدبیرپارس و شرکت‌های همکار نیز توانسته‌اند در کنار شرکت سپانیر به شرایطی دست یابند که شرکت نفت و گاز پارس به آنها اعتماد کرده و طراحی پالایشگاه بزرگ فازهای ۱۵ و ۱۶ را به آنها بسپارد. به هرحال شرکت مهندسی پتروتدبیرپارس علاوه بر انجام مهندسی و دست‌یابی به تجارب گران‌بهاء توانسته با توسعه دانش‌فنی خود و استفاده از مهندسین مجرب داخلی از یک‌سو مشکلات موجود در واحدهای تحت لیسانس را به صورت کاملاً بومی حل کند و از سوی دیگر همین مجموعه توانسته مشخصات محصول و فرآورده‌های جانبی را به میزان قابل قبولی افزایش دهد. به صورت دسته‌بندی شده می‌توان توانمندی‌های اثبات شده و دستاوردهای بدست آمده در بخش مهندسی پالایشگاه گاز فازهای ۱۵و۱۶ پارس‌جنوبی را اینگونه بیان نمود:

» بومی کردن طراحی و مهندسی در ساخت پالایشگاه گاز
» کیفیت برتر طراحی مهندسی فازهای ۱۵و۱۶
» تسلط بر تکنولوژی و فرایند پالایشگاه
» ارتقاء مشخصات گاز تولیدی و محصولات دیگر، در نتیجه کاهش آلایندهای گاز نظیر H_2S
» راه‌اندازی پالایشگاه بدون واحد سرمایش پروپان
» یکپارچه سازی طراحی در بخش خشکی

با انجام مهندسی و طراحی پالایشگاه گاز فازهای ۱۵ و ۱۶ تنها یک پالایشگاه طراحی نشده است، بلکه با گردهم آمدن گروهی از مهندسین و مدیران توانمند و لایق ایرانی تحت یک سازمان چابک، در واقع برای انجام پروژه‌های بزرگ دیگر یک گروه توانمند ایجاد شده و این در کنار پالایشگاهی که سالانه بیش از ۶ میلیارد دلار درآمد نصیب کشور می کند، ارزش افزوده‌ای دیگر اما از جنس دانش‌فنی و مهندسی تقدیم ملت بزرگ ایران کرده است. لازم به ذکر است که این دانش‌فنی از ملزومات دستیابی به اهداف اقتصاد مقاومتی و اهدافی است که در سند برنامه ششم توسعه توسط مقام معظم رهبری برای اجراء به دولت ابلاغ شده است. از نظر اعداد و ارقام در بخش مهندسی پالایشگاه گاز فازهای ۱۵ و ۱۶ مجموعاً حدود ۱۷۰۰۰ مدرک تولید شده است و برای تولید این مدارک حدود ۳ میلیون نفر-ساعت کار مهندسی در بخش‌های فرایند، ایمنی، مکانیک، برق، ابزاردقیق و کنترل، سیول و استراکچر، برنامه‌ریزی انجام پذیرفته است. در انتها لازم است از مدیران و کارشناسان شرکت نفت و گاز پارس، مدیران و کارشناسان شرکت پتروتدبیرپارس، مدیران و کارشناسان شرکت‌های نارگان، سازه، تهران رایمند، مشاور ساحل تقدیر نموده و برای همه آنها که با تلاش خود این موفقیت را برای ایران ارمغان آوردند آرزوی موفقیت نمایم.

در ادامه این گفتار به صورت خلاصه مطالبی پیرامون مهندسی و طراحی ارئه شده و مطالب بیشتر در کتاب الکترونیک(هدیه افتتاحیه پالایشگاه) خواهد آمد.

۱ مقدمه

از گذشته واژه‌های مهندسی و طراحی با مفاهیمی نزدیک به هم مطرح بوده‌اند. گروهی معتقد بودند مهندسی بخشی از طراحی است و گروه دیگری طراحی را بخشی از مهندسی می دانستند. هر دو گروه استدلال‌هایی برای اثبات ادعای خود داشتند. طرفداران ایده اول برنامه‌ریزی را نوعی طراحی می‌دانند که چندان دور از منطق هم نمی‌باشد. از سوی دیگر کم نیستند شرکت‌های مهندسی که طراحی پروژه‌ها بخشی از شرح خدمات آنها را تشکیل می‌دهد. در این مقاله مبنای ما ایده دوم خواهد بود. در این مبحث چه طرفدار گروه اول باشیم، چه طرفدار گروه دوم به هرحال مهندسی یا طراحی فعالیتی مهم و همراستا با فعالیت‌های دیگر پروژه از ابتدا تا انتها می‌باشد. در این صورت مدیریت مهندسی به طراحی پروژه محدود نشده و بر فرایندهای خرید، ساخت و اجرا، راه‌اندازی، ثبت تجارب و دانش‌فنی و همچنین توسعه و تحقیق نیز اشراف خواهد داشت.

مفهوم واژه مهندس در زبان‌های فارسی و انگلیسی دارای توصیفی ضعیف و نارسا می‌باشد. برخلاف ظاهر این کلمه، در فارسی مهندس به کسی که هندسه می‌داند اطلاق نمی‌شود و در انگلیسی نیز مهندس کسی نیست که فقط کار با موتور و ماشین آلات حرفه اوست.

تعاریف مختلفی برای واژه مهندسی ارائه شده است. "کاربرد علم" کوتاه‌ترین تعریف و "حرفه‌ای که در آن دانش ریاضی و علوم طبیعی، کسب شده توسط مطالعه، کار و تجربه، جهت توسعه راه‌هایی برای استفاده اقتصادی از مواد و نیروهای طبیعی، در جهت رفاه نوع بشر، به کار گرفته می‌شود." مقبولترین تعریفی است که توسط ABET[Accreditation Board for Engineering and Technology] ارائه شده است. تعریف دیگر می گوید: مهندسی عبارت است از هنر هدایت منابع عظیم قدرت موجود در طبیعت به سمت رفاه انسان‌ها. همچنین مهندسی را می توان به مفهوم "توان طراحی، برنامه‌ریزی و مدیریت یک فعالیت تولیدی" یا به مفهوم "کاربرد اقتصادی علوم برای حل مسائل جامعه" نیز دانست. از خلاصه مطالب ارائه شده و با توجه به مجموعه تعاریف گفته شده می توان مهندسی را" مجموعه‌ای از فعالیت‌ها و دانسته‌ها و خلاقیت‌ها" دانست که باید به صورت دقیقتری بررسی شوند.

در زبان فارسی ریشه کلمه مهندس از واژه اندازه که در عربی به هندسه تبدیل و پس از صرف در یک باب واژه مهندس به معنای اندازه گر از آن ساخته شده است. واژه مهندس به معنای اندازه‌گیر، شمارگر، هندسه‌دان، مساح، معمار، طراح و دانای عملی به کار رفته است که بیشتر آنها در فرهنگنامه‌ها و لغت‌نامه‌ها درج شده است. در زبان انگلیسی Engineering به معنای مهندسی می‌باشد. این کلمه از Engine'er به معنای کسی که با موتور کار می کند، می‌باشد. خود کلمه engine از کلمه ingenium لاتین اخذ شده است. همچنین در زبان انگلیسی واژه Designer به معنای طراح می‌باشد و واژه Design نیز به معنای طراحی می‌باشد. این واژه در لغت‌نامه فارسی به معنی طرح‌افکنی و نقشه‌ریزی آمده است. هنر طراحی از قدیمی‌ترین روش‌هایی است که انسان برای بیان احساسات خود به کار گرفته است. طراح با ابزار بسیار ساده و بیشتر به کمک خطوط، احساساتی را که کلمات قادر به بیان آن نیستند، نمایان می‌کند. طراحی باز آفریدن تصاویر عینی و نمایش تصاویر ذهنی برای تجسم بخشیدن به واقعیت است. طراحی در معنای تخصصی، مفاهیم و کاربردهای متنوعی را در بر می گیرد. از این رو مانند واژه هنر با یک تعریف مشخص نمی توان تمام جنبه‌های آن را بیان کرد. طراحی به مفهومی که امروزه می‌شناسیم ریشه در غرب دارد. در جهان امروز، طرح و طراحی در دو حوزه مجزای Design و Drawing مطرح می‌شود. طراحی یا Drawing بیشتر احساسات فی البداهه طراح را بیان می کند اما Design نوعی طراحی مرحله به مرحله و بر مبنای اصولی است که جنبه کاربردی دارد.

طراحی اگرچه دارای مفهومی نزدیک به نقاشی می‌باشد اما امروزه طراحی کاملاً واژه‌ای فنی بوده و علاوه بر شکل‌های فنی، در برگیرنده توضیحات فنی و احتمالاً محاسبات نیز می‌باشد. می‌توان گفت طراحی مجموعه‌ای از مفاهیم، از نقاشی تا برنامه‌ریزی (Planning) را پوشش می‌دهد. در این حالت گسترده طراحی همسنگ یا گران‌سنگ‌تر از مهندسی خواهد بود.

مهندسی در مفهوم گسترده‌اش، هنر حرفه‌ای بکارگیری هر چه بیشتر علم بمنظور تبدیل منابع طبیعی به سود انسان تعریف شده است و در ششمین برنامه ملی فرانسه، مهندسی را تمامی فعالیتهای فکری لازم در بالا بردن سرمایه‌گذاری در همه شکل‌هایش از نظر گزینش و روند فنی تحقیق و مدیریت تعریف کرده‌اند.

شکل ۱:
تصویرسازی از دانشمند و مهندس ایرانی، زکریای رازی

مطابق نظر گروه دوم مهندسی یعنی به کار بردن علوم و فنون به منظور طراحی و یا توسعه ساختارها، دستگاه‌ها، ماشین آلات یا فرآیندهای تولید یا کار کردن با آن‌ها و به کار بردن آن‌ها به صورت تنها یا در ترکیب با وسایل دیگر و یا ساختن و به کار انداختن آن‌ها از طریق درک کامل ساختمان آن‌ها و یا به منظور پیش‌بینی رفتار آن‌ها تحت شرایط و موقعیت‌های ویژه و معین. ضمن این که مهندس باید با تمام جنبه‌های مرتبط با موضوع از جمله هدف و کاربرد یک ابزار، مسائل مالی و اقتصادی مرتبط با آن، چگونگی حفظ سلامتی و امنیت انسان و طبیعت حین طراحی، توسعه یا به کارگیری ابزار و وضعیت حقوقی و مالکیت آن، آشنایی کافی داشته باش.

به این ترتیب می‌توان تاکید کرد که هدف نهایی مهندس عمل کردن صحیح است، حال آنکه که کار دانشمند آگاهی و دانستن است. دانشمند به جمع آوری، طبقه بندی، سازماندهی و تفسیر دانسته‌ها و فرضیات می‌پردازد. در حالی که مهندس از این دانش برای حل مشکلات استفاده می کند.

بر خلاف دانشمند، مهندس آزاد نیست تا موضوع و مشکل مورد علاقه خود را انتخاب کند. وظیفه او این است که به حل مشکلاتی که به صورت پیش بینی شده یا نشده رخ می‌نمایند، بپردازد. او باید به صرفه اقتصادی عمل خود یا ادامه کار یک وسیله یا سیستم، بهبود بازدهی آن و پرهیز از پیچیده کردن بی‌مورد سیستم نیز بیاندیشد. بنابراین به طور خلاصه همانطور که در کتاب‌های مرجع آمده است می‌توان گفت عبارت حل کننده مشکل بهترین توصیف برای عمل مهندسی است. این توصیف ممکن است شامل جنبه‌های کیفی، کمی، فیزیکی، اقتصادی و غیره باشد.

۲ وظایف مهندس

لیست کردن وظایف مهندس ضمن آنکه ما را به یک شرح کار مدون برای حرفه مهندسی می‌رساند، به خوبی تفاوت مهندس با کارشناس یا دانشمند را نشان می‌دهد. این وظایف عبارتند از:

۱» تحقیق علمی، فنی و صنعتی به منظور کشف راه‌حل‌های تازه و سودمند.

۲» توسعه فنی به منظور اعمال دستاوردهای تحقیقات موجود برای غلبه بر یک مشکل یا بهبود کمی و کیفی سیستم و ابزار.

۳» طراحی یک یا چند ساختار، سیستم یا ابزار با بهره‌گیری از مدل‌های مهندسی، روش‌ها، نیازهای کنونی و شرایط خاص

۴» ساخت که براساس آن مهندس وظیفه دارد ضمن آماده‌سازی فضا و محیط تولید، رویه ساخت، کیفیت محصول، هزینه تمام شده و نحوه سازماندهی منابع و تجهیزات را مشخص کند.

۵» تولید محصول یا سیستم که شامل برنامه ریزی و زمان بندی کار ، انتخاب و مشخص کردن ترتیب فرآیندها، ابزارها، مواد اولیه، چیدمان ، عناصر و اجزای سیستم نهایی، آزمایش، بازرسی و عیب‌یابی محصول است.

۶» به کار انداختن یک سیستم یا محصول که ممکن است توسط افراد دیگری تولید شده باشد. این مهارت شامل آشنایی با کنترل‌های مکانیکی، الکترونیکی یا نرم‌افزاری ابزار و سیستم، تامین نیرو و انرژی لازم برای به کار افتادن آن، حمل و نقل، ارتباطات و جنبه‌های اقتصادی است.

۷» مدیریت ابزارها و سیستم‌ها جهت تحلیل وضعیت گذشته و حال تجهیزات و دستگاه‌ها، پیش‌بینی وضعیت آینده آن‌ها و سازماندهی منابع مالی، انسانی و اطلاعاتی موجود برای کسب نتایج بهتر در آینده.

۳ خدمات مهندسی

خدمات مهندسی یک مفهوم با تعریف دقیق نیست، اما در کل می‌توان خدمات مهندسی را "مجموعه فعالیت‌هایی بدانیم که از سوی یک شخص، یک سازمان یا یک شرکت برای قابل انجام نمودن(فنی، اقتصادی) و بهینه‌سازی یک ایده یا طرح در راستای تولید یا ساخت ارائه می‌شوند." بدانیم.

برای ارائه انواع خدمات مهندسی لازم است تشکل‌های مناسبی وجود داشته باشد. به صورت خلاصه این تشکل‌ها را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی نمود:

۱» شرکت‌های خدمات طراحی و مهندسی

۲» شرکت‌های ناظر

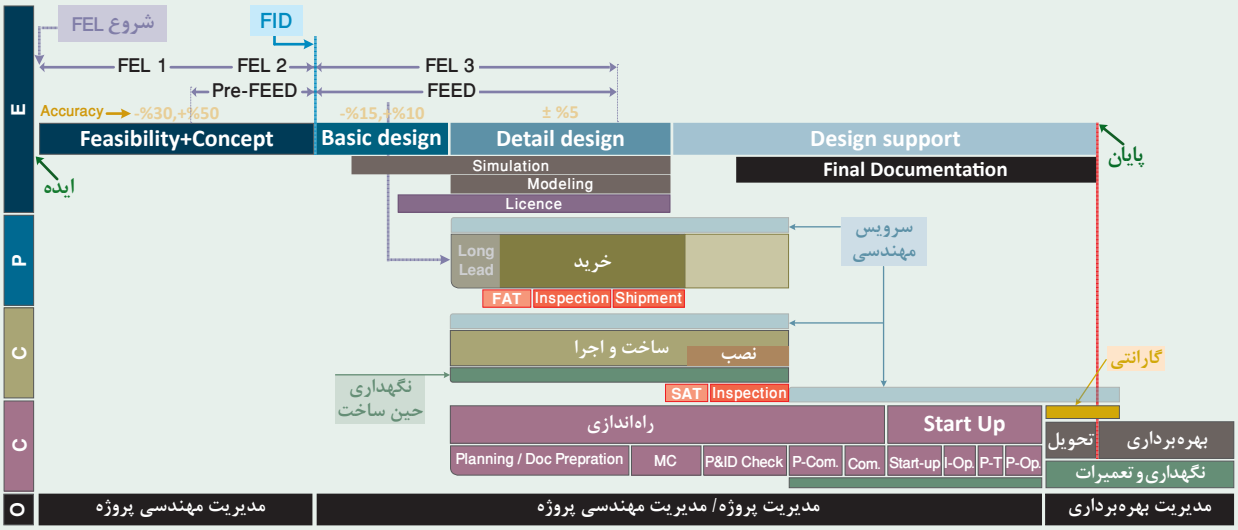
۳» انستیتوها، موسسات استاندارد و انجمن‌ها

شرکت‌های طراح و ناظر شکل‌های انتفاعی خصوصی یا دولتی می‌باشند که به ارائه خدمات مهندسی و طراحی می‌پردازند. اما موسسات استاندارد یا انجمن‌های مهندسی غالباً تشکل‌های غیرانتفاعی هستند که به ارائه خدمات همسان‌سازی مانند ارائه استانداردها یا تلاش در جهت افزایش سطح کیفیت خدمات مهندسی مشغول می‌باشند.

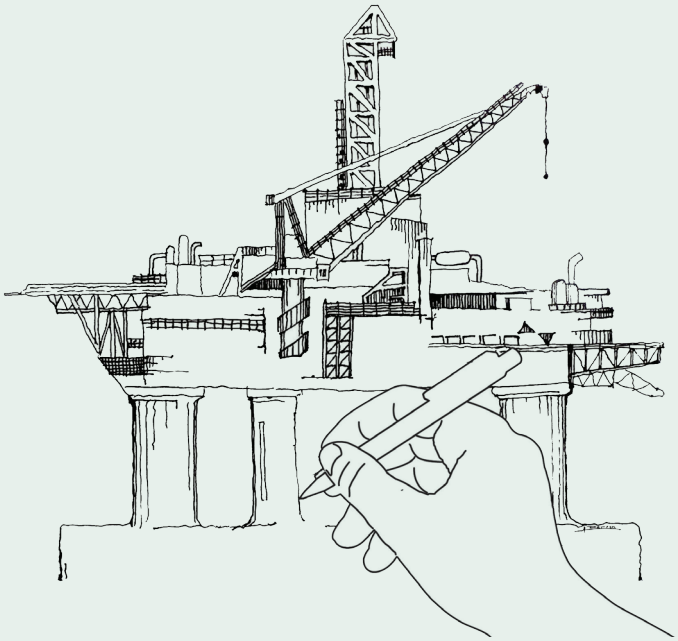
برای درک بهتر موضوع خدمات مهندسی سعی می کنیم این مفهوم را بیشتر توضیح دهیم. در اینجا نیز یک تعریف ثابت که مورد قبول همگان باشد وجود ندارد، اما تعدادی از تعاریف از مقبولیت بیشتری برخوردارند. این تعاریف عبارتند از:

۱» خدمات مهندسی عبارتست از سلسله فعالیت‌های با سرشت هوشمندانه که علم و دانش را در جهت مقاصد سرمایه‌گذاری و در جهت تولید سازماندهی کرده و به نحو مطلوب به کار گیرد.

۲» خدمات مهندسی عبارتست از ابزار کسب برترین روش‌های کاربرد علم و تکنولوژی در مسائل عملی.



شکل ۲: دوره حیات مهندسی و طراحی در کنار تامین کالا، اجراء و راه‌اندازی



۳» خدمات مهندسی یک خلاقیت ذهنی است که به علم وابستگی دارد و به همین دلیل دستاورد آن در صنعت و سایر زمینه‌های عملی متجلی می‌شود. خدمات مهندسی دارای هدف و جهت است اما برخی برای آن تعبیر انسان دوستانه و برخی تعابیر فیزیکی و مادی قائل هستند. این تعریف ضمن نمایش ماهوی و خدمات مهندس، او را از یک پزشک و فیزیکدان، محقق، تاجر و تکنسین جدا می کند.

۴» خدمات مهندسی در کلی ترین مفهوم خود عهده‌دار اطلاعات صنعتی و تخصصی در تمام مجموعه صنعت است و در معنایی دیگر آمیزه‌ای از فعالیتهای هوشمندانه است که با تکیه بر دانش و تجربه در جهت تولید فرآورده‌های مطلوب استفاده بهینه از منابع موجود را سازمان می دهد.

۵» خدمات مهندسی مجموعه‌ای است از خدمات (مدیریت علمی و تحقیقی) که بر حسب ضرورت و عمدتا در هفت محور کلی (مطالعات و ارزیابی اولیه سرمایه گذاری، تشخیص مکان و آماده سازی فضا، طراحی و نظارت بر اجرا، انتخاب و بهینه کردن تکنولوژیها، توسعه مدیریت تکنولوژی، توسعه منابع انسانی، تکنولوژی اطلاعات و بهبود و توسعه واحد) به متقاضیان و صاحبان صنایع ارائه طریق کند (براساس دیدگاه مجامع بین‌المللی و از جمله آنها «یونیدو»)

۶» خدمات مهندسی، مجموعه دانایی است که علم و دانش را در راستای تحقق اهداف و سیاست‌های توسعه در کشور و در جهت تحقق سرمایه گذاری تولیدی و صنعتی سازماندهی و هدایت می کند.

۴ تاریخچه

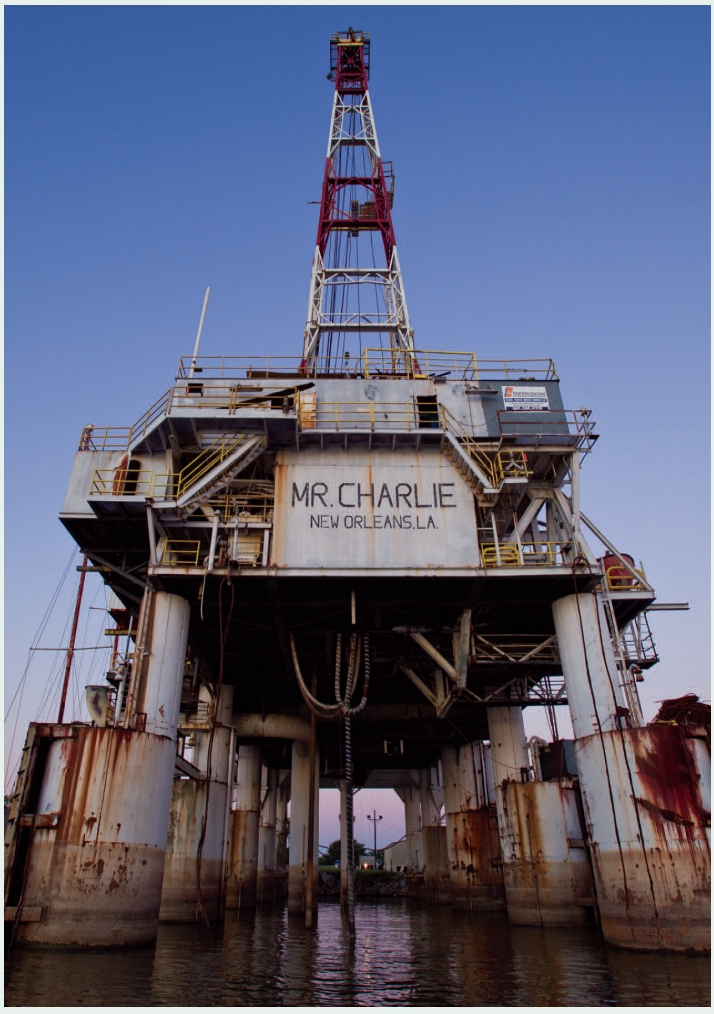
همانند بسیاری از فعالیت‌ها برای مهندسی/طراحی و معرفی اولین مهندسان/ طراحان نمی توان به صورت دقیق نقطه آغازی را مشخص نمود و فرد خاصی را به عنوان اولین مهندس/ طراح معرفی کرد، زیرا مهندسی/طراحی مفهومی با تعریف دقیق نمی‌باشد. اولین طراحی‌های با مفهوم نقاشی دارای قدمتی بیش از ۳۰ هزار سال می‌باشند. از سوی دیگر شاید تولید آتش در هزاران سال پیش به وسیله سنگ چخماق با توجه به سطح دانش آن روز بشر، یک فعالیت مهندسی تلقی شود و شاید ساخت ظروف سفالی یا فلزکاری تعاریف بهتری از فعالیت مهندسی باشند. اما ساخت بناهایی شگفت‌انگیز و تاریخی نظیر فانوس‌اسکندریه، تخت‌جمشید، اهرام مصر، اکروپلیس دریونان، ساخت دیوارچین یا لوله‌کشی و استفاده از گازطبیعی برای تهیه آب شیرین در چین وآب‌بندی بناها با قیر و کشف الکل و تقطیرکروسین توسط زکریای رازی در ایران، بدون دانش مهندسی، امکان‌پذیر نمی‌باشد. به نظر می‌رسد اولین مهندسان تاریخ را بتوان به ۴ دسته تقسیم کرد: دسته اول مهندسان گمنام نظیر آنانکه در ساخت اهرام مصر(اولین مهندس معمار مطابق روایات تاریخی ایم‌حتپ(Imhotep) معمار نابغه مصری می‌باشد که اولین هرم را برای زوسر(Djoser) فرعون مصر در حدود ۴۶۰۰ سال قبل ساخت.) یا دیوار چین نقش داشته‌اند، اگرچه برخی از این مهندسان نظیر «ایم‌حتپ» تا حدی شناخته‌شده می‌باشد اما مهندسان این دوره غالباً شناخته شده نیستند و حتی روش کار آنها نیز در پرده‌ای از ابهام باقی مانده است. دسته دوم دانشمندان معروفی نظیر ارشمیدس، کته‌زیبیوس(Ctesibius)، هرون(Heron)، زکریای‌رازی، خواجه‌نصیرالدین طوسی و الجزری(پدرعلم رباتیک) می‌باشند، این مهندسان اغلب برای مردم شناخته شده می‌باشند و متعلق به دوران شکوفائی علم دریونان، اسکندریه، ایران و همچنین دوره اسلامی می‌باشند.

دسته سوم مهندسان عصر رنسانس می‌باشند، از متقدمین این دوره می‌توانیم به William Gilbert فیزیکدان و مهندس انگلیسی که به عنوان اولین مهندس برق شناخته می‌شود(۱۶۰۳-۱۵۴۴ میلادی) و Thomas Savery مهندس مکانیک(۱۷۱۵-۱۶۵۰ میلادی) اشاره کنیم. دسته

شکل ۳: ماشین بخار(در حوزه مکانیک)، پیل ولتا(در حوزه برق) و ترانزیستور(در حوزه الکترونیک و مخابرات)، هر کدام از آنها نقش بی‌بدیلی در توسعه داشته‌اند.

دسته چهارم مهندسان عصرجدید می‌باشند. ولتا، فارادی، جیمزوات، ماکسول و هرتز از مهندسان مشهور این عصر محسوب می گردند. آنچه در بررسی تاریخ مهندسی به خوبی مشهود است، گسترده بودن عرصه مهندسی است. همانگونه که چینی های باستان مفهوم راکت یا استفاده از گاز طبیعی را می‌شناختند، ایرانیان نیز در ذوب مس متبحر بوده‌اند و یونانیان بنیان گذار هندسه بوده‌اند و در آن طرف اقیانوس اطلس مایاها در قاره آمریکا زیگورات‌هائی مشابه زیگورات چغازنبیل بنا می کردند یا تقویم با دقت فراوان استخراج می کردند. در کاوش‌های باستان‌شناسی نقشه‌های حکاکی شده بر روی خشت‌خام مربوط به ۴۵۰۰ سال قبل بدست آمده است. این نقشه‌ها، مستندسازی افکار و ایده‌های بشر در آن روزگار را نشان می‌دهند.

یونان قدیم و متعاقب آن اسکندریه را به راستی می‌توان خواستگاه مهندسی دانست. ارشمیدس، کته‌زیبیوس، هرون، تالس، بطلمیوس و ... همگی مشاهیری بوده‌اند، که توسعه هندسه، ریاضی و علوم عملی و مهندسی را پایه گذاردند. در فارسی و عربی مهندسی از هندسه اقتباس شده و این موضوع ارتباط مهندسی با کشفیات دانشمندان یونانی را بهتر نشان می‌دهد. البته نباید منکر دانش بالای ایرانیان و متقدم بودن آنها در امور مهندسی شد. ساخت بناهائی نظیر تخت جمشید یا کعبه زرتشت به خوبی وضعیت ایران را در آن دوره نشان می‌دهد. در عصر شکوفائی علم در دوره اسلامی دانشمندانی نظیر رازی(کشف الکل و همچنین تقطیر نفت و تولید کروسین را برای اولین بار به اونسبت می‌دهند)، ابن‌هیثم(متقدم در شناخت نور)، شیخ‌بهائی، جابربن‌حیان، ابوریحان‌بیرونی، عمرخیام، خواجه‌نصیرالدین‌طوسی، خوارزمی و ... همگی مهندسان یا ریاضی‌دانان بزرگ و موثر در حوزه مهندسی و فناوری می‌باشند.در دوره



شکل ۴: سکوی حفاری Mr. Charlie اولین دستگاه حفاری مستغرق می‌باشد که از سال ۱۹۵۴ تا سال ۱۹۸۶ میلادی صدها چاه را در فراساحل حفاری کرده است. این سکو به خوبی نشان‌دهنده قدمت صنعت نفت و گاز و مهندسی در این حوزه است.

جدید، مهندسی با شتاب زیادی توسعه یافته و امروزه در صدها دانشگاه صدها هزار دانشجو در حال تحصیل در رشته‌های مختلف مهندسی می‌باشند. همانگونه که اشاره شد سابقه مهندسی به حداقل ۴۶۰۰ سال پیش برمی گردد، اما استفاده علمی و توسعه یافته از عنوان مهندسی به انقلاب صنعتی بر می گردد. در ابتدا مهندسی فعالیت‌های نظامی به ویژه ساخت استحکامات نظامی را در بر می گرفت و به میزان قابل توجهی نیز این امور پیشرفت نمودند. درحالیکه امروزه مهندسی سیویل تنها بخشی از کل مهندسی را تشکیل می‌دهد و عمدتاً در ارتباط با ساختمان‌سازی، ساخت تاسیسات، احداث راه‌ها، پل و همچنین امور مرتبط با آب نظیر سد سازی و علوم محیطی می‌باشد. ادامه مهندسی **Civil** در مقابل **Military** به مفهوم مهندسی در کلیه رشته‌ها به غیر از امور نظامی سرآغاز تحول در علوم مهندسی شد. شاید بتوان اولین برنامه‌های رسمی آموزش مهندس را به تاسیس برنامه‌های آموزشی در اواسط قرن ۱۸ در فرانسه نسبت بدهیم. در این دوره‌ها امتحانات رسمی از دروس ریاضی، هندسه رسم و مفاهیم مهندسی به عمل می آمد. این برنامه‌ها به تدریج به سایر کشورهای اروپایی و آمریکا گسترش یافت. در آمریکا مهندسان طراحی و ساخت، پل و کانال‌های آب‌رسانی را در اواخر قرن ۱۸ و قرن ۱۹ برعهده گرفتند. تاسیس انجمن مهندسی عمران در سال ۱۸۶۵ میلادی، انجمن‌های مهندسی مکانیک در سال ۱۸۸۰ میلادی و مهندسی برق در سال ۱۸۸۴ میلادی تاثیر بزرگی در گسترش مهندسی و درک کاربرد مهندسی در صنعت شد. در ادامه این روند در سال ۱۸۷۱ انجمن مهندسی معدن و در سال ۱۹۰۷ انجمن مهندسی شیمی تشکیل شدند.

از سوی دیگر تشکیل انجمن‌ها و موسسات استاندارد نظیر **ASME** همچنین فعالیت‌های خاص نظیر ساخت سد هوور یا شروع مسابقه ارسال فضاپیما به فضا در نیمه دوم قرن بیست، باعث شد که مهندسی به عنوان رکن اصلی پیشرفت جای پای خود را محکم کند. به تدریج با گسترش نیاز به خدمات مهندسی تعریف مشخصی برای فعالیت‌های مهندسی به وجود آمده و حوزه فعالیت مهندسان مختلف نیز کاملاً مشخص شده است. در کنار این تفکیک وظایف مهندسی‌های چندبخشی و همپوشانی‌های آنها نیز تعریف شده است. به عنوان مثال امروزه مهندسی با نام مکاترونیک وجود دارد که ترکیبی از مکانیک و الکترونیک می‌باشد. امروزه شرکت‌های متعددی در بخش طراحی و نظارت در سطح جهان به صورت شرکت‌های بین‌المللی یا شرکت‌های بزرگ و کوچک داخلی در حال ارائه خدمات می‌باشند. در سطح جهانی شرکت‌هایی بین‌المللی و بزرگی نظیر **Worley Parsons, Foster wheeler, Mustung, TOYO, ...** در بخش طراحی و مهندسی مشغول می‌باشند که تمرکز خدماتشان این حوزه می‌باشد. در کنار این شرکت‌ها، شرکت‌های بزرگ پیمانکاری عمومی بین‌المللی نظیر **Shell, Total, ENI, ExxonMobil** تمرکز ارائه خدمات مهندسی آنها خدمات‌رسانی به بخش‌های مختلف داخلی مجموعه شرکت‌هایشان می‌باشد.

در ایران نیز که آثاری از مهندسی با قدمت بیش از ۵۰۰۰ سال وجود دارد؛ در سال‌های اخیر به واسطه نیازهای موجود، مهندسی با شتاب متناسبی در حال توسعه و رشد و نمو می‌باشد. مهندسی در ایران به سبک جدید از سال ۱۲۳۰ ه.ش. با تاسیس دارالفنون به دستور امیرکبیر آغاز گردید. اما دوره شکوفایی مهندسی به بعد از سال ۱۳۱۳ و تاسیس دانشگاه تهران بر می گردد. امروزه نیز مهندسی در ایران متاثر از شرایط جهانی آن بوده و در حال توسعه و پیشرفت می‌باشد.

۵ جایگاه و تاثیر مهندسی در پروژه‌ها

بعضاً با نگاهی به آنچه دررسانه‌ها در مورد پروژه‌های مهم عمرانی گزارش می‌شود، این موضوع به ذهن شنونده القاء می‌شود که در اثر ایراد در طراحی، اجرای پروژه طولانی‌تر شده و هزینه‌های آن افزایش یافته است. اگرچه ممکن است ده‌ها دلیل دیگر در این تغییرات دخیل باشد اما غالباً از دیدگاه جامعه مدیریت و مهندسی پروژه در انجام به موقع و اقتصادی پروژه نقش دارند. واقعیت این است که تا حد بسیار زیادی این موضوع صحیح می‌باشد. همانگونه که در شکل ۵ و شکل ۶ مشاهده می گردد، تاثیر مهندسی در هزینه پروژه بسیار مهم است. به صورت غالب، طراحی صحیح، توجه به مهندسی و اجازه دادن به نفوذ مهندسی در پروژه از آغاز تا انتها می‌تواند هزینه‌های پروژه و زمان انجام آن را کاملاً بهینه نماید.

پروژه‌های فرایندی نظیر پروژه‌های نفت، گاز و پتروشیمی، نیز از این قاعده مستثنا نیستند. پروژه‌ای که هزینه آن در ابتدا ۱۰ میلیارد دلار تخمین زده شده و با افزایشی شدید به یک پروژه ۲۵ میلیارد دلاری تبدیل می‌شود، باعث می‌شود تا ذهن جامعه نسبت به مدیریت و مهندسی و توانمندی آنها در پیش‌بینی و مدیریت پروژه زیر سوال رود.

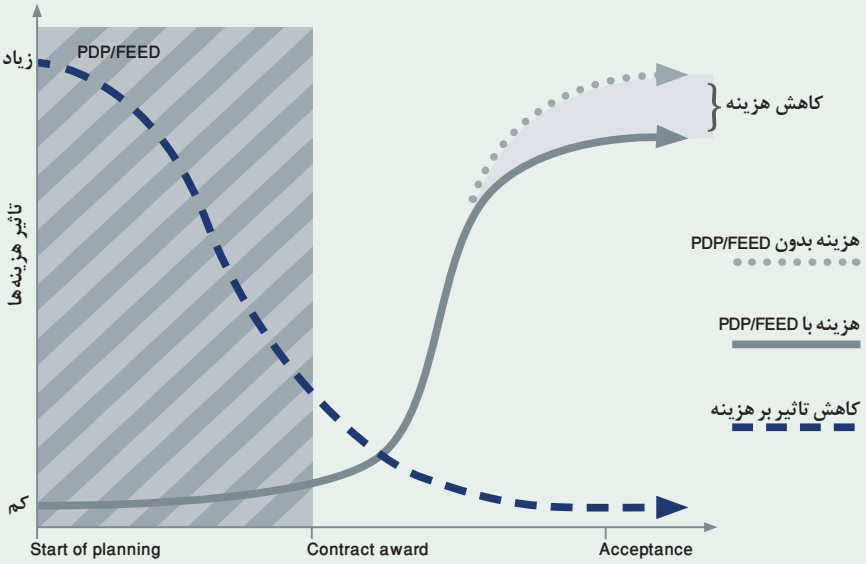
در اینجا لازم است مهندسی از یک طرف توانمندی کافی در تخمین، طراحی و نظارت را داشته باشد و از طرف دیگر اجازه(Authority) کافی در اعمال نظر در مراحل مختلف پروژه به عنوان ناظر پروژه را نیز داشته باشد.

گروهی از محققین پس از بررسی های فراوان خود دریافتند که پروژه های کلان در بیش از ۵۰ درصد موارد، با دو معضل، که هر دو ناشی از عدم اعتماد کافی بین ذینفعان مختلف پروژه است، همراه هستند که منجر به عدم تصمیم گیری صحیح و افزایش هزینه های پروژه خواهد شد. این موارد عبارتند از:

۱- هزینه برآورد شده و دیگر داده‌های تولید شده از دقت کافی برخوردار نبوده و قابل اطمینان نیستند.

۲- متولیان پروژه اغلب از بکارگیری روش‌های اصولی مدیریت پروژه، شفافیت در امور و تصمیم گیری بر مبنای خردجمعی طفره رفته و آنها را به چالش می کشند و گاهی تصمیم گیری شخصی و خودکامگی جایگزین تصمیم گیری جمعی و سازمان یافته می شود.

در هر دو مورد سازمان‌هایی که به درستی شکل یافته‌اند و از مدیریت پروژه و مدیریت مهندسی توانمند با Authority کافی سود می‌برند در این مورد کمتر دچار چالش می‌شوند. از سوی دیگر در این سازمان‌ها همواره روش‌ها در حال اصلاح، توسعه و



شکل ۵: تاثیر مهندسی بر هزینه‌های پروژه

ارتقاء می‌باشند. در این سازمانها همواره پروژه جدید نسبت به پروژه قبلی با بهروری و کیفیت بهتری اجرا می گردد. یکی از اتفاقات مهم در سال‌های اخیر تغییر روند طراحی و مهندسی از حالت سنتی به یک حالت توسعه یافته مبتنی بر روش FEED می‌باشد. خود این روش مبتنی بر مجتمع‌سازی فعالیت‌ها می‌باشد. امروزه برای کاهش هزینه‌ها و تسریع در بهره‌برداری از یک طرح در کنار تامین مالی و مدیریت پروژه، شرکت‌های بزرگ فقط در طرح‌هایی شرکت می کنند که مسئولیت آن از طراحی پایه تا بهره‌برداری به صورت کامل به آنها یا کنسرسیوم واگذار گردد.

شکل ۶ تاثیر استفاده از FEED به عنوان بخشی از یکپارچه‌سازی فرایند ساخت پروژه را نشان می‌دهد.

۱» افزایش پیچیدگی و اندازه پروژه‌ها

۲» اقتصادی شدن پروژه‌های مناطق صعب نظیر قطب، آب‌های عمیق، فراساحل، صحرا و ...

۳» پیچیدگی روابط تجاری و اداری میان شرکت‌ها، کارفرمایان و سایر عوامل اجرایی

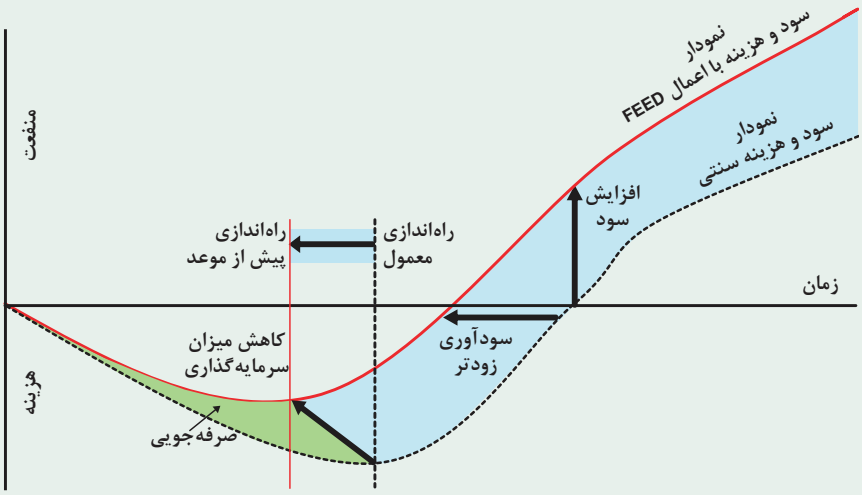
۴» افزایش چالش‌های فنی، توسعه روش‌های تحت لیسانس و ورود شرکت‌های جدید مهندسی

۵» بروز معضلات و تنگناهای ملی یا منطقه‌ای(نظیر دستیابی سخت به نیروی کار در بعضی مناطق)

۶» بزرگ شدن سبد پروژه‌ها و افزایش پروژه‌های بین‌المللی و شراکتی بین‌المللی

۷» امکان تاثیرگذاری

۸» الزامات مدیریت پروژه



شکل ۶ : نمودار منفعت – هزینه بر حسب زمان، این نمودار نشان می‌دهد که با تغییر در نحوه اجرای پروژه و جایگزین کردن FEED به جای روش سنتی طراحی می‌توان انتظار داشت که پروژه زودتر راه‌اندازی شده و اجرای پروژه از افزایش سود قابل توجهی برخوردار شود. واضح است که با تجمیع مطالعات، طراحی مفهومی، مهندسی، ساخت، اجرا، راه‌اندازی و بهره‌برداری جدای از افزایش سرعت و سوددهی پروژه، کیفیت ساخت نیز افزایش می‌یابد.

کلاید و همکارانش اقداماتی را برای غلبه بر مشکلات در صنایع نفت و گاز پیشنهاد کرده اند که به سه مرحله تقسیم بندی شده است:

۱» افزایش ظرفیت و به حداکثررساندن راندمان پروژه

۲» توجه به منابع جدید و زیر ساخت‌ها

۳» تشویق در بکارگیری فرایندها و تجهیزات نوین

در مرحله اول همانگونه که در بالا ذکر شد، مدیریت در پروژه های کلان به عنوان یک شاخص مهم در کنترل تورم (هزینه های مواد و طراحی،خریدوساخت) و پیچیدگی های پروژه مطرح شده است. کلاید و همکارانش به طور ویژه پیشنهاد می کنند که مرحله توسعه طراحی خصوصا طراحی پایه جامع می تواند بعنوان یکی از کلیدهای بهبود عملکرد فنی شرکت‌ها در انجام پروژه‌ها بکار گرفته شود. در مراحل دوم و سوم هر چندتوسعه طراحی پایه جامع هنوز مهم است، اما نقش دیگر رویکردها، عوامل و تصمیمات که به طور مستقیم به مدیریت پروژه وابسته نیستند، به طور اساسی افزایش می یابد.

۶ لیسانس

در اوایل قرن گذشته دانش‌فنی اندکی برای انجام فعالیت‌هایی نظیر ساخت یک پالایشگاه نفت وجود داشت. به همین دلیل هر شرکتی که قصد ساختن پالایشگاه را داشت باید بر اساس مبانی علمی و تجارب موجود در فعالیت‌های مشابه اقدام به ساخت این واحد فرایندی می‌نمود. واحدهای احداث شده در آن دوره علاوه بر آنکه از کارایی و بازده پایینی برخوردار بودند؛ مقدار زیادی انرژی تلف می کردند، به نیروی انسانی زیاد نیاز داشتند، ایمنی کافی نداشتند و ... این شرکت‌ها به تدریج با کاهش مشکلات، کاهش مصرف انرژی و کاهش نیروی انسانی موردنیاز، توانستند ضمن افزایش ایمنی و بهینه نمودن کارایی، بازده واحد فرایندی را نیز بیشینه نمایند. این بهینه‌سازی در طول ده‌ها سال انجام شده و به تدریج ضمن آن دانش‌فنی و فناوری توسعه یافته است. واضح است که شرکت‌های تازه تاسیس برای طراحی و ساخت یک واحد قابل رقابت با واحدهای ساخت شرکت‌های متقدم، یا باید راهی که آنها طی کرده‌اند را بپیمایند یا بخشی از دانش‌فنی و فناوری را از آنها بخرند.

خوشبختانه شرکت‌های متقدم نیز ترجیح می‌دهند به جای ساخت واحدهای جدید توسط خودشان، ساخت این واحدها توسط شرکت‌های نوپا صورت گرفته و آنها دانش‌فنی خود را به قیمت مناسب و تحت عنوان لیسانس به آنها بفروشند. واضح است که در این حالت شرکت‌های متقدم سود کافی از طریق فروش دانش‌فنی و فناوری خواهند برد و از طرف دیگر فرصت کافی برای توسعه این دانش و فناوری و همچنین ورود به حوزه‌های دیگر را خواهند داشت. در این حالت یک رویه به این صورت وجود خواهد داشت که یک شرکت و گروه به تولید دانش‌فنی و فناوری مشغول است و شرکت‌های دیگر به استفاده از لیسانس و دانش‌فنی ارائه شده از سوی شرکت‌های دانش بنیان اشتغال دارند.

امروزه این فرایند کاملاً به یک رویه معمول تبدیل شده است و بیشتر پروژه‌های حوزه نفت، گاز و پتروشیمی با این رویه ساخته می‌شوند. در این بازار علاوه بر خرید و فروش لایسنس و دانش‌فنی، خود شرکت‌های دانش‌بنیان نیز مورد معامله قرار می گیرند. از سوی دیگر هر از چندگاه شرکت‌های جدیدی که در اثر تحقیق و توسعه موفق به نوآوری در این حوزه شده‌اند، به جمع فروشندگان و ارائه دهندگان لیسانس و دانش‌فنی اضافه می گردند. همچنین برخی کشورها برای جلوگیری از وابستگی بیش از اندازی با استفاده از تحقیق و توسعه و همچنین مهندسی معکوس سعی می کنند حتی با کیفیت و کارایی پایین‌تر واحدهای فرایندی طراحی نمایند که مستقل از سایر کشورها انجام شده باشد. به هرحال این شرکت‌ها مطمئن هستند که به تدریج با بازخورد نتایج به بخش تحقیق و توسعه و رفع ایرادات و افزایش کیفی فرایندها در آینده در این حوزه صاحب دانش فنی قابل اتکایی خواهند شد.

شرکت‌های ... Prosernat, Axens, UOP, Lurgi, Shell, از ارائه کنندگان دانش‌فنی و فناوری در حوزه نفت و گاز و شرکت‌های ... CBI, Technip, The Shaw group, DOW, Toyo, Uhde, UOP, INEOS, KBR, Linde, از لایسنسورهای مطرح حوزه پتروشیمی می‌باشند. این شرکت‌ها بخش عمده‌ای از دانش‌فنی این حوزه را در اختیار دارند. در سال‌های اخیر از یک سو شرکت‌های چینی و هندی در این حوزه برای خود اعتباری کسب کرده‌اند و از سوی دیگر برخی از شرکت‌ها نظیر CBI یا INEOS با خرید شرکت‌های دیگر یا خرید دانش‌فنی به بازیگران اصلی در حوزه پتروشیمی تبدیل شده‌اند. در مجموع درآمد این شرکت‌ها از ارائه دانش‌فنی و فناوری غالباً از صاحبان ذخایر نفت و گاز بیشتر می‌باشد.

۷ مهندسی در پروژه‌های نفت، گاز و پتروشیمی

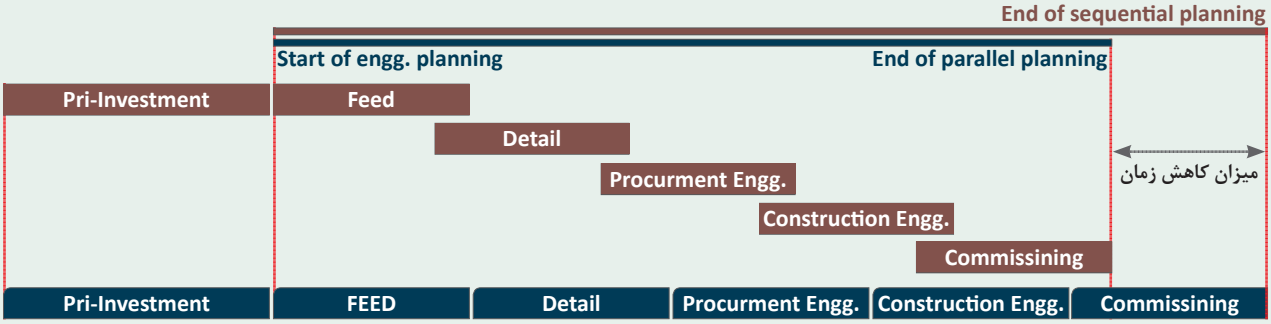
علیرغم یکسان بودن اصول مهندسی و طراحی در همه پروژه‌ها اما در حوزه‌های مختلف رویه و شکل ظاهری این فعالیت‌ها با هم تفاوت‌هایی دارند. از سوی دیگر در طی سال‌های گذشته با ارتقاء سطح دانش فنی و با تکیه بر تجارب بدست آمده، رویه طراحی و مهندسی در یک حوزه مشخص نظیر حوزه نفت، گاز و پتروشیمی نیز تغییر کرده و تکامل یافته است. به همین دلیل در این حوزه به مدل‌هایی بر می‌خوریم که توسط شرکت‌های مختلف به ویژه در ۵۰ سال گذشته، با طرح‌های مختلف ارائه شده‌اند. در این حوزه و حوزه‌های دیگر علیرغم وجود موسسات، استانداردها و رویه‌های استاندارد، هیچکدام از آنها محدوده و مراحل طراحی و مهندسی را در قالب یک مدل جامع ارائه نکرده‌اند. در این حوزه بر اساس تجربه و بازخورد نتیجه فعالیت‌های انجام شده رویه و روش‌های طراحی و مهندسی تکامل یافته و بهینه شده‌اند.

قدیمی‌ترین رویه و رویه‌های جدیدتر را می توانید در شکل ۸ ملاحظه نمایید. در حالیکه رویه قدیمی از بخش‌های طراحی مفهومی، طراحی پایه، طراحی تفصیلی و مهندسی خرید/ مهندسی کارگاهی، راه‌اندازی و مدارک نهایی پروژه تقسیم می‌شود. در رویه‌های جدیدتر بخش ابتدایی این روش‌ها دچار تغییراتی شده است. این تغییرات همگی برای کاهش زمان ساخت، افزایش سود پروژه و کاهش پیچیدگی پروژه ابداع شده‌اند.

همانگونه که پیش‌تر نیز ملاحظه نمودید میزان نفوذ و تاثیر مهندسی بر روی هزینه‌های پروژه بسیار بیشتر از فعالیت‌های انتهایی پروژه می‌باشد. درحالیکه عملیات هزینه و تاثیر فعالیت راه‌اندازی حداکثر بر روی راه‌اندازی و تحویل پروژه تاثیرگذار می‌باشد، در بخش مهندسی تاثیر بر روی کل پروژه بسیار چشمگیر می‌باشد. به عنوان مثال در مهندسی پایه نوع فناوری و شرکت دارای لیسانس انتخاب می‌شود. واضح است که فعالیت بر روی همه آیتم‌های پروژه و همچنین بهره‌برداری تاثیرگذار می‌باشد. در ادامه این بخش، ترتیب انجام این مراحل و همچین مدارکی که در هرمرحله تولید می‌شوند، را بررسی می کنیم.

برخی شرکت‌ها نظیر توتال یا انی بخش مهندسی پروژه‌های بزرگ خود را از مطالعه امکان‌سنجی شروع کرده، در ادامه PDP، طراحی پایه و در انتها طراحی تفصیلی انجام می‌شود. از سوی دیگر برخی شرکت‌ها مهندسی پروژه را به بخش‌های FEL-1, FEL-2 ، مهندسی تفصیلی، مهندسی خرید/ کارگاهی، راه‌اندازی و مدارک نهایی پروژه تقسیم می کنند. در این حالت توجه بیشتری نسبت به کل پروژه در زمان انجام مهندسی پروژه تعلق می گیرد. این توجه باعث افزایش سود پروژه و کاهش هزینه‌ها و همزمان کاهش زمان ساخت پروژه می‌شود.

از سوی دیگر برای کاهش بیشتر زمان ساخت برخی از شرکت‌ها نظیر Zeppelin از برنامه‌ریزی موازی به جای برنامه‌ریزی پشت سرهم استفاده می کنند. شکل ۷ این موضوع را نشان می‌دهد. باید دقت نمود که برنامه‌ریزی موازی مناسب فعالیت‌هایی است که در آنها یک فرایند تولید وجود دارد. در مگاپروژه‌ها برخی فعالیت‌ها نظیر اسپول‌سازی کاملاً مشابه یک فعالیت تولیدی می‌باشند.



شکل ۷: مقایسه برنامه‌ریزی موازی و برنامه‌ریزی پشت سر هم در طراحی و مهندسی

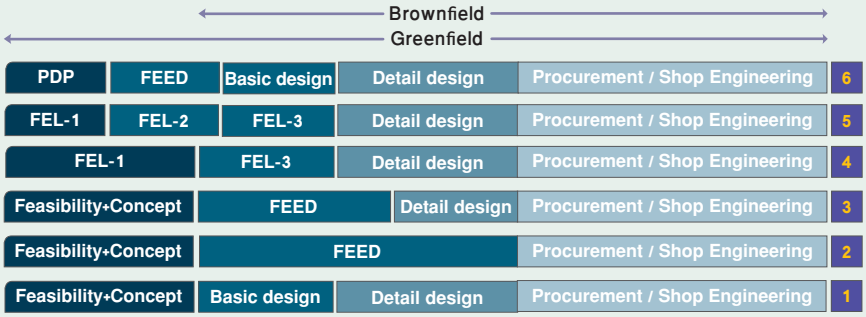
۸ مراحل طراحی و مهندسی

هنگامی که یک سرمایه‌گذار[دولتی، حقوقی یا شخصی] تصمیم به اجرای یک طرح برای ساخت تاسیسات آزمایشی، تاسیسات یا واحدصنعتی یا توسعه یک واحد موجود می‌گیرد؛ به صورت معمول تعدادی سوال برایش ایجاد می‌گردد که باید برای ادامه کار پاسخ آنها را پیدا کند. این سوالات عبارتند از: آیا این طرح از نظر فنی امکان‌پذیر است؟، بهترین پیکربندی فرایندی چگونه است؟، آیا این فرایند پیوسته یا Batch است؟ و هزینه ساخت(CAPEX) و بهره‌برداری(OPEX) چقدر است و این هزینه اقتصادی می‌باشد؟ در این مرحله فرایند طرح مورد توجه قرار می‌گیرد و لیستی از تجهیزات اصلی، خوراک مصرفی(Feed)، مواد مصرفی کمکی(Utility) و انرژی مصرفی تهیه می‌شود و همچنین تاثیرات زیست محیطی و ریسک‌های مهم بررسی می‌گردند.

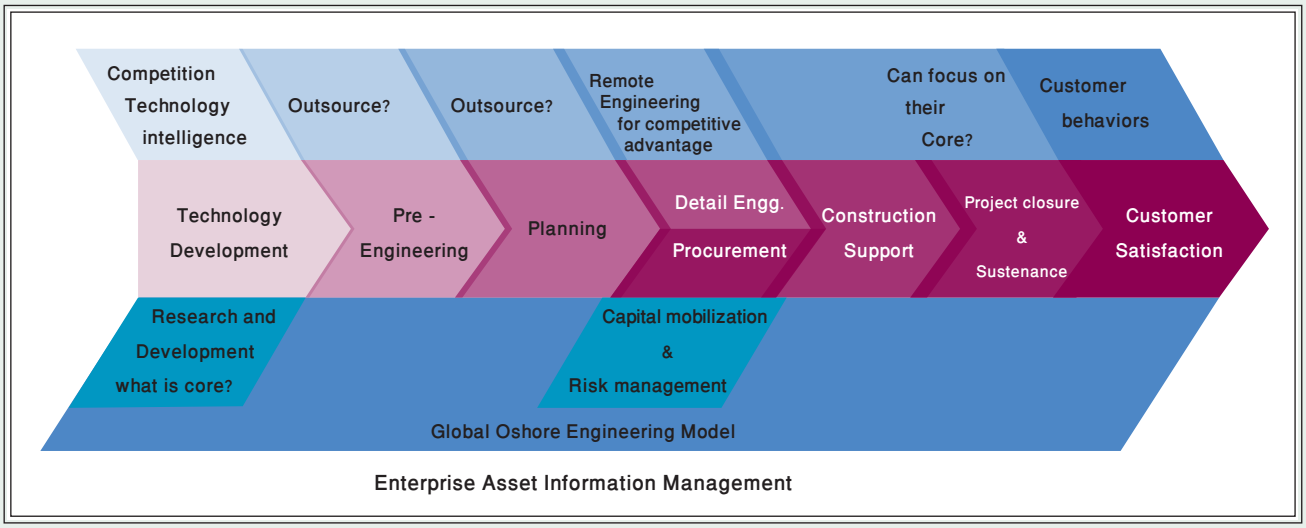
جدای از اینکه نحوه مهندسی، تامین مالی و اجرای پروژه به چه صورت باشد؛ جریان پروژه از ایده ابتدائی تا طراحی تفضیلی تقریباً به یک صورت می‌باشد. شکل ۱۰ جریان پروژه را از ابتدا تا تحویل مدارک نهائی پروژه Final Book نشان می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌نمائید که در بخش مقدماتی Preliminary بعد از تعریف پروژه و انتخاب روش اجرائی مناسب، مدارک مناقصه برای انتخاب پیمانکار طراحی پایه Basic Design انجام می‌شود. دراین مرحله(فاز اول) علاوه برطراحی پایه، برآورد اولیه هزینه و مدت انجام کار نیزانجام می‌شود، نقشه‌های PFD و P&ID نقشه جانمائی کلی و برگه مشخصات کالا (Specification) ازمهمترین مدارک تولید شده دراین فاز می‌باشند. مطابق روش‌های نوین ممکن است مدارک ابتدایی طراحی و مهندسی پروژه در طی مراحل FEL-0, FEL-1 و FEL-3 تولید گردد. همچنین بخش تاثیرگذاری از مدارک قبل از آغاز سرمایه‌گذاری تولید می‌گردد. این مدارک بر هزینه و زمان ساخت پروژه تاثیرگذار می‌باشند.

درمرحله بعد(فاز دوم) FEED[Front End Engineering Design] انجام می‌شود. در این مرحله مدارک اصلی و اجرائی پروژه تولید می‌گردد. همانگونه که در شکل ۱۰ مشاهده می‌کنید، نقشه‌ها و مدارک مختلف پروژه شامل نقشه‌های بخش اجراء یا مدارک خرید تهیه و جهت اجراء یا خرید کالا منتشر (Issue) می‌گردند. Plot Plan از مدارک مهمی است که در این فاز نهائی می‌گردد و مورد استناد کلیه بخش‌های پروژه قرار می‌گیرد. فاز دوم پروژه، طراحی تفضیلی Detail Design را نیز شامل می‌شود. مهندس طراح در این بخش نقشه با جزئیات بیشتر را تهیه و جهت اجراء ارسال می‌کند. نقشه‌های ایزومتریک از مدارک تولید شده این بخش می‌باشد. در بخش خرید کالا، لازم است نسبت به مشخصات کالا یا تجهیز پیشنهادی، اظهار نظر مهندسی شود. بنابراین مهندسی‌خرید نیز بخشی از فعالیت‌های مهندسی محسوب می‌گردد. تهیه مدارک نهائی شامل مدارک راه‌اندازی، Start up، مدارک بهره‌برداری و تعمیرات(Operating & Maintenence Manual) و نقشه‌های طبق ساخت Asbuilt را می‌توان آخرین مراحل مهندسی یک پروژه دانست. درشکل‌های ۱۰ و ۱۱ محدوده FEED را مشاهده می‌نمائید. FEED یکی از مهمترین بخش‌های طراحی یک پروژه می‌باشد که با مطالعات نهائی بر روی طرح اولیه آغاز شده و به تولید مدارک اصلی پروژه منتهی می‌شود. در گذشته طراحی پروژه به دو بخش طراحی پایه و طراحی تفضیلی تقسیم می‌شد. در این روش رابطه متقابل بخش مهندسی با بخش‌های خرید کالا و اجراء بسیار کم می‌باشد، به همین دلیل بخش طراحی و مهندسی تاثیر مدیریتی در کاهش هزینه ندارد. در سالیان اخیر با ایجاد چرخه جدیدی در اجرای پروژه سعی شده از بخش مهندسی و طراحی جهت کاهش هزینه‌ها و همچنین کاهش زمان اجراء، استفاده شود. شرکت‌های بزرگ نظیر ExxonMobil و ConocoPhillips, Shell, Siemens از پیشگامان ارائه برنامه و طرح خاص برای پروژه‌های مختلف متناسب با شرایط پروژه می‌باشند.

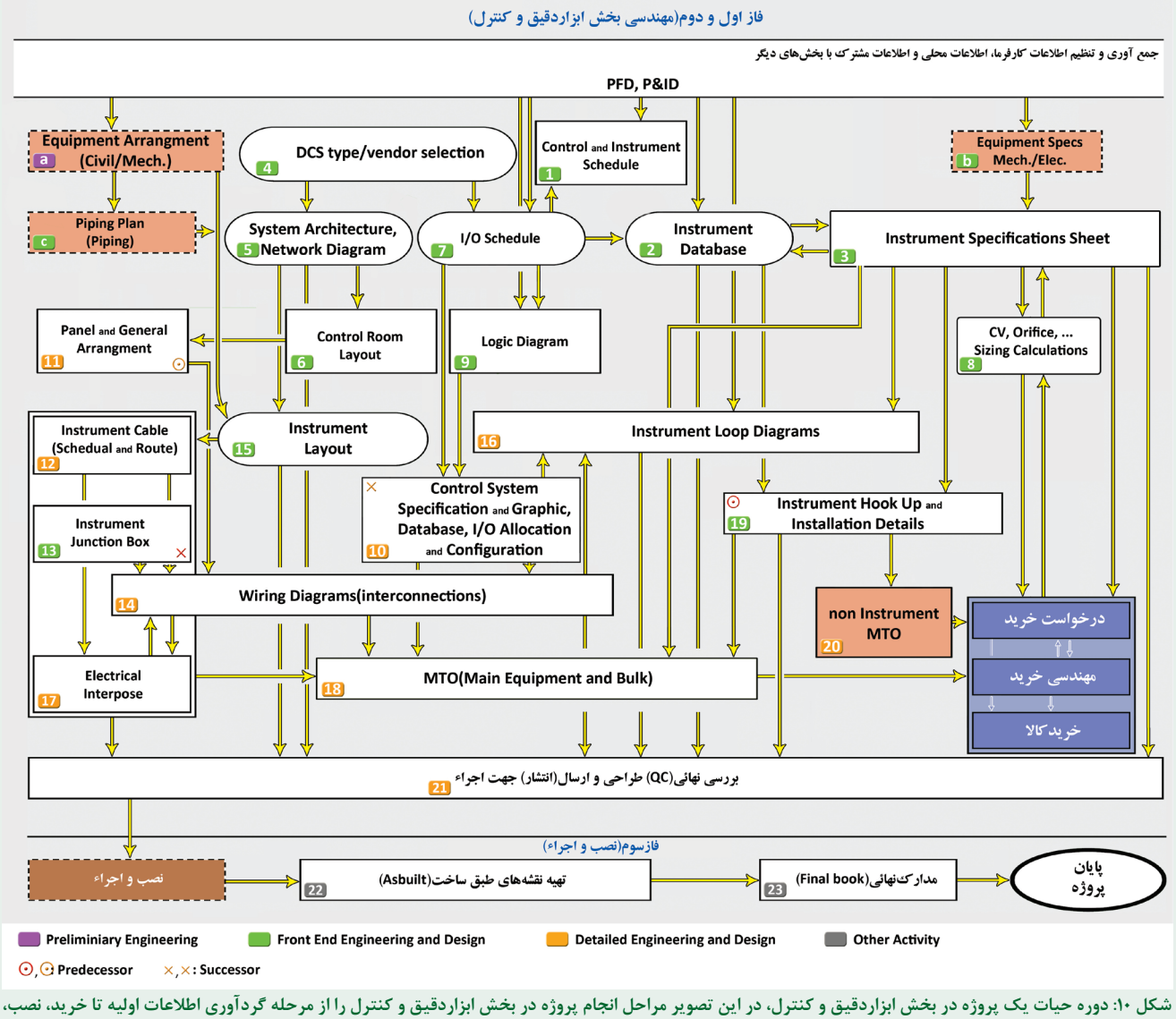
شکل ۸ همچنین روند طراحی بر حسب مدل FEL[Front End Loading] را نیز نشان می‌دهد. در این مدل FEL1 شامل مواردی نظیر موازنه مواد و انرژی (Material and Energy balance) می‌باشد، مرحله FEL2 شامل مواردی نظیر طراحی مقدماتی تجهیزات، نقشه‌ها و جداول (Preliminary Equipment, Layout, Schedule design) می‌باشد. مرحله FEL3 شامل برگه مشخصات خرید کالا (Purchase-ready major Equipment Specification) لیست لوله‌ها و لیست تجهیزات برقی (Line and Electrical equipment) List می‌باشد. با انجام طراحی تفضیلی عملاً پروژه وارد مرحله آخر(فاز سوم) می‌شود، در این مرحله به تدریج تجهیزات پروژه دریافت شده و مراحل نصب و اجراء انجام می‌شود، با پایان یافتن مراحل نصب تجهیزات، به تدریج مطابق برنامه زمانبندی فنی، تجهیزات و فرآیندهای مختلف آزمایش Test شده و راه‌اندازی موقت(پیش‌راه‌اندازی) پروژه انجام می‌شود. پس از اتمام دوره پیش‌راه‌اندازی، راه‌اندازی نهائی انجام شده و پروژه به بهره‌بردار تحویل می‌گردد. همچنین مهندسی خرید(Procurement Engineering) و مهندسی کارگاهی (Filed Engineering) تکمیل کننده فعالیت‌های بخش مهندسی در پروژه می‌باشند. باید



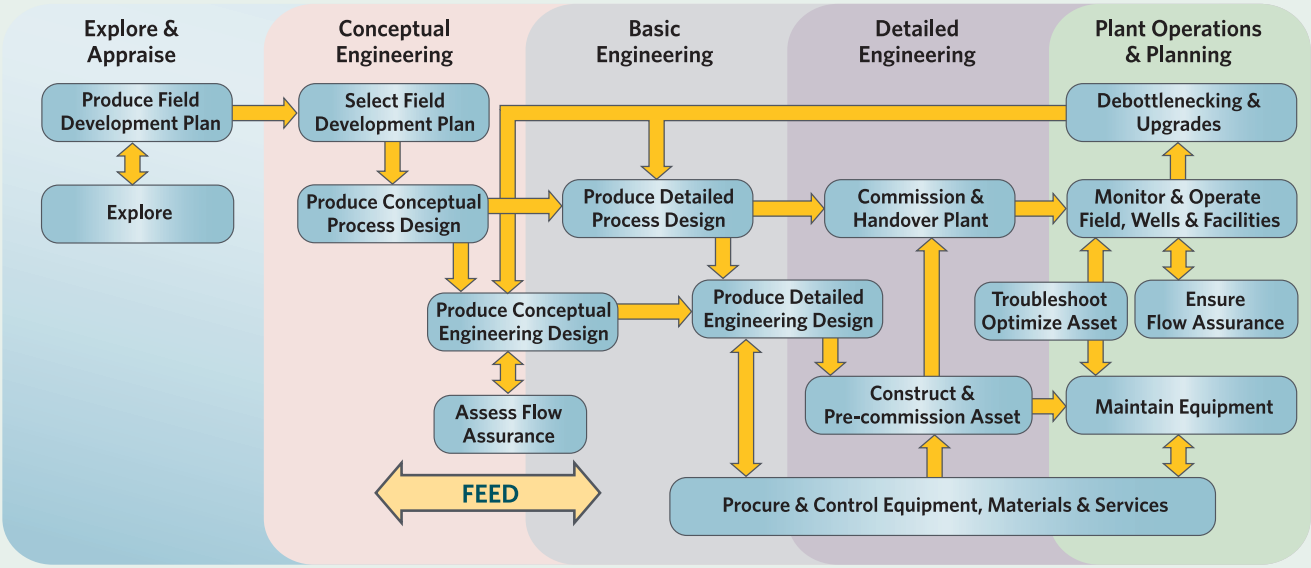
شکل ۸: مقایسه روش‌های مختلف طراحی و مهندسی



شکل ۹: دوره حیات یک پروژه فراساحل

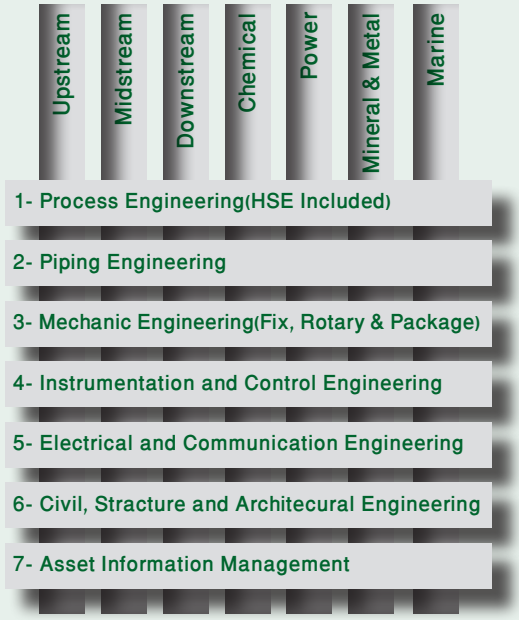


شکل ۱۰: دوره حیات یک پروژه در بخش ابزاردقیق و کنترل، در این تصویر مراحل انجام پروژه در بخش ابزاردقیق و کنترل را از مرحله گردآوری اطلاعات اولیه تا خرید، نصب، راه‌اندازی و همچنین تهیه نقشه‌های طبق ساخت و مدارک نهایی پروژه نشان داده شده است. علاوه بر آن در این تصویر سعی شده تقدم و تاخر مدارک نسبت به یکدیگر و ارتباط میان بخش‌های مختلف مهندسی نیز نشان داده شود.



شکل ۱۱: دوره حیات یک پروژه در محیط یکپارچه متعلق به Aspentech

توجه داشت که بخش طراحی و مهندسی تا انتهای مراحل راه‌اندازی و تحویل پروژه نیز درگیر پروژه خواهد بود. از سوی دیگر مراحل انجام یک پروژه ممکن است با اضافه کردن مراحل توسعه فناوری طولانی‌تر شود. به صورت معمول در پروژه‌های حوزه نفت و گاز ترجیح داده می‌شود که یک فناوری تحت عنوان لیسانس خریداری شود و از تجهیزات نرمال و توسعه‌داده شده استفاده شود. اما گاهی لازم است یک فناوری فرایندی توسعه‌داده شود و در کنار آن ممکن است به ساخت و توسعه یک تجهیز نیز نیاز باشد. به عنوان مثال برای ساخت یک پالایشگاه گاز با ترکیب نرمال می‌توان از فناوری‌های موجود استفاده نمود، اما برای استحصال منابع Shale احتمالاً نیاز به توسعه یک فناوری می‌باشد. مراحل توسعه در بالادستی و فراساحل با مراحل معمول تاسیسات خشکی تفاوت داشته یا حداقل از نظر نام گذاری تفاوت دارد.



شکل ۱۲: صنایع مختلف و بخش‌های هرکدام

شکل ۸ مراحل طراحی و مهندسی را از دیدگاه توسعه دهندگان مختلف نشان می‌دهد. ردیف ۱ مراحل طراحی و مهندسی سنتی را نشان می‌دهد. هرکدام از ردیف‌های ۲ تا ۶ مراحل طراحی و مهندسی را از دیدگاه یکی از شرکت‌های پیشرو در این حوزه نشان می‌دهد. در مجموع در ردیف‌های شش‌گانه شکل ۸ یکسری فعالیت‌های مشابه انجام می‌شود و تفاوت عمده در این ردیف‌ها تقسیم‌بندی و زمان شروع هر فعالیت می‌باشد. در شکل اشاره شده همچنین شروع مهندسی در پروژه‌های Greenfield و پروژه‌های Brownfield یا پروژه‌های Revamp را نیز نشان می‌دهد.

۹ یکپارچه‌سازی طراحی

با پیشرفت در حوزه IT و توسعه سامانه‌های نرم‌افزاری امروزه امکان طراحی یکپارچه همه بخش‌های یک پروژه بر روی یک Platform امکانپذیر شده است. شرکت‌هایی نظیر Aspentech, Bentely یا Aveva در این زمینه پیشگام می‌باشند. علاوه بر محیط طراحی در سال‌های اخیر مدیریت مدارک طراحی و همچنین مدیریت مهندسی نیز کاملاً رایانه‌ای شده است. در یک گام جلوتر با معرفی OTS یا VPS در عمل شبیه‌سازی در مرحله طراحی با محیط شبیه‌سازی برای آموزش اپراتورها و همچنین محیط کنترل فرایندها در هنگام بهره‌برداری یکپارچه شده است. در این زمینه تقریباً همه سازندگان DCS نظیر Emerson با معرفی DeltaV OTS و شرکت‌های دیگر نظیر RSI با معرفی Indiss در این زمینه فعال می‌باشند.

۱۰ توسعه، دانش‌فنی و فناوری

ارتقاء و توسعه روش‌ها و فرایندهای طراحی و مهندسی پروژه مستلزم توسعه مستمر این روش‌ها و فرایندها می‌باشد. شواهد نشان می‌دهند که توسعه طراحی خصوصا طراحی پایه جامع درپروژه باعث می‌گردد تا ارزش پروژه برای شرکت‌ها افزایش یافته و به مشکلات پیش بینی نشده کمتری در طول اجرای پروژه برخورد کنند. باید درنظر داشت که توسعه و ارتقاء طراحی و مهندسی رایگان نیست و باید دستیابی به سطوح بالا در این بخش هزینه پرداخت. اما در اولین پروژه بعد از ارتقاء سیستم به سرعت هزینه‌ها مستهلک شده و به مقدار قابل توجهی به سود پروژه افزوده خواهد شد.

به هرحال توسعه و ارتقاء روش‌ها، کسب، ثبت و ارتقاء دانش‌فنی و مستندسازی تجارب و نوآوری‌ها و استمرار این فرایند باعث خواهد شد در طولانی مدت کسب و کار مهندسی را در یک سازمان کاملاً سود ده و اقتصادی می‌کند. به هرحال باید توجه داشت که یک شرکت مهندسی نظیر Worley Parsons با بیش از ۷۰ هزار نفر پرسنل در سال ۲۰۱۳ میلادی بیش از ۲ میلیارد دلار درآمد داشته است.

منابع

1: The oil and gas engineering guide, Herve Baron; 2015 Technip
2: Engineering Data Book; Gas Processors Suppliers Association; 2012 GPSA
3: Manual for the prepartion of Industrial Feasibility Studies; W.Behrens,1991 UNIDO
4: www.zeppelin-systems.com