



## Oil & Gas Engineering

نویسنده: محمدرضا نجفی زاده

# مهندسی در پروژه‌های نفت و گاز

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 چهارم مهندسان عصر جدید می‌باشند. ولتا، فارادی، جیمزوات، ماکسول و هرتر از مهندسان مشهور این عصر محسوب می‌گردند.

آنچه در بررسی تاریخ مهندسی به خوبی مشهود است، گسترده بودن پهنه مهندسی است، همانگونه که چینی‌های باستان مفهوم راکت یا استفاده از گاز طبیعی را می‌شناختند، ایرانیان نیز در ذوب مس متبحر بوده‌اند و یونانیان بنیان‌گذار هندسه بوده‌اند و در آنطرف اقیانوس اطلس نیز در قاره آمریکا زیگورات‌هایی مشابه زیگورات چغازنبیل بنا می‌کردند یا مایاها تقویم با دقت فراوان استخراج می‌کردند. 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، کته‌زیبوس، هرون، تالس، بطلیموس و ... همگی مشاهیری بوده‌اند، که توسعه هندسه، ریاضی و علوم عملی و مهندسی را پایه‌گذارند. 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 مقدم بودن آنها در امور مهندسی شد. ساخت بناهایی نظیر تخت جمشید یا کعبه زرتشت به خوبی وضعیت ایران را در آن دوره نشان می‌دهد. در عصر شکوفایی علم در دوره اسلامی دانشمندی نظیر رازی (کشف الکل و همچنین تقطیر نفت و تولید کروسین را برای اولین بار به اونسبت می‌دهند)، ابن‌هیثم (متقدم در شناخت نور)، شیخ‌بهائی، جابرین حیان، ابوریحان بیرونی، عمر خیام، خواجه‌نصیرالدین طوسی، خوارزمی و ... همگی مهندسان یا ریاضی‌دانان بزرگ و موثر در حوزه مهندسی و فناوری می‌باشند.

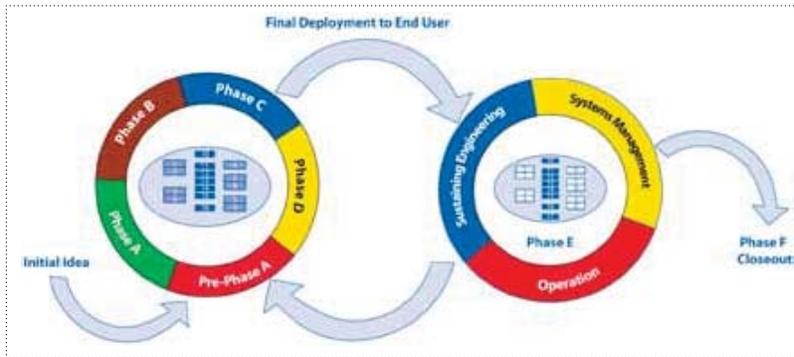
همانند برخی از فعالیت‌ها نمی‌توان برای مهندسی و معرفی اولین مهندسان، به صورت دقیق نقطه شروعی را مشخص کرد و فرد خاصی را به عنوان اولین مهندس معرفی کرد، زیرا مهندسی مفهومی با تعریف دقیق نمی‌باشد. شاید تولید آتش در هزاران سال پیش به وسیله سنگ‌چخماق یا توجه به سطح دانش آن‌روز بشر، یک فعالیت مهندسی تلقی شود و شاید ساخت ظروف سفالی یا فلز کاری تعاریف بهتری از فعالیت مهندسی باشند. اما ساخت بناهایی شگفت‌انگیز و تاریخی نظیر فانوس اسکندریه، تخت جمشید، اهرام مصر، اکروپولیس در یونان، ساخت دیوار چین یا لوله کشی و استفاده از گاز طبیعی برای تهیه آب شیرین در چین و آب‌بندی بناها با قیر و کشف الکل و تقطیر کروسین توسط زکریای رازی در ایران، بدون دانش مهندسی، امکان‌پذیر نمی‌باشد. به نظر می‌رسد اولین مهندسان تاریخ را بتوان به ۳ دسته تقسیم کرد: **دسته اول** مهندسان گمنام نظیر آنانکه در ساخت اهرام مصر (اولین مهندس معمار مطابق روایات تاریخی ایم‌حتب 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 «ایم‌حتب» تا حدی شناخته‌شده می‌باشد اما مهندسان این دوره غالباً شناخته‌شده نیستند و حتی روش کار آنها نیز در پرده‌ای از ابهام باقی مانده است. **دسته دوم** دانشمندانی معروفی نظیر ارشمیدس، کته‌زیبوس Ctesibius، هرون Heron، زکریای رازی، خواجه‌نصیرالدین طوسی و الجزری (پدر علم رباتیک) می‌باشند، این مهندسان اغلب برای مردم شناخته‌شده می‌باشند و متعلق به دوران شکوفایی علم در یونان، اسکندریه، ایران و همچنین دوره اسلامی می‌باشند. **دسته سوم** مهندسان عصر رنسانس می‌باشند، از متقدمین این دوره می‌توانیم به William Gilbert



0 1 2 3 4

Needs Identification Concept Exploration Pre-Feasibility Feasibility Detail Design Construct & Commission

FEL 1 FEL 2 FEL 3



مهندسی گسترش یافت و کامپیوتر سرعت و دقت در تولید مدارک را به نحو چشمگیری بالا برد. به طوری که در حال حاضر علاوه بر طراحی و چاپ اصل نقشه توسط کامپیوتر، محاسبات، شبیه سازی، مدل سازی، و در نهایت مدیریت مدارک نیز توسط کامپیوتر انجام می شود.

#### ب- مدیریت مدارک فنی

با بزرگ و پیچیده شدن پروژهها به ویژه پروژههای نفت، گاز و پتروشیمی امکان کنترل و جریان مناسب تولید مدارک فنی، به تدریج موجب ایجاد بخش کنترل پروژه و کنترل مدارک فنی شد و وظیفه سامان دادن به وضعیت مدارک فنی برعهده این بخش قرار داده شد. برخی تاریخچه کنترل پروژه را به احداث تخت جمشید، اهرام مصر و دیوار چین نسبت می دهند زیرا که احداث این بناها بدون مدیریت و کنترل مناسب پروژه بعید به نظر می رسد، از طرف دیگر کورش کبیر، خشایارشا و داریوش بزرگ هر کدام دست به اقداماتی زده اند که لازم بوده قبل از آن به صورت جدی طرح بررسی و زمانبندی شود.

در عصر جدید کنترل پروژه به صورت کاملاً علمی رشد کرده و به یکی از عوامل مهم در کاهش زمان ساخت و کاهش هزینه تبدیل شده است. در ایالات متحده از هنری لورنس گانت **Henry Laurence Gantt** به عنوان «پدر علم مدیریت پروژه» یاد می کنند، او در سال ۱۹۱۰ میلادی، روش برنامه ای کنترل و مدیریت پروژه را معرفی کرد. روش ارائه شده توسط وی در جنگ جهانی اول تاثیر زیادی در کوتاه کردن زمان ساخت تجهیزات صنعتی به ویژه کشتی های باری داشت. از ابتدای دهه ۱۹۵۰ میلادی استفاده از روش های نوین مدیریت و کنترل پروژه وارد مرحله جدیدی گردید، از این تاریخ به بعد می توان گفت، انجام تمام پروژه های صنعتی به ویژه پروژه های نفت و گاز به کنترل پروژه و همچنین تهیه نقشه های ساخت و اجراء گره خورده است. با توضیحات تاریخی داده شده به نظر می رسد، علاوه بر اهمیت تهیه نقشه های ساخت

در زبان انگلیسی **Engineering** به معنای

مهندسی می باشد. این کلمه از **Engine'er** به معنای کسی که با موتور کار می کند، می باشد. خود کلمه **engine** از کلمه لاتین **ingenium** گرفته شده است. اگر چه سابقه مهندسی همانگونه که اشاره شد 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 فعالیت های نظامی را در بر می گرفت و به میزان قابل توجهی نیز این امور پیشرفت نمودند، در ادامه مهندسی **Civil** در مقابل **Military** به مفهوم مهندسی در کلیه رشته ها به غیر از امور نظامی سرآغاز تحول در علوم مهندسی شد، امروزه مهندسی سیویل تنها بخشی از کل مهندسی را تشکیل می دهد و عمدتاً در ارتباط با ساختمان سازی، ساخت تاسیسات، احداث راه ها، پل و همچنین امور مرتبط با آب نظیر سد سازی و علوم محیطی می باشد.

#### الف- نقشه و مدارک فنی

در یک نگاه کلی به مهندسی، می بینیم مهندسی کاملاً با محاسبه و تولید مدارک و نقشه های فنی گره خورده است. به همین دلیل یک اشاره کوتاه به تاریخچه نقشه و مدارک خواهیم داشت.

تهیه و استفاده از نقشه تا قرن ۱۵ میلادی به کندهی پیشرفت می کرد تا اینکه در سال های میانی این قرن، لئوناردو داوینچی که علاوه بر طرح های هنری به طراحی فنی و همچنین رسم آناتومی انسان علاقه داشت، یک شکل ابتدائی از توربین بخار را رسم کرد، به همین دلیل او را از پیشگامان طراحی نقشه های فنی به حساب می آورند، اما در واقع باید نقشه کشی بر مبنای اصول علمی و فنی را به **Gaspard Mounge** فرانسوی نسبت داد، او در سال ۱۷۹۸ میلادی کتابی به نام هندسه ترسیم منتشر کرد، و در عمل بنیان گذار نقشه کشی مدرن محسوب می شود. از این زمان به بعد علاوه بر توسعه نقشه کشی ساختمانی، استفاده از نقشه کشی در رشته های دیگر به ویژه در بخش مکانیک به سرعت رشد نموده است. این رشد به شکلی است که در حال حاضر اجرای یک کار ساده ساختمانی یا تاسیساتی بدون نقشه بسیار دور از ذهن و منطقی به نظر می رسد.

با اختراع کامپیوتر و توسعه سریع آن، استفاده از نرم افزارهای کامپیوتری در تولید و مدیریت مدارک

معنای کلمه مهندسی

در زبان انگلیسی

**Engineering**

می باشد. این کلمه از

**Engine'er** به معنای

کسی که با موتور

کار می کند،

می باشد. خود کلمه

**engine** از کلمه

**ingenium** لاتین

اخذ شده است. اگر

چه سابقه مهندسی

همانگونه که اشاره

شد به حداقل ۴۶۰۰

سال پیش

برمی گردد، اما

استفاده علمی و

توسعه یافته از عنوان

مهندسی به انقلاب

صنعتی بر می گردد.

به یک صورت می‌باشد. شکل ۲ جریان پروژه را از ابتدا تا تحویل مدارک نهایی پروژه **Final Book** نشان می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌نمائید که در بخش مقدماتی **Preliminary** بعد از تعریف پروژه و انتخاب روش اجرایی مناسب، مدارک مناقصه برای انتخاب پیمانکار طراحی پایه **Basic Design** انجام می‌شود. در این مرحله (فاز اول) علاوه بر طراحی پایه، برآورد اولیه هزینه و مدت انجام کار نیز انجام می‌شود، نقشه‌های **P&ID** و **PFID**، نقشه جانمایی کلی و برگه مشخصات کالا **Specification** از مهمترین مدارک تولید شده در این فاز می‌باشند.

در مرحله بعد (فاز دوم) طراحی نهایی **(Front End Engineering and Design) FEED** انجام می‌شود. در این مرحله مدارک اصلی و اجرایی پروژه تولید می‌گردد. همانگونه که در شکل ۲ 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 نهایی می‌گردد و مورد استناد کلیه بخش‌های پروژه قرار می‌گیرد. فاز دوم پروژه، طراحی تفصیلی **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

و اجراء در پروژه‌های صنعتی، درک مناسب از مفاهیم پروژه، شناخت کامل جریان پروژه و در نهایت شناخت کامل مدارک مهندسی تاثیر زیادی در کاهش هزینه و زمان اجراء پروژه‌ها و افزایش کیفیت ساخت، در پی خواهد داشت. به همین دلیل یک مجموعه مباحث دنباله‌دار خواهیم داشت، در ابتدا برخی از کلمات کلیدی را توضیح می‌دهیم و روال تولید مدارک مهندسی را توضیح می‌دهیم و در ادامه این مبحث و در شماره‌های آتی به معرفی مدارک مهندسی در پروژه‌های کوچک نظیر مرکز انتقال نفت، ایستگاه‌های تقویت فشار گاز و خطوط انتقال نفت و گاز و سپس به معرفی مدارک در پروژه‌های بزرگ و به صورت مشخص و ویژه پالایشگاه گاز خواهیم پرداخت. در کنار این بخش به صورت منظم بخش معرفی استانداردها را نیز ادامه خواهیم داد.

### ج- پروژه چیست؟

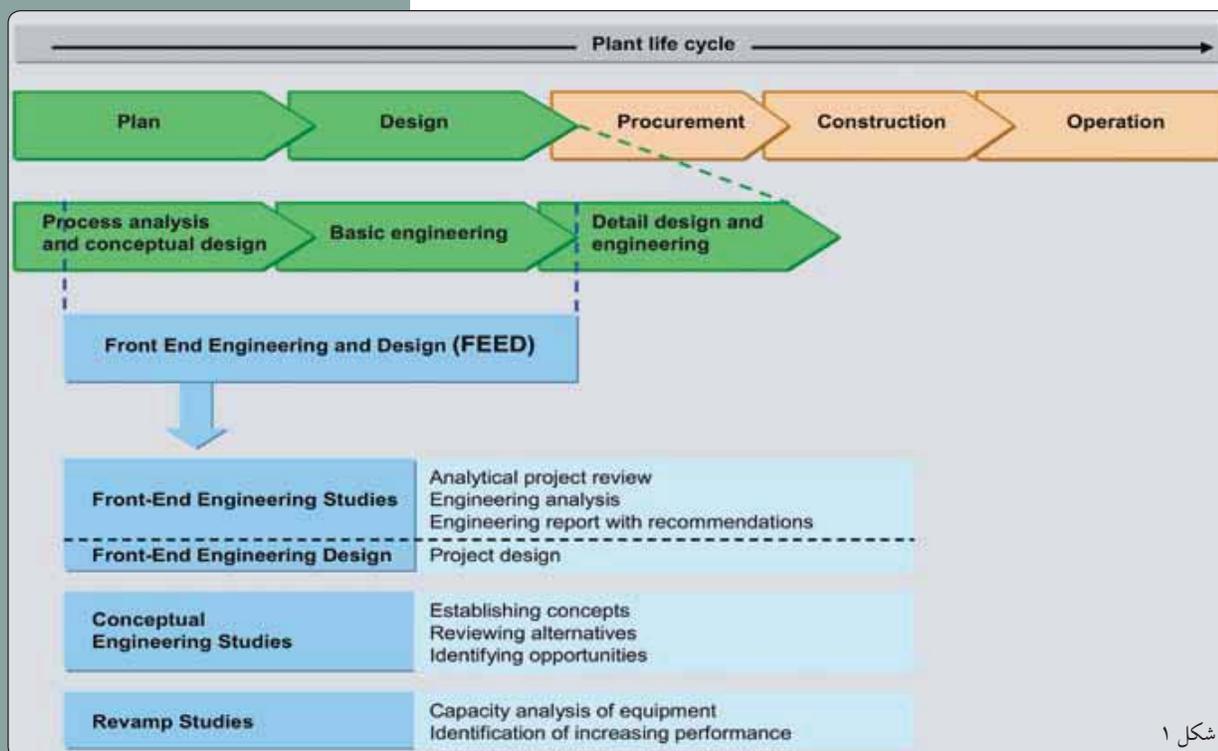
پروژه فعالیت موقتی است که هدف از آن ساخت و ایجاد تاسیسات، برقراری یک سرویس جدید و یا نوسازی تاسیسات موجود با یک بودجه مشخص می‌باشد. هر پروژه دارای زمان شروع و پایان معین می‌باشد، پروژه معمولاً از تعدادی فعالیت جزء مرتبط با یکدیگر و احتمالاً متوالی تشکیل می‌شود، این فعالیت‌ها معمولاً دارای معیارهای قابل سنجش (دارای وزن) می‌باشند و همچنین این فعالیت‌ها دارای برنامه زمانی، منابع و هدف مشخص می‌باشند و در نهایت به هدف نهایی و از پیش تعیین شده پروژه منتهی می‌شوند.

### د- پروژه مهندسی چیست؟

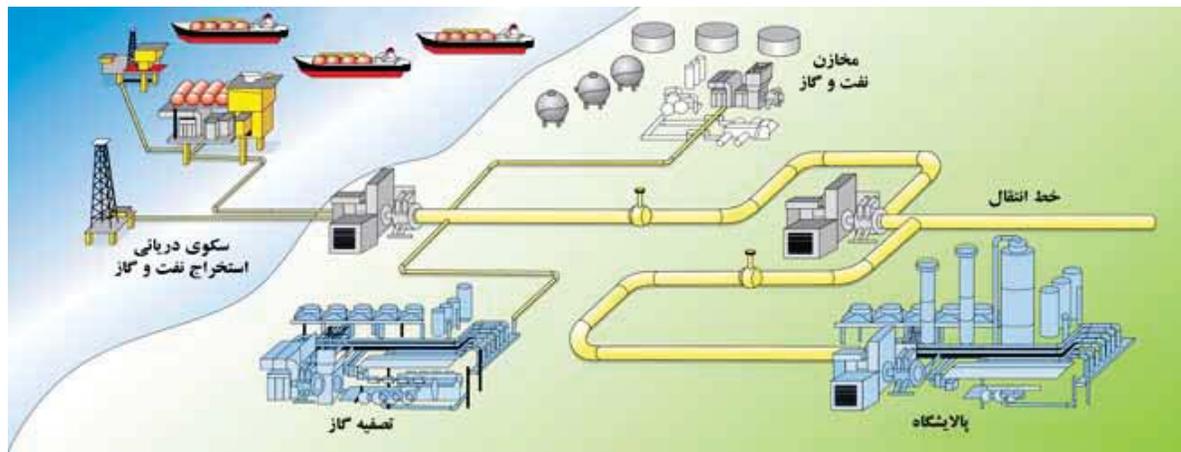
به طراحی یک کارخانه، خطوط تولید و یا تهیه نقشه‌های ساخت و پلان نظارت بر آن، پروژه مهندسی اطلاق می‌گردد. برخی از پروژه‌های مهندسی مرتبط با توسعه ایده‌های جدید، یافتن راه‌حل مشکلات موجود یا ارتقاء خط تولید یا سرویس می‌باشند. پروژه‌های مهندسی می‌توانند به صورت مستقل نظیر پروژه طراحی مقدماتی یک پروژه صنعتی اجرا شوند و یا به صورت جزئی از یک پروژه **EPC** در ابتدای این نوع از پروژه‌ها انجام شوند. در این حالت بخش مهندسی تا انتهای مرحله خرید کالا و نصب و راه‌اندازی در کنار پروژه باقی خواهد ماند.

### ه- جریان پروژه Project Flow

جدای از اینکه پروژه به صورت قیمت مقطوع **Lump-Sum**. کلید در دست **Turnkey** یا مهندسی-خرید کالا - اجراء **EPC** انجام شود، و اینکه سرمایه‌گذار کی می‌باشد. جریان پروژه از ایده ابتدایی تا طراحی تفصیلی تقریباً



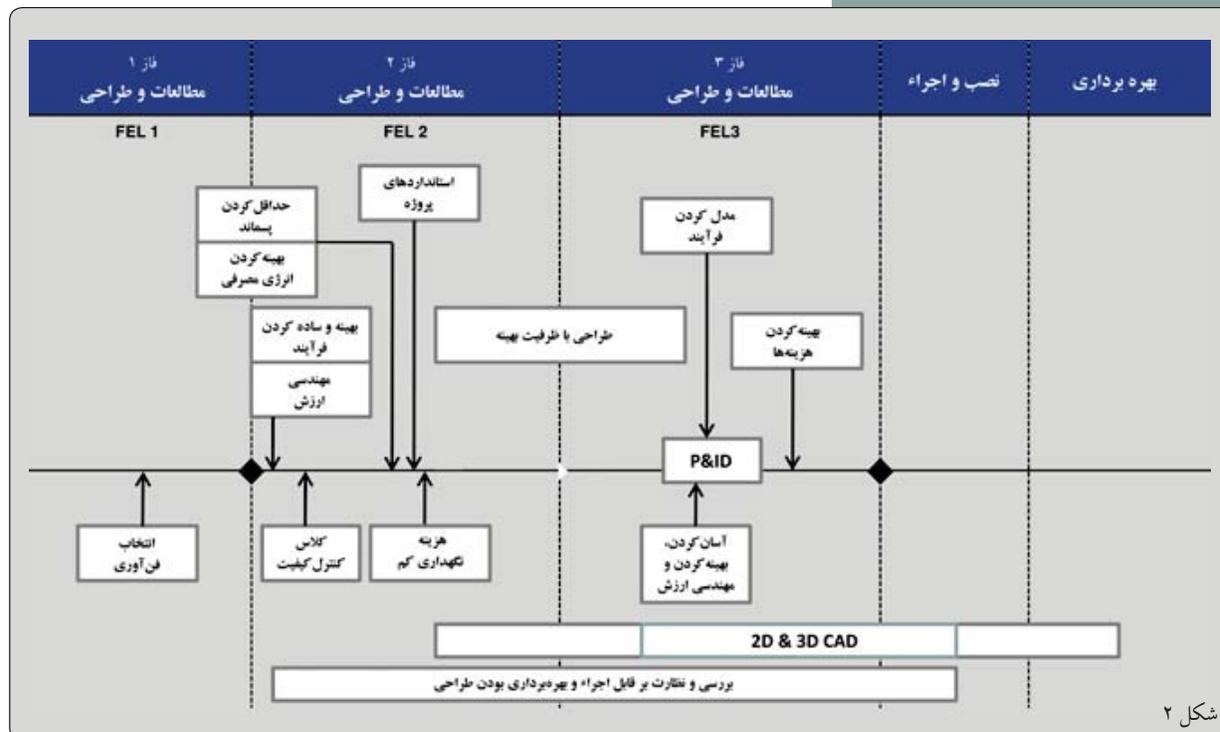
شکل ۱



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 ۲ یک نمونه از طراحی بر حسب مدل FEL (Front End Loading) را 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 تفصیلی 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 نهایی انجام شده و پروژه به بهره‌بردار تحویل می‌گردد.

شود. بنابراین مهندسی خرید نیز بخشی از فعالیت‌های مهندسی محسوب می‌گردد. تهیه مدارک نهایی شامل مدارک راه‌اندازی Start up، مدارک بهره‌برداری و تعمیرات Operating & Maintenance Manual و نقشه‌های طبق ساخت Asbuilt را می‌توان آخرین مراحل مهندسی یک پروژه دانست. در شکل‌های ۱ و ۲ محدوده FEED را مشاهده می‌نمائید. بخش اصلی طراحی یک پروژه می‌باشد که با مطالعات نهایی 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 تفصیلی تقسیم می‌شد. در این روش رابطه متقابل بخش مهندسی با بخش‌های خرید کالا و اجراء بسیار کم می‌باشد، به همین دلیل



شکل ۲