

مهندسی معکوس

1- مقدمه

بی شک شناخت محصول و درک عوامل مؤثر در مشخصه‌های آن، اولین پیش‌نیاز بهبود کیفیت و نوآوری است که لازمه آن درک مهندسی از میانی عملکردی قطعه است. مهندسی معکوس برای بازیابی و تشخیص اجزای متشکله یک محصول به ویژه در صورت عدم دسترسی به طراحی اولیه، کاربرد داشته و برای نگهداری، گسترش و توسعه امکانات موجود و مهندسی مجدد (RE-ENGINEERING) مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش، روش پذیرفته‌ای برای کشورهای در حال توسعه به شمار می‌رود. در این فرایند ابتدا میزان کمبود اطلاعات فنی برای پشتیبانی از تولید یک محصول معین می‌شود. سپس با انجام یک کار تیمی منسجم، متشکل از متخصصان و محققان رشته‌های مختلف علوم پایه به همراه مدیریت و سازماندهی مناسب تشکیلات تحقیقاتی و توسعه‌ای (R&D) سعی می‌شود مدارک و نقشه‌های خاص طراحی محصول به دست آید. با در نظر گرفتن مشخصات، هدف و شرایط طراحی محصول، استانداردهای ملی و رایج و همچنین پوشش دادن نقاط مجهول و ناشناخته سعی می‌شود مراحل نمونه‌سازی و نیمه‌صنعتی و در صورت لزوم ساخت و تولید محصول انجام گردد.

فعالیت‌های تحقیق و توسعه به مفهوم عام همیشه دو محصول را به همراه داشته است: یکی دانش و معلومات و دیگری فناوری و فن. نقش فعالیت‌های تحقیق و توسعه در ایجاد فناوری تا حدی است که اندیشمندان گفته‌اند فناوری محصولی است که در کارخانجات تحقیق و توسعه تولید شده است. فناوری، شاه کلید توسعه و نیرومندترین عامل تحول اقتصادی در جوامع است. در اطلس فناوری، فناوری ترکیب پیچیده‌ای از چهار عنصر به شرح زیر معرفی گردیده است:

- سخت‌افزار و ماشین‌آلات
- دانش فنی یا ابزار اطلاعاتی
- توانایی‌ها شامل مهارت‌ها و ابتکارات انسانی
- سازماندهی و مدیریت فناوری شامل مکانیسم‌هایی است که برای تسهیل در ادغام مؤثر عناصر بالا مورد نیاز است.

حال که اهمیت فناوری در توسعه ملی و نقش تحقیق و توسعه در دستیابی به فناوری مورد یادآوری قرار گرفت به بیان مراحل عمر فناوری‌ها می‌پردازیم. سیکل عمر هر فناوری شامل این مراحل است:

- مرحله طراحی
- مرحله معرفی
- مرحله رشد
- مرحله بلوغ و اشباع
- مرحله افول.

2- استراتژی‌های دستیابی به فناوری و محصولات

اصولاً برای دستیابی به فناوری به عنوان یک محصول صنعتی راه‌های گوناگونی وجود دارد که هر کشوری در هر یک از زمینه‌های صنعتی با توجه به ساختار علمی و صنعتی خود و میزان خوداتکایی در زمینه‌های علوم و فنون، میزان دسترسی به منابع ارزی موردنیاز، مواد اولیه داخلی، نوع و کیفیت نیروهای متخصص، روابط سیاسی بین‌المللی و منطقه‌ای آنها را به کار می‌بندد. در زیر انواع مهم استراتژی‌های دستیابی به محصول جدید و فناوری مورد نظر را بیان می‌کنیم:

- استراتژی نوآوری و طراحی تا تولید محصول از طریق فعالیت‌های تحقیق تا تولید

- استراتژی توسعه فناوری
- استراتژی کپی‌سازی و مهندسی معکوس
- استراتژی انتخاب، انتقال و بومی کردن فناوری
- استراتژی استفاده مؤثر از امکانات و فناوری موجود
- استراتژی خرید کارخانه و پروسه تولید به صورت تحویل کامل
- استراتژی خرید کالا و فناوری مورد نظر.

3- ضرورت شناخت رفتار فناوری برای انتخاب استراتژی مناسب

یکی از تصمیم‌گیری‌های استراتژیک در زمینه دستیابی به یک محصول و یا فناوری، انتخاب مناسب‌ترین روش دستیابی به آن است که این تصمیم‌گیری به مرحله رشد و توسعه آن محصول یا فناوری (در مهد شکل‌گیری و پیدایش و تکامل آن فناوری) بستگی شدیدی دارد. مثلاً اگر یک فناوری در مهد پیدایش خود (کشور اولیه) در مرحله معرفی باشد، اقدام برای دستیابی به آن از طریق انتقال فناوری کاری نسنجیده است. همچنین اگر محصول در مهد پیدایش خود در مرحله افول بوده و فناوری برتری جایگزین آن شده باشد، اقدام برای دستیابی به محصول اولی از طریق همین استراتژی، کاری مخاطره‌آمیز است.

اصولاً اقدام برای انتقال فناوری در مورد محصولاتی که در مهد پیدایش خویش مرحله معرفی را سپری کرده و در مرحله رشد هستند برای کشورهای در حال توسعه معقول‌تر است. در این صورت اقدام یک کشور در حال توسعه برای دستیابی به عین این محصول یا فناوری از طریق استراتژی تحقیق تا تولید، امری غیر اقتصادی و غیر عاقلانه خواهد بود. مگر آن که اهدافی مانند تقویت پایه‌های علمی و فنی کشور مطرح باشد که باز هم انتخاب این استراتژی احتمالاً امری مطلوب نخواهد بود. هر چه درجه تکامل یک فناوری بیشتر باشد تا قبل از مرحله افول و منسوخ شدن، استراتژی خرید محصول و فناوری مقرون به صرفه‌تر خواهد بود. استراتژی مورد نظر در این مقاله بنا بر نیازهای تکنولوژیک کشورهای در حال توسعه مانند ایران و جبران این خلاء تکنولوژیک با کشورهای پیشرفته با بیشترین سرعت، استراتژی مهندسی معکوس است که در ادامه به بیان متدولوژی آن خواهیم پرداخت.

4- متدولوژی مهندسی معکوس

مهندسی معکوس یکی از روشهایی است که شرکتها با به کارگیری آن، فرایند تکوین محصول خود را سرعت می‌بخشند. این روش در کشورهای در حال توسعه چون ایران که از نظر دانش طراحی محصول و فناوری تولید عقب‌تر از کشورهای پیشرفته هستند، پاسخی به افزایش توان طراحی و تسریع فرایند تکوین است. ایجاد یک روش منطقی و سیستماتیک برای تعیین میزان کمبود اطلاعات فنی برای پشتیبانی از تولید یک محصول و سپس انجام یک کار تیمی منسجم برای تکمیل این اطلاعات، مجموعه عملیاتی است که در فرایند مهندسی معکوس به وقوع می‌پیوندد. سطحی از اطلاعات فنی مورد نیاز که کلیه تلاشها در راستای تشخیص میزان کمبود آن و سپس رفع این کمبود اطلاعاتی است، بسته اطلاعات فنی (TECHNICAL DATA PACKAGE = TDP) نامیده می‌شود. به رغم ظرافت و نیاز به دقت بسیار زیاد در مهندسی معکوس، کاهش زمان عملیات امری بسیار مهم در این زمینه است. در اینجا شرح مختصری از فرایند کلی مهندسی معکوس و متدولوژی آن بیان می‌شود:

1-4- تجزیه و تحلیل عملکردی / اقتصادی

این فعالیت شامل 2 بخش است:

- **هدف‌گذاری و جمع‌آوری اطلاعات:** در این مرحله توسعه محصول، رفع عیب محصول و خودکفایی معرفی و سپس هدف از انجام پروژه در مورد هر یک تبیین می‌شود. هدف از فاز جمع‌آوری اطلاعات این است که کلیه مستندات جمع‌آوری شده و تولید اطلاعات و مستندات فنی در حین اجرای مهندسی معکوس آسان گردد. با روشهایی چون شناسایی موردهای مشابه، جمع‌آوری اطلاعات در زمینه تولیدکنندگان و مورد بررسی قرار دادن قطعات و مجموعه‌های مونتاژی یک سطح بالاتر که اطلاعات موجود در مورد عوامل خروجی و ورودی، قطعات مجاور و مصرف نهایی را مشخص می‌سازد، مشخصات و توضیحات مربوط به خرید قطعات، فهرست قطعات و شماتیکها که اطلاعات اولیه برای بررسی پیکربندی یک قطعه و یا یک مجموعه را در اختیار قرار می‌دهند می‌توان بسته اطلاعات فنی را به دست آورد. طبیعی است که با طبقه‌بندی سطح اطلاعاتی در فرایندهای مهندسی، این فعالیت جامع‌تر و سیستماتیک‌تر انجام می‌شود و از دوباره‌کاری‌های احتمالی جلوگیری و در هزینه‌ها صرفه‌جویی به عمل خواهد آمد.
- **ارزیابی اطلاعات و برنامه‌ریزی:** هدف از انجام این فاز، مشخص کردن سطح اطلاعات ناقص مورد نیاز و نیز تخمین هزینه انجام مهندسی معکوس است. با توجه به این سطح تخمین زده شده، برآوردهای اولیه روی تخصصها، آزمایشات، تجهیزات و ... برای اجرای مهندسی معکوس صورت می‌گیرد و پس از تخمین هزینه، تخصیص منابع و برآورد زمان معقول برای تولید این اطلاعات برای کامل کردن بسته اطلاعات فنی، نمودار گانت اجرایی پروژه ارایه می‌شود و یک نقشه برای روند کار حاصل می‌آید.

2-4- آنالیز عملکرد و دمونتاژ مورد

هر موردی می‌تواند متشکل از چند جزء (مکانیسمها و اجزای مختلف) باشد که هر یک وظیفه خاصی را برعهده دارند و برآیند آنها وظیفه مورد نظر را برای مورد به وجود می‌آورد و در این مرحله از فرایند، تیم مهندسی معکوس باید بتواند پارامترها و مشخصه‌های مهم ورودی و خروجی هر جزء را شناسایی کند. پس از شناسایی اجزاء و ورودی و خروجی‌های آن (با استفاده از قضاوت مهندسی، طراحی آزمایشات، شبیه‌سازی رایانه‌ای و ...)، باید عملکرد اجزاء با مدارک فنی موجود ممیزی شود تا مغایرت‌های آن مشخص شود (FUNCTIONAL CONFIGURATION AUDIT = فاز = FCA ممیزی عملکرد فنی اجزاء).

در ادامه اطلاعات فنی مورد نیاز اجزاء از طریق آزمایش استخراج می‌شود. (فاز PCA یا ممیزی فیزیکی اجزاء (PHYSICAL CONFIGURATION AUDIT) تفکیک و مونتاژ اجزاء، در صورتی که قابل تجزیه به اجزای سطح پایین‌تر باشد؛ می‌تواند تا رسیدن به سطح قطعه ادامه یابد تا این که یک سطح برای مونتاژ بیان شود. در تفکیک باید وظیفه عملکردی اجزای پایین‌تر شناسایی شود تا ممیزی عملکرد فنی اجزاء و ممیزی فیزیکی اجزاء بر روی آنها نیز صورت گیرد. در انتهای این مرحله بسته‌های اطلاعات فنی که طی عملیات ممیزی عملکرد فنی اجزاء و ممیزی فیزیکی اجزاء ایجاد و تکمیل شده‌اند پس از صحت‌گذاری، اطلاعات لازم درباره تهیه نقشه‌های سطح یک (که چگونگی حرکت مکانیسمها و انتقال عملکرد به اجزای دیگر را کاملاً مشخص می‌کنند) را فراهم خواهند آورد.

3-4- آنالیز سخت‌افزاری و نرم‌افزاری

این فعالیت که مهم‌ترین بخش مهندسی معکوس است شامل موارد زیر است:

- **آنالیز مواد:** با آنالیز شیمیایی و متالورژیک، مطالعه لایه‌های سطحی، اندازه‌گیری خواص مکانیکی، بررسی‌های ساختاری و عیوب انجام می‌گیرد.
- **بررسی فرایند ساخت:** با توجه به نوع سطوح فیزیکی در قطعه، فرایند ممکن برای تولید این سطوح، بررسی تنشهای سطحی و ساختار میکروسکوپی و اندازه‌گیری بعضی از ویژگی‌های غیر بحرانی مانند صافی سطح که به طور فرعی در تشخیص فرایند ساخت کمک می‌کند، انجام می‌شود.
- **آنالیز ابعادی:** که مشتمل بر مراحل چون اندازه‌گیری ابعادی، آنالیز تolerانس و آنالیز حساسیت است.

▪ **آنالیز الکتریکی - الکترونیکی در صورت نیاز:** با توجه به مشخصه‌های خروجی مدار، مسیر مدارها، مواد، روشهای زدودن پوششها، اتصالات مورد نیاز برای تولید مجدد، نتایج حاصل از این قسمت در نقشه‌های سطح 2 ثبت و ترسیم می‌شوند.

4-4- بهبود محصول و آنالیز ارزش

با استفاده از اطلاعات جدید تهیه شده هنگام فرایند و انجام بازنگری مهندسی ارزشی در کاندیداهای در نظر گرفته شده برای مهندسی معکوس می‌توان برخی از حوزه‌های پر هزینه مثل عیوب طراحی، طراحی اضافی، عملکرد بهبود، محدودیت‌های بیش از حد در مورد تolerانسها، نیازمندی‌های بیش از اندازه برای عملکردها و ... را آشکار و آنها را قبل از تکمیل فرایند اصلاح کرد.

4-5- برنامه‌ریزی فرایند تولید و تهیه ملزومات تضمین کیفیت

در این مرحله کلیه بسته‌های اطلاعاتی که تاکنون کامل شده از دیدگاه قابلیت تولید و فرایندهای ساخت مورد توجه قرار می‌گیرند. به طور خلاصه خروجی این مرحله به ایجاد نقشه‌های سطح 3 منجر می‌شود که ملزومات ضروری و مورد نیاز واحدهای طراحی، مهندسی، ساخت و کنترل کیفیت را برای دستیابی یا ساخت آیتم مورد نظر شامل می‌شود. به طور کلی نقشه‌های سطح 3 نتیجه فرایند مهندسی معکوس بوده که شامل کلیه پارامترهای مستندسازی شده لازم جهت تولید یک آیتم خواهند بود و هدف از انجام آن تصدیق و تأیید دقت بسته اطلاعات فنی برای پشتیبانی از تولید قطعات است تا از این طریق اطمینان کافی از صحت و دقت و کامل بودن نقشه‌ها و مشخصه‌های ایجاد شده توسط فرایند مهندسی معکوس حاصل شود.

4-6- تهیه مستندات نهایی

در هنگام ساخت و تست محصول تولیدی در فاز تولید نمونه، بسیاری از نقشه‌های مهندسی و رویه‌های تست، چندین بار بازنگری و اصلاح می‌شوند که تمام سطوح بازنگری شده از سطح صفر تا آخرین نتایج باید در بسته اطلاعات فنی قرار داده شوند. با اضافه شدن اطلاعات به دست آمده از بازرسی‌ها و اطمینان کیفیت نمونه‌های تولیدشده، به بسته اطلاعات فنی، یک بسته اطلاعات فنی کامل شده به دست می‌آید و پس از مطابقت با استانداردهای بسته‌های اطلاعات فنی در انتها یک بسته اطلاعات فنی نهایی کامل در ارتباط با محصول که هدف فرایند مهندسی معکوس است، به دست می‌آید.

5- مزایا و دستاوردهای مهندسی معکوس

- ایجاد توانایی و تقویت تکنیکی - فناوری ساخت از طریق شناخت و درک کامل محصول (اخذ دانش فنی محصول) و به وجود آوردن اعتماد به نفس در مهندسان و کارشناسان صنعت در مواجهه با صنایع و فناوری‌های داخلی.
- مکان طراحی یک محصول بهنگام، در سطح استانداردهای جهانی با کشف راههای جدید بهبود و توسعه محصول، در جهت ارضای نیازهای مشتری مثل عملکرد بهتر، افزودن ویژگی‌ها و رفع نواقص محصول.
- ارضای نیازهای بازار مثل تغییر فناوری یا بهبود آن و کاهش هزینه
- ایجاد توان بالقوه جهت جذب، در انتقال فناوری‌های پیشرفته
- تربیت نیروی متخصص مورد نیاز در صنایع استراتژیک
- به وجود آوردن قدمهای سیستماتیک برای کمک به درک و مستندسازی طراحی و فرایند طراحی
- امکان الگوبرداری رقابتی در جهت درک محصولات رقبا و توسعه بهتر محصولات خود
- امکان انجام مهندسی مجدد با استفاده از دانش فنی اخذ شده به وسیله مهندسی معکوس.

6- نتیجه‌گیری

مهندسی معکوس یکی از روشهای دسترسی به دانش فنی است. لازمه اجرای این روش وجود نمونه‌هایی از محصول است که مبنای کار تحقیقات قرار می‌گیرد. در این روش برای دستیابی به دانش فنی به برون‌فکنی اطلاعات فنی از طریق تجزیه محصول متوسل می‌شویم که اصطلاحاً کشف کردن (DEFAKTAGE) دانش فنی نامیده می‌شود. در این فرایند کارشناسان مربوطه، مشخصات، هدف و شرایط طراحی محصول را در نظر گرفته و سعی در ساخت و تولید محصول طبق استانداردهای ملی و رایج خود دارند و نقاط مجهول و ناشناخته مسأله را نیز با درایت و بررسی‌های کارشناسی و تحقیقات پوشش می‌دهند، بدون این که از ابتدا درگیر جزئیات فنی و طراحی محصول شده باشند. شاید بتوان از مهندسی معکوس به عنوان کپی‌برداری آگاهانه از یک محصول نام برد. روشی که عده‌ای از کشورهای شرق آسیا و اروپا بعد از جنگ جهانی دوم عملاً پیاده کردند و در حال حاضر جزو کشورهای پیشرفته و صنعتی محسوب می‌شوند.

در هر صورت تجربه‌های مفیدی که در دهه اخیر با حمایت طرح اعطای کمکهای فنی و تکنولوژیک به صنایع به وسیله تأمین سرمایه ارزان و حمایت‌های دولتی از طریق سیاستگذاری مناسب مالیاتی و ... روی موضوعها و محصولات مختلف در کشور صورت گرفته، همه مؤید بهره‌وری و مثمر ثمر بودن این استراتژی در پاسخ به نیازهای کشور است. نکته جالب این که کارشناسان داخلی با چنین تجربه‌هایی اعتماد به نفس و جسارت فنی لازم برای مواجهه با کارشناسان خارجی در مرحله انتقال فناوری را پیدا می‌کنند و بدیهی است در این صورت شرایط جذب کامل مراحل انتقال فناوری، شناختن نقاط کور فنی و علمی صنایع داخلی و سعی در برطرف کردن آن، جهت دادن صحیح به انتقال فناوری، مشاوره با مسئولان در راستای تصمیم‌گیری و عقد قراردادهای تولید و مشارکت با شرکتهای خارجی و ... فراهم خواهد آمد.

از مهندسی معکوس در زمینه‌های مختلف سخت‌افزاری و نرم‌افزاری از جمله: برای غلبه بر عیبها یا گسترش توانایی‌های دستگاههای موجود، تهیه قطعات یدکی و ایجاد مراکز تعمیر و نگهداری دستگاههای پیشرفته به عنوان ابزاری برای یادگیری، ابزاری برای ساختن محصولات جدید و سازگار که از محصولات موجود در بازار ارزان‌تر باشند، ابزاری برای رقابت و ابزاری برای بالا بردن کارایی نرم‌افزارها مورد استفاده قرار می‌گیرد و در حیطه‌های سخت‌افزار و نرم‌افزار رایانه‌ای اهمیت ویژه‌ای دارد.

برگرفته از سایت راهکار مدیریت