

مهندسی معکوس

مهندسی معکوس

دکتر سید محمد حسین حججی
 hojjati20@yahoo.com
 مهندس عباس طالب پیدختی
 a_beydokhti@iaug.as.ir

چکیده

طی سالهای اخیر مقوله ای چون توسعه بازار و صادرات از جمله مواردی بوده که بسزرگترین دغدغه خاطر مدیران ارشد سازمانهای مهندسی و تولیدی را به خود اختصاص داده است. سوالی که همیشه مطرح بسوده، این است که چگونه می توان در کوتاهترین زمان فاصله خود را با کشورهای پیشرفته کاهش داد و در بازرگانی جهانی سهم مناسبی داشت؟ بررسی کشورهای که مانند کشور ما فناوری را به مرور زمان به دست نیآورده و در مقطعی از زمان سعی در احاطه یافتن بر آن داشته اند، نشان می دهد که در اولین گام، اقدام به استفاده گسترده از روش مهندسی معکوس جهت درک اولیه محصولات و سپس ساخت و ارتقای آنها با توجه به نیازهای خود روش مناسبی است. اشاعه و نظارت بر حسن اجرای فرایند سیستماتیک مهندسی معکوس و به کارگیری ابزارها و تکنیک های مهندسی در این فرایند نیز می تواند تاثیر بسزایی در دستیابی به دانش فنی محصولات تولیدی (که اکنون به

دلیل عدم به کارگیری به صورت سیستماتیک، محقق نشده) در کمترین زمان و با حداقل هزینه، داشته باشد. در این مقاله ضمن بیان استراتژی های مختلف فناوری، جایگاه تحقیق و توسعه در دستیابی به آنها و سپس انتخاب استراتژی مهندسی معکوس به عنوان یک راه مناسب پیشرفت برای کشورهای در حال توسعه، متدولوژی این سیستم به صورت خلاصه ارائه شده است.

مقدمه

بی شک شناخت محصول و درک عوامل موثر در مشخصه های آن، اولین پیش نیاز بهبود کیفیت و نوآوری است که لازمه آن درک مهندسی از مبانی عملکردی قطعه است. مهندسی معکوس برای بازیابی و تشخیص اجزای متشکله یک محصول بویژه 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 می گیرد.

این روش، روش پذیرفته ای بس برای کشورهای در حال توسعه به شمار می رود. در این فرایند ابتدا میزان کمبود اطلاعات فنی برای پشتیبانی از تولید یک محصول معین می شود. سپس با انجام یک کار تیمی منسجم، متشکل از متخصصان و محققان رشته های مختلف علوم پایه به همراه مدیریت و سازماندهی مناسب تشکیلات تحقیقاتی و توسعه ای (R&D) سعی می شود مدارک و نقشه های 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 می شود مراحل نمونه سازی و نیمه صنعتی 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 تاحدی است که اندیشمندان گفته اند

در این صورت اقدام یک کشور در حال توسعه برای دستیابی به عین این محصول یا فناوری از طریق استراتژی تحقیق تا تولید، امری غیراقتصادی و غیرعاقلانه خواهد بود مگر آنکه اهدافی مانند تقویت پایه های علمی و فنی کشور مطرح باشد که بازهم انتخاب این استراتژی احتمالاً امری مطلوب نخواهد بود. هرچه درجه تکامل یک فناوری بیشتر باشد تا قبل از مرحله افول و منسوخ شدن، استراتژی خرید محصول و فناوری مقرون به صرفه تر خواهد بود.

استراتژی موردنظر در این مقاله بنابر 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.

متدولوژی مهندسی معکوس

مهندسی معکوس یکی از روشهایی است که شرکتها با به کارگیری آن، فرایند تکوین محصول خود را سرعت می بخشند. این روش در کشورهای در حال توسعه چون ایران که از نظر دانش طراحی محصول و فناوری تولید عقب تر 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 می پیوندد. سطحی از اطلاعات فنی موردنیاز که کلیه تلاشها در راستای تشخیص میزان کمبود آن و سپس رفع این کمبود اطلاعاتی است، بسته اطلاعات فنی (TECHNICAL DATA PACKAGE=TDP) نامیده می شود.

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 می شود:

مرحله اول - تجزیه و تحلیل عملکردی / اقتصادی: این فعالیت شامل ۲ بخش است: الف - هدف گذاری و جمع آوری اطلاعات: در

استفاده از ابزارها و تکنیک های مهندسی معکوس می تواند تاثیر بسزایی در دستیابی به دانش فنی در کمترین زمان و با حداقل هزینه، داشته باشد.

مهندسی معکوس روش جا افتاده ای برای کشورهای در حال توسعه به شمار می رود.

صورت تحویل کامل؛

۷- استراتژی خرید کالا و فناوری موردنظر. ضرورت شناخت رفتار فناوری برای انتخاب استراتژی مناسب: یکی از تصمیم گیریهای استراتژیک در زمینه دستیابی به یک محصول یا فناوری، انتخاب مناسبترین روش دستیابی به آن است که این تصمیم گیری به مرحله رشد و توسعه آن محصول یا فناوری (در مهد شکل گیری 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 مخاطره آمیز 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 معقول تر است.

«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 پیچیده ای از چهار عنصر، به شرح زیر معرفی گردیده است.

۱- سخت افزار و ماشین آلات؛
۲- دانش فنی یا ابزار اطلاعاتی؛
۳- تواناییها شامل مهارتها و ابتکارات انسانی؛
۴- سازماندهی و مدیریت فناوری شامل مکانیسم هایی که برای تسهیل در ادغام موثر عناصر بالا موردنیاز 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 فناوری ها می پردازیم.

سیکل عمر هر فناوری شامل این مراحل است:

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

استراتژی های 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 زمینه های صنعتی با توجه به ساختار علمی و صنعتی خود و میزان خوداتکایی در زمینه های علوم و فنون، میزان دسترسی به منابع ارزی موردنیاز، مواد اولیه داخلی، نوع و کیفیت نیروهای متخصص، روابط سیاسی بین المللی و منطقه ای، آنها را به کار می بندد. در زیر انواع مهم استراتژی های دستیابی به محصول جدید و فناوری موردنظر را بیان می کنیم:

- ۱- استراتژی نوآوری و طراحی تا تولید محصول از طریق فعالیتهای تحقیق تا تولید؛
- ۲- استراتژی توسعه فناوری؛
- ۳- استراتژی کپی سازی و مهندسی معکوس؛
- ۴- استراتژی انتخاب، انتقال و بومی کردن فناوری؛
- ۵- استراتژی استفاده موثر از امکانات و فناوری موجود؛
- ۶- استراتژی خرید کارخانه و پروسه تولید به

کاملاً مشخص می کنند) را فراهم خواهند آورد. مرحله سوم - آنالیز سخت افزاری و نرم افزاری: این فعالیت که مهمترین بخش مهندسی معکوس است شامل موارد زیر است: الف) آنالیز مواد: با آنالیز شیمیایی و متالورژیک، مطالعه لایه های سطحی، اندازه گیری خواص مکانیکی، بررسیهای ساختاری و عیوب انجام می گیرد؛

ب) بررسی فرایند ساخت: با توجه به نوع سطوح فیزیکی در قطعه، فرایند ممکن برای تولید این سطوح، بررسی تنشهای سطحی و ساختار میکروسکوپی و اندازه گیری بعضی از ویژگیهای غیربهرانی مانند صافی سطح که به طور فرعی در تشخیص فرایند ساخت کمک می کند، انجام می شود.

ج) آنالیز ابعادی: که مشتمل بر مراحل چون اندازه گیری ابعادی، آنالیز تolerانس و آنالیز حساسیت است؛

د) آنالیز الکتریکی - الکترونیکی در صورت نیاز: با توجه به مشخصه های خروجی مدار، مسیر مدارها، مواد، روشهای زدودن پوششها، اتصالات مورد نیاز برای تولید مجدد.

نتایج حاصل از این قسمت در نقشه های سطح ۲ ثبت و ترسیم می شوند.

مرحله چهارم - 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 می توان برخی از حوزه های پرهزینه مثل عیوب طراحی، طراحی اضافی، عملکرد بهبود، محدودیتهای بیش از حد در مورد تolerانس ها، نیازمندیهای بیش از اندازه برای عملکردها و... را آشکار و آنها را قبل از تکمیل فرایند اصلاح کرد.

مرحله پنجم - برنامه ریزی فرایند تولید و تهیه ملزومات تضمین کیفیت: در این مرحله کلیه بسته های اطلاعاتی که تاکنون کامل شده از دیدگاه قابلیت تولید و فرایندهای ساخت مورد توجه قرار می گیرند. به طور خلاصه خروجی این مرحله به ایجاد نقشه های سطح ۳ منجر می شود که ملزومات ضروری و مورد نیاز واحدهای طراحی، مهندسی، ساخت و کنترل کیفیت را برای دستیابی یا ساخت آیتم مورد نظر شامل می شود.

به طور کلی نقشه های سطح ۳ نتیجه فرایند

استفاده از استراتژی مهندسی معکوس فاصله تکنولوژیک با کشورهای پیشرفته را کم می کند.

مهندسی معکوس کپی برداری آگاهانه از یک محصول است.

آزمایشات، شبیه سازی رایانه ای و...، باید عملکرد اجزاء با مدارک فنی موجود ممیزی شود تا مغایرتهای آن مشخص شود (FA = FUNCTIONAL CONFIGURATION AUDIT) فاز FCA = ممیزی عملکرد فنی اجزاء). در ادامه اطلاعات فنی مورد نیاز اجزاء از طریق آزمایش استخراج می شود. (FAZ = PCA یا ممیزی فیزیکی اجزاء PHYSICAL CONFIGURATION AUDIT) در صورتی که قابل تجزیه به اجزای سطح پایین تر باشد، می تواند تا رسیدن به سطح قطعه ادامه یابد تا اینکه یک سطح برای مونتاژ بیان شود. در تفکیک باید وظیفه عملکردی اجزای پایین تر شناسایی شود تا ممیزی عملکرد فنی اجزاء و ممیزی فیزیکی اجزاء بر روی آنها نیز صورت گیرد.

در انتهای این مرحله بسته های اطلاعات فنی که طی عملیات ممیزی عملکرد فنی اجزاء و ممیزی فیزیکی اجزاء ایجاد و تکمیل شده اند پس از صحت گذاری، اطلاعات لازم درباره تهیه نقشه های سطح یک (که چگونگی حرکت مکانیسمها و انتقال عملکرد به اجزای دیگر را

این مرحله توسعه محصول، رفع عیب محصول و خودکفایی معرفی و سپس هدف از انجام پروژه در مورد هر یک تبیین می شود. هدف از فاز جمع آوری اطلاعات این است که کلیه مستندات جمع آوری شده و تولید اطلاعات و مستندات فنی در حین اجرای مهندسی معکوس آسان گردد. با روشهایی چون شناسایی موردهای مشابه، جمع آوری اطلاعات در زمینه تولیدکنندگان و مورد بررسی قراردادن قطعات و مجموعه های مونتاژی یک سطح بالاتر که اطلاعات موجود در مورد عوامل خروجی و ورودی، قطعات مجاور و مصرف نهایی را مشخص می سازد، مشخصات و توضیحات مربوط به خرید قطعات، فهرست قطعات و شماتیک ها که اطلاعات اولیه برای بررسی پیکربندی یک قطعه و یا یک مجموعه را در اختیار قرار می دهند می توان بسته اطلاعات فنی را به دست آورد. طبیعی است که با طبقه بندی سطح اطلاعاتی در فرایندهای مهندسی، این فعالیت جامع تر و سیستماتیک تر انجام می شود و از دوباره کارهای احتمالی جلوگیری و در هزینه ها صرفه جویی به عمل خواهد آمد.

ب - ارزیابی اطلاعات و برنامه ریزی: 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 می گیرد 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 ارائه می شود و یک نقشه برای روند کار حاصل می آید.

مرحله دوم - آنالیز عملکرد و دمونتاژ مورد: هر مسوردی می تواند متشکل از چند جزء (مکانیسم ها و اجزای مختلف) باشد که هر یک وظیفه خاصی را برعهده دارند و برآیند آنها وظیفه مورد نظر را برای مورد به وجود می آورد. و در این مرحله از فرایند، تیم مهندسی معکوس باید بتواند پارامترها و مشخصه های مهم ورودی و خروجی هر جزء را شناسایی کند. پس از شناسایی اجزاء و ورودی و خروجیهای آن (با استفاده از قضاوت مهندسی، طراحی

مهندسی معکوس بوده که شامل کلیه پارامترهای مستندسازی شده لازم جهت تولید یک آیتم خواهند بود و هدف از انجام آن تصدیق و تایید دقت بسته اطلاعات فنی برای پشتیبانی از تولید قطعات است تا از این طریق اطمینان کافی از صحت و دقت و کامل بودن نقشه ها و مشخصه های ایجاد شده توسط فرایند مهندسی معکوس حاصل شود.

مرحله ششم - تهیه مستندات نهایی: در هنگام ساخت و تست محصول تولیدی در فاز تولید نمونه‌سسه، بسیاری از نقشه های مهندسی و رویه های تست، چندین بار بازنگری و اصلاح می شوند 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 بازرسی ها و اطمینان کیفیت نمونه های تولید شده، به بسته اطلاعات فنی، یک بسته اطلاعات فنی کامل شده به دست می آید و پس از مطابقت با استانداردهای بسته های اطلاعات فنی در انتها یک بسته اطلاعات فنی نهایی کامل در ارتباط با محصول که هدف فرایند مهندسی معکوس است، به دست می آید.

مزایا و دستاوردهای مهندسی معکوس

۱- 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 فناوری های داخلی؛

۲- امکان طراحی یک محصول بهنگام، در سطح استانداردهای جهانی با کشف راههای جدید بهبود و توسعه محصول، در جهت رضای نیازهای مشتری مثل عملکرد بهتر، افزودن ویژگیها و رفع نواقص محصول. همچنین رضای نیازهای بساازار مثل تغییر فناوری یا بهبود آن و کاهش هزینه؛

۳- ایجاد توان بالقوه جهت جذب، درانتقال فناوری های پیشرفته؛

۴- تربیت نیروی متخصص مورد نیاز در صنایع استراتژیک؛

۵- به وجود آوردن قدمهای سیستماتیک برای کمک به درک و مستندسازی طراحی و فرایند طراحی؛

۶- امکان الگوبرداری رقابتی در جهت درک محصولات رقا و توسعه بهتر محصولات خود؛

۷- امکان انجام مهندسی مجدد با استفاده از دانش فنی اخذ شده به وسیله مهندسی معکوس.

نتیجه گیری

مهندسی معکوس یکی از روشهای دسترسی به دانش فنی است. لازمه اجرای این روش وجود نمونه هایی از محصول است که مبنای کار تحقیقات قرار می گیرد. در این روش برای دستیابی به دانش فنی به برون فکنی اطلاعات فنی از طریق تجزیه محصول متوسل می شویم که اصطلاحاً کشف کردن (DEFAKTAGE) دانش فنی نامیده می شود. 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 مسئله را نیز با درایت و بررسیهای کارشناسی و تحقیقات پوشش می دهند، بدون اینکه از ابتدا درگیر جزئیات فنی و طراحی محصول شده باشند. شاید بتوان از مهندسی معکوس به عنوان کپی برداری آگاهانه از یک محصول نام برد، روشی که عده ای از کشورهای شرق آسیا و اروپا بعد از جنگ جهانی دوم عملاً پیاده کردند و در حال حاضر جزء کشورهای پیشرفته و صنعتی محسوب می شوند.

در هر صورت تجربه های مفیدی که در دهه اخیر با حمایت طرح اعطای کمکهای فنی و تکنولوژیک به صنایع به وسیله تامین سرمایه ارزان و حمایتهای دولتی از طریق سیاستگذاری مناسب مالیاتی و... روی موضوعها و محصولات مختلف در کشور صورت گرفته، همه مؤید بهره وری و مشرثمر بودن این استراتژی در پاسخ به نیازهای کشور است. نکته جالب اینک کارشناسان داخلی با چنین تجربه هایی اعتماد به نفس و جسارت فنی لازم برای مواجهه با کارشناسان خارجی در مرحله انتقال فناوری پیدا می کنند 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 تصمیم گیری و عقد قراردادهای تولید

و مشارکت با شرکتهای خارجی و... فراهم خواهد آمد.

از مهندسی معکوس در زمینه های مختلف سخت افزاری و نرم افزاری از جمله: برای غلبه بر عیبه یا گسترش تواناییهای دستگاههای موجود، تهیه قطعات بدکی 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 ارزان تر باشند، ابزاری برای رقابت، برای بالا بردن کارایی نرم افزارها، مورد استفاده قرار می گیرد و در حیطه های سخت افزار و نرم افزار رایانه ای اهمیت ویژه ای دارد. □

منابع:

- ۱- اخوان، امیرناصر «مروری بر کپی سازی و مهندسی معکوس» صنایع هوایی، شماره ۷۷، آبان ۷
- ۲- پاک نظر، ثریا «مهندسی معکوس روشی برای تولید محصولات جدید» وب، شماره ۲۴، خرداد ۸۱
- ۳- «جایگاه و نقش فعالیتهای تحقیق در استراتژیهای دستیابی به تکنولوژی مورد نیاز کشور» پیام پولاد، شماره ۱۰، مهر ۷۳
- ۴- سیدحسینی سیدمحمد - ناظمی جمشید «توسعه ساختارهای مهندسی و تکوین محصول در صنعت» مجله علمی پژوهشی اقتصاد و مدیریت، شماره ۴۶، پاییز ۷۹
- ۵- فتحی علیرضا «مهندسی معکوس» کارآفرین، شماره ۹، مهر و آبان ۸۰
- ۶- «مهندسی معکوس راهی برای احاطه بر مبنای طراحی»، پیام ایران خودرو، شماره ۴۶، مرداد ۷۹
- ۷- «مهندسی معکوس (یک ضرورت)»، شرکت خدمات علمی صنعتی استان تهران، صنعت خودرو، شماره ۲۲، مهر ۷۸
- ۸- ناطق محمدجواد «تامین سرمایه ارزان به عنوان یکی از روشهای مؤثر حمایتی دولت از توسعه تکنولوژی ملی»، صنعت و توسعه، شماره ۱۶، مهر و آبان ۷۶
- ۹- هلالی، حسن «مهندسی معکوس» اطلاعات علمی، شماره ۲، آذر ۷۳

● سیدمحمدحسین حسنجی: عضو هیئت علمی بخش مهندسی صنایع دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

● عباس طالب بیدختی: عضو هیئت علمی بخش مدیریت دانشگاه آزاد اسلامی واحد گچساران