مهندسی معکوس
(مفاهیم - کاربردها)

محمّد طالقانی*

چکیده

طی سالهای اخیر مقوله‌ای چون توسعه بازار و صادرات از جمله مواردی بوده که بزرگترین دغدغه خاطر مدیران ارشد سازمانهای مهندسی و تولیدی را به خود اختصاص داده است. سئوالی که همیشه مطرح بوده، این است که چگونه می‌توان در کوتاهترین زمان فاصله خود را با کشورهایی پیشرفته کاهش داد و در بازرگانی جهانی سهم مناسبی داشت؟ بررسی کشورهایی که مانند کشور ما فناوری را به مرور زمان به دست نیاورده و در مقطعی از زمان سعی در احاطه یافتن بر آن داشته‌اند، نشان می‌دهد که در اوّلین گام، اقدام به استفاده گسترده از روش مهندسی معکوس جهت درک اوّلیه محصولات و سپس ساخت و ارتقای آنها با توجّه به نیازهای خود روش مناسبی است. اشاعه و نظارت بر حسن اجرای فرآیند سیستماتیک مهندسی معکوس و به کارگیری ابزارها و تکنیک‌های مهندسی در این فرآیند نیز می‌تواند تأثیر بسزایی در دستیابی به دانش فنّی محصولات تولیدی (که اکنون به دلیل عدم به کارگیری به صورت سیستماتیک، محقّق نشده) در کمترین زمان و با حداقل هزینه، داشته باشد (۹).

در این مقاله ضمن بیان استراتژی‌های مختلف فناوری، جایگاه تحقیق و توسعه در دستیابی به آنها و سپس انتخاب استراتژی مهندسی معکوس به عنوان یک راه‌کار مناسب پیشرفت برای کشورهای در حال توسعه، متدولوژی این سیستم به صورت خلاصه ارائه شده است.

واژگان کلیدی: مهندسی معکوس، تحقیق و توسعه، فناوری تولید و بهبود کیفیت.

مقدّمه

بی‌شک شناخت محصول و درک عوامل مؤثّر در مشخصه‌های آن، اوّلین پیش‌نیاز بهبود کیفیت و نوآوری است که لازمه آن درک مهندسی از مبانی عملکردی قطعه است (۴).

مهندسی معکوس برای بازیابی و تشخیص اجزای متشکّله یک محصول بویژه در صورت عدم دسترسی به طرّاحی اوّلیه کاربرد داشته و برای نگهداری، گسترش و توسعه امکانات موجود و مهندسی مجدّد (RE - ENGINEERING) مورد استفاده

قرار می گیرد (۱).

این روش، راه‌کار پذیرفته شده‌ای برای کشورهای در حال توسعه به شمار می‌رود. در این فرآیند ابتدا میزان کمبود اطلاعات فنّی برای پشتیبانی از تولید یک محصول معیّن می‌شود. سپس با انجام یک کار تیمی منسجم، متشکّل از متخصّصان و محققان رشته‌های مختلف علوم پایه به همراه مدیریت و سازماندهی مناسب تشکیلات تحقیقاتی و توسعه‌ای (R&D) سعی می‌شود مدارک و نقشه‌های خاص طرّاحی محصول به دست آید. با در نظر گرفتن مشخصات، هدف و شرایط طرّاحی محصول، استانداردهای ملّی و رایج و همچنین پوشش دادن نقاط مجهول و ناشناخته سعی می‌شود مراحل نمونه سازی و نیمه‌صنعتی و در صورت لزوم ساخت و تولید محصول، انجام گردد (۸).

فعّالیتهای تحقیق و توسعه به مفهوم عام همیشه دو محصول را به همراه داشته است: یکی دانش و معلومات و دیگری فناوری و فن. نقش فعّالیتهای تحقیق و توسعه در ایجاد فناوری تا حدی است که اندیشمندان گفته‌اند فناوری محصولی است که در کارخانجات تحقیق و توسعه تولید شده است (۳).

فناوری شاه کلید توسعه و نیرومندترین عامل تحوّل اقتصادی در جوامع است. در اطلس فناوری ترکیب پیچیده‌ای از چهار عنصر، به شرح زیر معرفی گردیده است.

۱- سخت‌افزار و ماشین آلات؛

۲- دانش فنّی یا ابزار اطلاعاتی؛

۳- توانائیها شامل مهارتها و ابتکارات انسانی؛

۴- سازماندهی و مدیریت فناوری شامل مکانیسم‌هایی که برای تسهیل در ادغام مؤثّر عناصر بالا موردنیاز است. حال که اهمیت فناوری در توسعه ملّی و نقش تحقیق و توسعه در دستیابی به فناوری مورد یادآوری قرار گرفت، به بیان مراحل عمر فناوری‌ها پرداخته می‌شود.

سیکل عمر هر فناوری شامل این مراحل است:

مرحله طرّاحی؛ مرحله معرفی؛ مرحله رشد؛ مرحله بلوغ و اشباع و مرحله افول.

استراتژی‌های دستیابی به فناوری و محصولات

برای دستیابی به فناوری به عنوان یک محصول صنعتی راههای گوناگونی وجود دارد که هر کشوری در هر یک از زمینه‌های صنعتی با توجّه به ساختار علمی و صنعتی خود و میزان خود اتّکایی در زمینه‌های علوم و فنون، میزان دسترسی به منابع ارزی مورد نیاز، مواد اوّلیه داخلی، نوع و کیفیت نیروهای متخصّص و روابط سیاسی بین المللی و منطقه‌ای، آنها را به کار می‌بندد. در زیر انواع مهم استراتژی‌های دستیابی به محصول جدید و فناوری مورد نظر بیان می گردد:

۱- استراتژی نوآوری و طرّاحی تا تولید محصول از طریق فعّالیتهای 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 مؤثّر از امکانات و فناوری موجود؛

۶- استراتژی خرید کارخانه و پروسه تولید به صورت تحویل کامل؛

۷- استراتژی خرید کالا و فناوری مورد نظر.

ضرورت شناخت رفتار فناوری برای انتخاب استراتژی مناسب

مهندسی معکوس برای بازیابی و تشخیص اجزای متشکله یک محصول بویژه در صورت عدم دسترسی به طرّاحی اوّلیه کاربرد داشته و برای نگهداری، گسترش و توسعه امکانات موجود و مهندسی مجدّد (RE-ENGINEERING) مورد استفاده قرار می گیرد

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 اوّلیه) 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 اوّلی از طریق همین استراتژی، کاری مخاطره‌آمیز خواهد بود.

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 آنکه اهدافی مانند تقویت پایه‌های علمی و فنّی 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 (۴).

استراتژی مورد نظر 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، فرآیند تکوین محصول خود را سرعت می‌بخشند. این روش در کشورهای در حال توسعه چون ایران که از نظر دانش طرّاحی محصول و فناوری تولید عقب‌تر از کشورهای پیشرفته هستند، پاسخی به افزایش توان طرّاحی و تسریع فرآیند تکوین است (۵).

ایجاد یک روش منطقی و سیستماتیک برای تعیین میزان کمبود اطلاعات فنّی برای پشتیبانی از تولید یک محصول و سپس انجام یک کار تیمی منسجم برای تکمیل این اطلاعات، مجموعه عملیاتی است که در فرآیند مهندسی معکوس به وقوع می‌پیوندد. سطحی از اطلاعات فنّی موردنیاز که کلّیه تلاشها در راستای تشخیص میزان کمبود آن و سپس رفع این کمبود اطلاعاتی است، بسته اطلاعات فنی (TECHNICAL DATA PAKAGE = TDP) نامیده می‌شود (۲).

به رغم ظرافت و نیاز به دقّت بسیار زیاد در مهندسی معکوس، کاهش زمان عملیات امری بسیار مهم دراین زمینه است. در اینجا شرح مختصری از فرآیند کلّی مهندسی معکوس و متدولوژی آن بیان می‌شود:

مرحله اوّل- تجزیه و تحلیل عملکردی / اقتصادی: این فعّالیت خود شامل دو بخش است:

الف- هدف گذاری 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 کلّیه مستندات جمع‌آوری شده و تولید اطلاعات و مستندات فنّی 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 اوّلیه برای بررسی پیکربندی یک قطعه و یا یک مجموعه را در اختیار قرار می‌دهند، می‌توان بسته اطلاعات فنّی را به دست آورد. طبیعی است که با طبقه بندی سطح اطلاعاتی در فرآیندهای مهندسی، این فعّالیت جامع‌تر و سیستماتیک‌تر انجام می‌شودو از دوباره کاریهای احتمالی جلوگیری و در هزینه‌ها صرفه جویی به عمل خواهد آمد.

ب- ارزیابی اطلاعات و برنامه ریزی: هدف از انجام این فاز، مشخص کردن سطح اطلاعات ناقص موردنیاز و نیز تخمین هزینه انجام مهندسی معکوس است. با توجّه به این سطح تخمین زده شده، برآوردهای اوّلیه روی تخصّصها، 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 فنّی، نمودار گانت اجرایی پروژه ارائه میشود و یک نقشه برای روند کار حاصل می‌آید.

مرحله دوّم- آنالیز عملکرد و دمونتاژ مورد: هر موردی می‌تواند متشکّل از چند جزء (مکانیسم‌ها و اجزای مختلف) باشد که هر یک وظیفه خاصی را بر عهده دارند و برآیند آنها وظیفه مورد نظر را برای مورد به وجود می‌آورد و در این مرحله از فرآیند، 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، طرّاحی آزمایشات، شبیه سازی رایانه‌ای و....)، باید عملکرد اجزاء با مدارک فنّی موجود ممیّزی شود تا مغایرتهای آن مشخص گردد (CONFIGURATION AUDIT FUNCTIONAL) فاز = FCA ممیّزی عملکرد فنّی اجزاء). در ادامه اطلاعات فنّی موردنیاز اجزاء از طریق آزمایش استخراج می‌شود. (فاز PCA یا ممیّزی فیزیکی اجزاء (CONFIGURATION AUDIT PHYSICAL) تفکیک و مونتاژ اجزاء در صورتی که قابل تجزیه به اجزای سطح پایین‌تر باشد، می‌تواند تا رسیدن به سطح قطعه ادامه یابد تا اینکه یک سطح برای مونتاژ بیان شود. در تفکیک باید وظیفه عملکردی اجزای پایین‌تر شناسایی شود تا ممیّزی عملکرد فنّی اجزاء و ممیّزی فیزیکی اجزاء بر روی آنها نیز صورت گیرد (۴).

مهندسی معکوس یکی از روشهایی است که شرکتها با به کارگیری آن، فرآیند تکوین محصول خود را سرعت می‌بخشند

در انتهای این مرحله بسته‌های اطلاعات فنّی که طی عملیات ممیّزی عملکرد فنّی اجزاء و ممیّزی فیزیکی اجزاء ایجاد و تکمیل شده‌اند، پس از صحّه گذاری، اطلاعات لازم درباره تهیّه نقشه‌های سطح‌یک (که چگونگی حرکت مکانیسمها و انتقال عملکرد به اجزای دیگر را کاملاً مشخص میکنند) را فراهم خواهند آورد.

مرحله سوّم- آنالیز سخت‌افزاری و نرم‌افزاری: این فعّالیت

که مهمترین بخش مهندسی معکوس است شامل موارد زیر می‌باشد:

الف) آنالیز مواد: با آنالیز شیمیایی و متالوژیک، مطالعه لایه‌های سطحی، اندازه‌گیری خواص مکانیکی، بررسیهای ساختاری و عیوب انجام می‌گیرد؛

ب) بررسی فرآیند ساخت: با توجّه به نوع سطوح فیزیکی در قطعه، فرآیند 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 فرآیند ساخت کمک می‌کند، انجام می‌شود.

ج) آنالیز ابعادی: که مشتمل بر مراحلی چون اندازه‌گیری ابعادی، آنالیز تلرانس و آنالیز حسّاسیت است؛

د) آنالیز الکتریکی- الکترونیکی در صورت نیاز: با توجّه به مشخصه‌های خروجی مدار، مسیر مدارها، مواد، روشهای زدودن پوششها و اتّصالات مورد نیاز برای تولید مجدّد.

نتایج حاصل از این قسمت در نقشه‌های سطح دو ثبت و ترسیم می‌شوند.

مرحله چهارم- بهبود محصول و آنالیز ارزش: با استفاده از اطلاعات جدید تهیّه شده هنگام فرآیند و انجام بازنگری مهندسی ارزش در کاندیداهای در نظر گرفته شده برای مهندسی معکوس می‌توان برخی از حوزه‌های پرهزینه مثل عیوب طرّاحی، طرّاحی اضافی، عملکرد بهبود، محدودیتهای بیش از حد در مورد تلرانس‌ها، نیازمندیهای بیش از اندازه برای عملکردها و.... را آشکار و آنها را قبل از تکمیل فرآیند اصلاح کرد.

مرحله پنجم- برنامه‌ریزی فرآیند تولید و تهیّه ملزومات تضمین کیفیت: در این مرحله کلّیه بسته‌های اطلاعاتی که تاکنون کامل شده، از دیدگاه قابلیت تولید و فرآیندهای ساخت مورد توجّه قرار می‌گیرند. به طور خلاصه خروجی این مرحله به ایجاد نقشه‌های سطح سه منجر می‌شود که ملزومات ضروری و مورد نیاز واحدهای طرّاحی، مهندسی، ساخت و کنترل کیفیت را برای دستیابی یا ساخت آیتم مورد نظرشامل می‌شود.

به طور کلّی نقشه‌های سطح سه نتیجه فرآیند مهندسی معکوس بوده که شامل کلّیه پارامترهای مستندسازی شده لازم جهت تولید یک آیتم خواهند بود و هدف از انجام آن تصدیق و تأیید دقّت بسته اطلاعات فنّی برای پشتیبانی از تولید قطعات است تا از این طریق اطمینان کافی از صحّت، دقّت و کامل بودن نقشه‌ها و مشخصه‌های ایجاد شده توسط فرآیند مهندسی معکوس حاصل شود.

مهندسی معکوس یکی از روشهای دسترسی به دانش فنّی است. لازمه اجرای این روش وجود نمونه‌هایی از محصول است که مبنای کار تحقیقات قرار می‌گیرد

مرحله ششم- تهیّه 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 فنّی قرار داده شوند. با اضافه شدن اطلاعات به دست آمده از بازرسی‌ها و اطمینان در کیفیت نمونه‌های تولید شده، یک بسته اطلاعات فنّی کامل شده به دست می‌آید و پس از مطابقت با استانداردهای بسته‌های اطلاعات فنّی، در انتها یک بسته اطلاعات فنّی نهایی کامل در ارتباط با محصول که هدف فرآیند مهندسی معکوس است، به دست می‌آید.

مزایا و دستاوردهای مهندسی معکوس

۱- ایجاد توانایی و تقویت تکنیکی- فناوری ساخت از طریق شناخت و درک کامل محصول (اخذ دانش فنّی محصول) و به وجود آوردن اعتماد به نفس در مهندسان و کارشناسان صنعت در مواجهه با صنایع و فناوری‌های داخلی.

۲- امکان طرّاحی 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. همچنین ارضای نیازهای بازار مثل تغییر فناوری یا بهبود آن و کاهش هزینه؛

۳- ایجاد توان بالقوه جهت جذب در انتقال فناوری‌های پیشرفته؛

۴- تربیت نیروی متخصّص مورد نیاز در صنایع استراتژیک؛

۵- به وجود آوردن قدمهای

سیستماتیک برای کمک به درک و مستندسازی طرّاحی و فرآیند آن؛

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

۷- امکان انجام مهندسی مجدّد با استفاده از دانش فنّی اخذ شده به وسیله مهندسی معکوس.

نتیجه‌گیری

مهندسی معکوس یکی از روشهای دسترسی به دانش فنّی است. لازمه اجرای این روش وجود نمونه‌هایی از محصول است که مبنای کار تحقیقات قرار می‌گیرد. در این روش برای دستیابی به دانش فنّی به برون فکنی اطلاعات فنّی از طریق تجزیه محصول متوسّل می‌شویم که اصطلاحاً کشف کردن (DEFAKTAGE) دانش فنّی نامیده می‌شود. در این فرآیند، کارشناسان مربوطه، مشخصات، هدف و شرایط طرّاحی محصول را در نظر گرفته و سعی در ساخت و تولید محصول طبق استانداردهای ملّی و رایج خود دارند و نقاط مجهول و ناشناخته مسئله را نیز با درایت و بررسیهای کارشناسی و تحقیقات پوشش می‌دهند، بدون اینکه از ابتدا درگیر جزئیات فنّی و طرّاحی محصول شده باشند. شاید بتوان از مهندسی معکوس به عنوان کپی‌برداری آگاهانه از یک محصول نام برد، روشی که تعدادی از کشورهای شرق آسیا و اروپا بعد از جنگ جهانی دوّم عملاً پیاده کردند و در حال حاضر جزء کشورهای پیشرفته و صنعتی محسوب می‌شوند (۷).

در هر صورت تجربه‌های مفیدی که در دهه اخیر با حمایت طرح اعطای کمکهای فنّی 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 مؤیّد بهره‌وری و مثمرثمر بودن این استراتژی در پاسخ به نیازهای کشور است. نکته جالب اینکه کارشناسان داخلی با چنین تجربه‌هایی اعتماد به نفس و جسارت فنّی لازم برای مواجهه با کارشناسان خارجی در مرحله انتقال فناوری پیدا می‌کنند و بدیهی است در این صورت، شرایط جذب کامل مراحل انتقال فناوری، شناختن نقاط کور فنّی 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.

شاید بتوان از مهندسی معکوس به عنوان کپی‌برداری آگاهانه از یک محصول نام برد، روشی که تعدادی از کشورهای شرق آسیا و اروپا بعد از جنگ جهانی دوّم عملاًپیاده کردند و در حال حاضر جزء کشورهای پیشرفته و صنعتی محسوب می‌شوند

از مهندسی معکوس در زمینه‌های مختلف سخت‌افزاری و نرم‌افزاری از جمله: برای غلبه بر عیبها یا گسترش تواناییهای دستگاههای موجود، تهیّه 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 و نیزابزاری برای رقابت و بالا بردن کارآیی نرم افزارها استفاده شده و در حیطه‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری رایانه‌ای اهمیت ویژه‌ای دارد (۶). ■

منابع و مآخذ:

۱- اخوان. امیرناصر، مروری بر کپی سازی و مهندسی معکوس، صنایع هوایی، شماره۷۷ ، آبان.۱۳۸۴

۲- پاک نظر. ثریا، مهندسی معکوس روشی برای تولید محصولات جدید، وب، شماره۲۴ ، خرداد .۱۳۸۱

۳- جایگاه و نقش فعّالیتهای تحقیق و توسعه در استراتژیهای دستیابی به تکنولوژی مورد نیاز کشور، پیام پولاد، شماره۱۰ ، مهر .۱۳۸۳

۴- سیّدحسینی. سیّدمحمّد و ناظمی. جمشید، توسعه ساختارهای مهندسی و تکوین محصول در صنعت، مجله علمی پژوهشی اقتصاد و مدیریت، شماره۴۶ ، پاییز .۱۳۷۹

۵- فتحی. علیرضا، مهندسی معکوس، کارآفرین، شماره۹ ، مهر و آبان.۱۳۸۰

۶- مهندسی معکوس راهی برای احاطه بر مبانی طرّاحی، پیام ایران خودرو، شماره۴۶ ، مرداد .۱۳۷۹

۷- مهندسی معکوس (یک ضرورت)، شرکت خدمات علمی صنعتی استان تهران، صنعت خودرو،شماره۲۲ ، مهر .۱۳۷۸

۸- ناطق. محمّدجواد، تأمین سرمایه ارزان به عنوان یکی از روشهای مؤثّر حمایتی دولت از توسعه تکنولوژی ملّی، صنعت و توسعه، شماره۱۶ ، مهر و آبان.۱۳۷۶

۹- هلالی. حسن، مهندسی معکوس، اطلاعات علمی، شماره۲ ، آذر .۱۳۸۳

*** استادیار وعضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی (واحدهای گیلان و مازندران)**

دکتری تخصصّی (ph.D) مدیریت صنعتی با گرایش تولید و عملیات (POM)