Archive of SID

طراحی الگویی به منظور بررسی توانمندی‌های واحد تحقیق و توسعه

مطالعه موردی کارخانه شیمیایی مهد تابان (تاژ) بر مبنای مهندسی معکوس

■ ندا خادم گرایلی*
کارشناس ارشد مدیریت تکنولوژی،
دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
neda_geraili@yahoo.com

■ رضا رادفر
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی،
واحد علوم و تحقیقات
radfar@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۳/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۶/۰۵

چکیده

امروزه تحقیق و توسعه و فعالیت‌های مرتبط با دستیابی به فناوری‌های جدید در سراسر دنیا یک فعالیت عمده صنعتی شده است. علی‌رغم اینکه تحقیق و توسعه صنعتی در کشورهای توسعه‌یافته در سی سال گذشته، فعالیتی بوده که اهمیت آن پیوسته رو به افزایش بوده است، در عین حال کشورهای در حال توسعه به تازگی به اهمیت آن پی برده‌اند. فناوری محصولی است که در کارخانه تحقیق و توسعه به وجود می‌آید و واحدهای تحقیق و توسعه، رکن زیربنای فناوری دانسته شده و بزرگترین منبع یگانه نوآوری، تحقیق و توسعه است. برای دستیابی به فناوری روش‌های گوناگونی وجود دارد و یکی از مهمترین روش‌های دسترسی به فناوری مخصوصاً در بین کشورهای در حال توسعه، مهندسی معکوس است که روشی آگاهانه از روی فناوری موجود می‌باشد. در این مقاله ضمن بررسی و مرور پیشینه تحقیق و توسعه و مهندسی معکوس، مدل نرم‌افزاری شبیه‌سازی‌شده جهت دستیابی به مؤثرترین پارامترها و عوامل مؤثر تحقیق و توسعه و روابط آنها و ارائه راهبردهای بهینه در واحد تحقیق و توسعه و دستیابی به فناوری‌های نوین مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین جامعه مورد مطالعه در واحد تحقیق و توسعه کارخانه شیمیایی مهد تابان (تاژ) که یکی از کارخانجات صنعتی مهم در ایران است، می‌باشد. برخی از عوامل مؤثر کلیدی مورد بررسی در واحد تحقیق و توسعه کارخانه تاژ عبارتند از: تعداد پروژه‌های انجام‌شده در واحد R&D، ورودی‌های سیستم اعم از (مواد اولیه و نیاز جدید)، نیروی انسانی متخصص و ماهر، مدیریت متبحر واحد تحقیق و توسعه، برنامه‌ریزی و کنترل پروژه واحد تحقیق و توسعه.

واژگان کلیدی

تحقیق و توسعه، مهندسی معکوس، انتقال فناوری، فناوری، سیستم پویا.

مقدمه

تحقیق و توسعه و مدیریت از ارکان ایجاد، توسعه و بهره‌برداری از فناوری و از جمله ضروریات توسعه اقتصادی، اجتماعی در هر کشوری هستند و در کشورهای در حال توسعه که در صدد خوداتکایی صنعتی و اقتصادی هستند، سیاستگذاری و طرح‌ریزی برنامه‌های تحقیق و توسعه و اعمال مدیریت اثربخش بر این فعالیت‌ها در اولویت فعالیت‌های ملی، صنعتی و تولیدی قرار دارد. گسترش و ارتقاء فعالیت‌های تحقیق و توسعه "خصوصاً تحقیقات صنعتی" مستلزم شناخت عوامل مؤثر در فرایند تحقیق و توسعه و طراحی سیاست‌ها و ساز و کارهای اثربخشی این قبیل فعالیت‌هاست. در شرایط رقابتی دنیای صنعتی حاضر، انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه یکی از اثربخش‌ترین کارهایی است که مدیران بنگاه‌های اقتصادی می‌توانند به آن روی آورند و در کشورهای صنعتی جهان هزینه‌هایی که به این فعالیت‌ها اختصاص داده می‌شود روز به روز در حال افزایش است. از طرف دیگر روی آوردن به تحقیق و توسعه بدون ایجاد زیرساخت‌هایی که لازمه چنین واحدهایی است مانند: ساختار سازمانی، ویژگی‌های نیروی انسانی ومدیریت این سازمان‌ها، موجبات شکست فرایند تحقیق و توسعه بنگاه‌های اقتصادی را فراهم خواهد کرد. [۱]

فرایند R&D شامل: تحقیق پایه، تحقیق کاربردی و توسعه می‌باشد. با استفاده از تحقیق پایه، یافته‌های علمی در قالب فرضیه‌ها، نظریه‌ها و قوانین کلی ارائه می‌گردد و در مرحله بعد این تحقیق کاربردی است که کاربردهای ممکن برای یافته‌های تحقیق پایه را تعیین می‌کند. سپس در مرحله توسعه، دانش علمی حاصل از تحقیق پایه و تحقیق کاربردی، در جهت ارائه محصولات یا فرایندهای جدید و پیشرفته به کار گرفته می‌شود و ابداع به وقوع می‌پیوندد. مراکز اصلی انجام فرایند R&D عبارت از مؤسسات پژوهشی

* نویسنده مسئول مکاتبات

www.SID.ir

Archive of SID

صنعتی، مؤسسات پژوهش آکادمیک و مراکز R&D دولتی می‌باشد. [۱۳]

مهندسی معکوس استخراج و توسعه اطلاعات فنی از روی محصول موجود است. این روش بر خلاف فرایند طراحی مستقیم به معنای تولید محصول با توجه به نیاز مشتری و ایده اولیه از طریق آنالیز مهندسی است. روزانه فعالیت‌های بسیاری در این زمینه با اهداف مختلف انجام می‌گیرد. استخراج دانش فنی و فناوری طراحی توسط واحدهای تحقیق و توسعه صنایع مختلف، تهیه مدارک فنی از تجهیزات صنعتی و یا احیاناً نسخه‌برداری از محصولات موجود از این قبیل هستند. کشورهای در حال توسعه برای دستیابی به فناوری‌های پیچیده نیازمند روشی هستند که شکاف فناورانه بین این کشورها و کشورهای پیشرفته را در زمان مناسب پرنماید که در بین روش‌های مختلف دسترسی به فناوری، مهندسی معکوس مناسب‌ترین روش است.

این تحقیق در چارچوب تفکر سیستمی انجام شده و در آن جهت دستیابی به اهداف تحقیق و پاسخگویی به سؤالات از روش مدل‌سازی System Dynamics استفاده شده است. مدل‌سازی سیستم‌های پویا ابزاری اساسی در تفکر سیستمی است که از آن در جهت درک بهتر از سیستم و رفتار آن، تصویرسازی و عمق‌بخشیدن به مدل‌های ذهنی و نمایش رفتار سیستم استفاده می‌شود. از آنجا که تنوع عوامل مؤثر بر موضوع بسیار قابل توجه است، در جهت به‌دست‌آوردن جواب‌های قابل قبول، با حذف عوامل کم‌اهمیت با استفاده از روش مدل‌سازی به تحقیق پرداخته می‌شود. نوع طبقه کلی تحقیق نیز از نوع تحقیق کاربردی خواهد بود.

این پژوهش با بهره‌گیری از مدل‌سازی (شبیه‌سازی) که روابط متغیرهای دربرگیرنده به همراه روش مهندسی معکوس در واحدهای تحقیق و توسعه را دارد، صورت خواهد گرفت. این مدل‌سازی می‌تواند به عنوان فرایند جدیدی در صنایع مطرح و کاربردی باشد و از آنجا که روش جدید علمی و نظام‌مندی در این پروژه‌ها وجود ندارد، لذا این پژوهش و شبیه‌سازی می‌تواند تا حد زیادی در تصمیم‌گیری و کنترل بهینه به مدیران کمک نماید.

بدین ترتیب که ابتدا با همکاری اعضای کلیدی و مصاحبه و پرسشنامه‌های مربوطه، به روابط نظام‌مند مناسب بین متغیرها و پارامترهای اساسی در مدل دست یافته و داده‌های مورد نظر جمع‌آوری خواهد شد و اعتبارسنجی مدل صورت می‌گیرد و CLDهای مربوط به پارامترهای اساسی رسم می‌گردد. سپس مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز Vensim و براساس اطلاعات خام و آمار توصیفی انجام می‌گیرد و تحلیل حساسیت پارامترها نیز صورت می‌گیرد.

در نهایت بر اساس خروجی‌های مدل نرم‌افزاری و تحلیل حساسیت پارامترها، نتیجه‌گیری انجام‌شده و پیشنهادات لازم ارائه می‌گردد. این مدل قابلیت تعمیم و بکارگیری در اغلب زمینه‌های کاربردی برای انتخاب راهبردها، سیاست‌ها و پروژه‌های تحقیق و توسعه و دستیابی به فناوری جدید را دارد و به وسیله آن تأثیر پارامترهای اساسی مدل بر قابلیت‌ها و توانمندی‌های واحد تحقیق و توسعه را مشاهده خواهیم کرد.

نقش فعالیت‌های تحقیقات صنعتی و خدمات مهندسی در فرایندهای دستیابی فناوری

تجارب کشورهای پیشرفته حاکی از آن است که پیشرفت فناورانه این کشورها بیش از هر چیز مرهون فعالیت‌های تحقیق و توسعه و ایجاد زیرساخت‌های فناورانه در آن کشورها بوده است و بدون انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه اصولاً راهی برای دستیابی به فناوری مورد نظر برای آن وجود نداشته است. در کشورهای در حال توسعه نیز که مهد ایجاد و خلق فناوری نبوده‌اند، اگر چه از طریق خرید محصول یا فرایند تولید می‌توانند قسمت‌هایی از فناوری مورد نظر را کسب نمایند، لیکن انجام موفقیت‌آمیز کسب فناوری حتی از طریق خرید فناوری (ضرورت انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه برای راهبرد کپی‌سازی یا تحقیق تا تولید که مبرهن است) نیز مستلزم انجام فعالیت‌های خدمات مهندسی و تحقیقات صنعتی است. مثلاً قبل از اقدام برای تعیین نحوه دستیابی به فناوری، اقدام برای شناخت و تعریف فناوری مورد نیاز برای پاسخگویی به خواسته‌ها و احتیاجات طرح‌های توسعه‌ای این قبیل کشورها نیاز به فعالیت‌هایی نظیر آنچه در پی خواهد آمد دارد که جز با همکاری یا فعالیت مستقیم دست‌اندرکاران فعالیت‌های تحقیق و توسعه و خدمات مهندسی میسر نیست. [۱۲]، [۱۸]، [۹]

انتخاب فناوری مناسب و ضرورت‌های فعالیت‌های تحقیق و توسعه

فرایند انتخاب فناوری و محصول مناسب شامل کلیه اقدامات و فعالیت‌های به هم پیوسته‌ای است که با توجه به اهداف، شرایط و ویژگی‌ها و نیازهای فناورانه جهت تعیین مناسب‌ترین فناوری مورد نیاز و همچنین مناسب‌ترین راهبرد دستیابی به آن با در نظر گرفتن بهترین شرایط و مناسبات فنی، اقتصادی و حقوقی صورت می‌پذیرد. این فرایند معمولاً به طور کلی شامل مراحلی نظیر

www.SID.ir

Archive of SID

آنچه خواهد آمد، می‌باشد: [۲]، [۱۰]

- اطلاع از نیازهای بازار، سلیقه‌های مصرف‌کنندگان و کشش بازار برای محصولات جدید [۴] ،[۳]
- اطلاع از وضعیت رقبا، موقعیت فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نوآوری و محصول و تهدیدات محیطی [۴] ، [۳]
- اطلاع از موقعیت جهانی فناوری‌های مورد نیاز و تبیین الگوی رفتار آنها در مقطع زمانی مورد بررسی با استفاده از تکنیک‌های پیش‌بینی فناوری [۴] ،[۳]
- شناخت از امکانات فنی و علمی کشور و امکان دسترسی به مواد، انرژی، فرایندهای تولید محصولات [۴] ،[۳]
- تجزیه و تحلیل موقعیت شرکت سرمایه‌گذار در بین سایرین از نظر پشتوانه علمی و فنی، توانایی اقتصادی و فنی، ارتباطات و بازاریابی [۴] ،[۳]
- برنامه‌ریزی راهبردی برای تعیین و انتخاب فناوری مورد نیاز با توجه به اطلاعات جمع‌آوری‌شده [۱۳] ،[۱۳]
- طراحی راهبردهای دستیابی به محصول و انتخاب مناسب‌ترین راهبرد (با توجه به نتایج مطالعات امکان‌پذیری فنی و اقتصادی که در مراحل بعدی فرایند نوآوری بدان خواهیم پرداخت.) [۴] ،[۳]

تلاش برای بازاریابی، سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی راهبردی انتخاب فناوری مورد نیاز و نحوه دستیابی به آن مجموعه فعالیت‌هایی را تشکیل می‌دهند که جز با همکاری دست‌اندرکاران فعالیت‌های تحقیق و توسعه و مدیریت اثربخش تحقیق و توسعه برای استفاده از اطلاعات و تجربیات مهندسین فنی امکان‌پذیر نیست و حساسیت آن نیز تا حدی است که اگر سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها در این مرحله به نحو احسن و با استفاده از تکنیک‌های عملی و تجزیه و تحلیل‌های جامع صورت نگیرند، بقیه فعالیت‌های نوآوری محصول تحت‌الشعاع آن قرار می‌گیرند و منجر به شکست احتمالی طرح سرمایه‌گذاری خواهند شد. [۱۰]

اهم فعالیت‌های تحقیق و توسعه در مراحل فرایند مهندسی معکوس

- کنترل مطالعات امکان‌پذیری فنی و اقتصادی طرح کپی‌سازی محصول یا زیرمجموعه‌ای از محصول مورد نیاز در داخل کارخانه [۸] ،[۷]، [۵]
- تحقیق برای شناخت مکانیزم‌های عملکرد اجزای محصول برای تحقق رسالت کاری برای محصول و کشف روابط بین اجزاء حین عمل [۱۱] ،[۸] ،[۵]
- دمونتاژ اجزای محصولی که قصد کپی‌سازی آنها را داریم و ثبت نمودار مونتاژ محصول و جزئیات حین عمل [۱۱] ،[۸] ،[۷] ،[۵]
- تهیه عکس یا نقشه و قطعه یا قطعاتی که قصد کپی‌سازی آنها را داریم [۱۱] ،[۸] ،[۷] ،[۵]
- شناسایی، آزمایش و تشخیص مواد اولیه مورد مصرف برای ساخت هر یک از اجزای محصول [۱۱] ،[۸] ،[۵]
- شناسایی، آزمایش و تشخیص فرایند ساخت هر یک از اجزای محصول [۱۱] ،[۷]
- آزمایش و تشخیص عملیات تکمیلی انجام شده برای نیل به خواص مکانیکی، فیزیکی، متالوژیکی، شیمیایی و ... مورد نیاز [۷] ،[۵]
- تشخیص ماشین‌آلات و ابزار مورد نیاز برای ساخت و مونتاژ [۱۱] ،[۵]
- تدوین دانش فنی ساخت و مونتاژ محصول و اجزای آن [۸] ،[۷] ،[۵]
- تهیه نقشه‌های ساخت قطعات، نقشه قالب‌ها، مدل‌ها و ابزار و گیج‌های مورد نیاز مراحل ساخت و کنترل
- نظارت بر انجام عملیات نمونه‌سازی به طور سفارشی و یا امانی [۵]
- کنترل نمونه‌های ساخته شده و تطبیق مشخصات آن با استانداردهای مورد نظر [۱۱]، [۷]
- ارزیابی و تحلیل نتایج آزمایشات و عندالزوم تجدید نظر در اندازه‌ها و تلورانس‌ها [۱۱] ،[۸]، [۷]
- طراحی تولید و برآورد ماشین‌آلات و تجهیزات مورد نیاز [۱۱] ،[۸]
- طرح‌ریزی کارخانه و طراحی خط تولید و مونتاژ [۱۱] ،[۵]

روش تحقیق

در مقاله حاضر، دستیابی به یک الگویی به منظور بررسی قابلیت‌ها و توانمندی‌های واحد تحقیق و توسعه کارخانه شیمیایی تاژ مبتنی بر مدل‌سازی سیستمی مد نظر است. این الگو به عنوان ابزار و روشی در اختیار مدیران و تصمیم‌گیران قرار می‌گیرد و در واقع نقش تسهیل‌کنندگی را در فرایند تصمیم‌گیری و انتخاب راهکارهای سازمانی ایفا می‌کند، لذا از این دیدگاه مقاله در رده تحقیقات کاربردی قرار می‌گیرد. از سوی دیگر نوع رویکرد مورد استفاده در رساله به‌گونه‌ای است که با مدل‌سازی دینامیک مؤلفه‌های تأثیرگذار بر برنامه‌ریزی، الگویی نوین را ارائه نموده و مشکلات و مسائلی را که روش‌های موجود برنامه‌ریزی از آن برخوردارند مرتفع می‌سازد.

www.SID.ir

Archive of SID

در این تحقیق سعی بر آن شده تا با مدل‌سازی (شبیه‌سازی) و در نظر گرفتن کلیه عوامل و متغیرهای مهم و اثرگذار بر الگو، روند توانمندسازی واحد تحقیق و توسعه برای صنایع شیمیایی با رویکرد مهندسی معکوس را به منظور تقویت واحد تحقیق و توسعه و ایجاد محصولات جدید مورد بررسی قرار دهیم. [۱۹]، [۱۵]، [۱۴].

مرحله اول: جمع‌آوری عوامل مؤثر بر تحقیق و تعیین پیش‌فرض‌های اولیه؛

مرحله دوم: تعیین مهمترین عوامل مؤثر بر تحقیق و وارد کردن آنها در مدل اولیه و رسم ژپآ برای تعیین جهت روابط بین عوامل و متغیرهای اساسی مدل؛

مرحله سوم: بسط مدل اولیه و یافتن دیتاها و فرمول‌های مدل و اعتبارسنجی مدل.

مرحله چهارم: آزمون مدل نرم‌افزاری (شبیه‌سازی‌شده) [۲۰]، [۱۷].

معرفی اجزا و مؤلفه‌های اساسی در توانمند بودن واحد تحقیق و توسعه کارخانه تاژ

در این بخش از مقاله بر اساس ارائه پیش‌فرض‌هایی که با ساده‌ترین واقعیت فرایند مدل‌سازی را ممکن می‌سازد، سعی نموده‌ایم به مدل اصلی که قابلیت اجراشدن در نرم‌افزار Vensim را دارد برسیم.

پیش‌فرض‌های مطرح‌شده بر اساس اطلاعات کارخانه شیمیایی مهد تابان و مصاحبه با مدیران ارشد و مطالعات کتابخانه‌ای استخراج گردیده است که در ذیل مؤثرترین متغیرها و عوامل اساسی مدل ذکر می‌گردد: [۱۹]، [۱۴]، [۱۰].

نیروی متخصص و ماهر (نیروی انسانی)، شناسایی عوامل خطر، نیاز بازار و مشتری، تعامل با صنایع در صورت لزوم واحد بازاریابی و واحد تولید، ورودی‌های سیستم شامل مواد خام و اولیه جدید (نیازهای جدید)، دانش فنی، سرمایه کافی (جریان نقدینگی)، قیمت تمام‌شده بازار، برنامه‌ریزی، محاصره اقتصادی، مدیر پروژه، مسئول پروژه، مدیریت متبحر و ریسک‌پذیر R&D.

آزمون اعتبار سنجی مدل

به منظور نشان‌دادن اعتبار مدل، از طریق تست واقعی داده‌ها و آزمون مربع کای به صحت اعتبار مدل می‌پردازیم. از آنجا که بر اساس محاسبات و پرسشنامه‌های انجام‌شده، مؤثرترین عوامل و متغیرهای موجود در مدل استخراج گردیده و اطلاعات مربوط به سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۹ در دسترس است، بنابراین با وارد کردن این اطلاعات در مدل، اطلاعات سال آینده را پیش‌بینی کرده و با واقعیات می‌سنجیم تا درجه اعتبار مدل به دست آید. [۱۶] ، [۶]

لازم به ذکر است اطلاعات و ارقام عوامل تأثیرگذار از جمله ورودی‌های سیستم شامل (مواد اولیه، تجهیزات، دانش فنی)، نیروی انسانی، شامل (انگیزش، کارگروهی، خودانگیزی، آموزش، ایجاد محیط مناسب، برنامه‌ریزی و کنترل پروژه‌ها، مدیریت توانمند و تعداد پروژه‌های انجام شده در واحد تحقیق و توسعه از طریق پرسشنامه استخراج گردیده است. همچنین ورودی‌های سیستم، برنامه‌ریزی و کنترل پروژه‌ها، مدیریت متبحر تحقیق و توسعه و نیروی انسانی به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده‌اند و تعداد پروژه‌های واحد تحقیق و توسعه به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شده است. [۱۷]

جدول ۱- اعتبارسنجی مدل

سال	تعداد پروژه‌های انجام‌شده در واحد R&D	ورودی‌های سیستم	برنامه‌ریزی و کنترل پروژه	مدیریت توانمند R&D	منابع انسانی
۱۳۷۹	۲	۶	۷/۷۵	۵/۶	۶/۴۵
۱۳۸۰	۵	۶/۱۶	۷	۵/۹۲	۶/۷۵
۱۳۸۱	۷	۶/۴	۷/۷۵	۶/۰۸	۶/۸
۱۳۸۲	۲	۶/۷۵	۸	۶	۶/۵۵
۱۳۸۳	۱	۶/۶۶	۷/۵	۵/۹۲	۶/۴۵
۱۳۸۴	۱	۶/۵	۷/۲۵	۵/۳۳	۶/۴
۱۳۸۵	۳	۶/۳۳	۷/۲۵	۵/۴۱	۶/۲
۱۳۸۶	۰	۶/۴۱	۶/۷۵	۵/۵	۵/۹
۱۳۸۷	۰	۶/۰۸	۶/۷۵	۵/۳۳	۵/۶
۱۳۸۸	۷	۵/۹۱	۶/۵	۵/۱	۴/۹۵
۱۳۸۹	۵	۷/۶	۸	۷	۷/۶
(ایده‌آل) مدل EI	۵	۷/۶	۸	۷	۷/۶
X^2	$X^2_{(n-1)}= X^2_{9,0/05}$	۲/۲۳۷	۰/۹۸۳	۲/۸۷۲	۲/۹۴۹

www.SID.ir

خادم گرایلی و رادفر
Archive of SID

هدف این است که با توجه به مدت ۴ عامل: ۱ـ ورودی‌های سیستم، ۲ـ برنامه‌ریزی و کنترل پروژه‌ها، ۳ـ مدیریت توانمند و ۴ـ نیروی انسانی به تعداد پروژه‌های با کیفیت قابل قبول دست یابیم.

آزمون اعتبارسنجی مدل با استفاده تست داده‌های واقعی و مربع کای دو[۱۷]،[۱۶]،[۶]

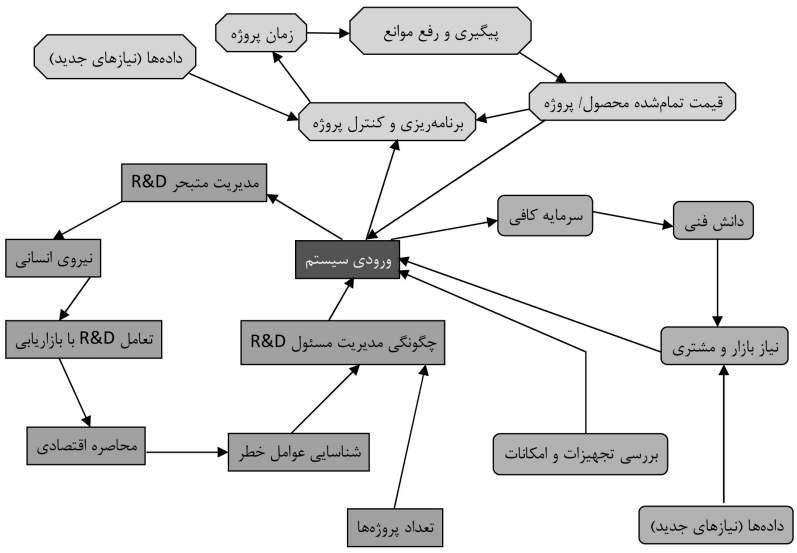
طبق آمار و ارقام مندرج در پرسشنامه، میانگین اعداد متغیرها و عوامل مؤثر مدل طی سال‌های ۸۹ ـ ۷۹ استخراج و در جدول ۱ درج گردید. سپس برای اعتبارسنجی و صحت کارکرد مدل، آزمون مربع کای به وسیله فرمول:

$$X^2_{(n-1)} = \sum \frac{Oi-Ei}{Ei}$$

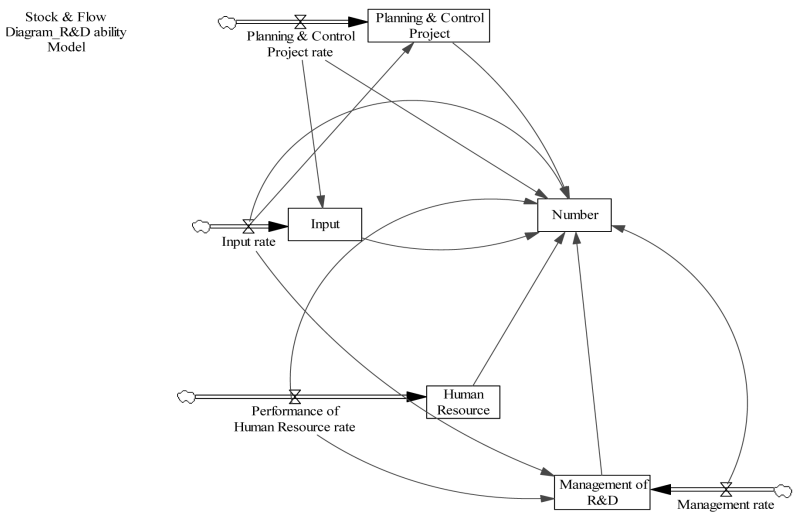
سنجیده و ارقام X^2 مطابق جدول ۱ استخراج گردید. X^2 حاصله طبق آزمون مربع کای $X^2_{0/05\,9} = 16/92$ می‌باشد و چون جمع X^2 چهار متغیر اساسی مدل در جدول فوق کمتر از ۱۶/۹۲ می‌باشد، پس فرض مدل‌سازی درست است و طبق آمار و اطلاعات فوق مدل با اطمینان ۰/۹۵ پذیرفته می‌شود.

رسم C.L.D کلی

پس از استخراج پارامترهای مؤثر بر مدل، در قدم دوم مدل‌سازی می‌بایست روابط علت و معلولی بین پارامترها مورد بررسی قرار گیرد و به همین منظور به استخراج C.L.D پرداختیم. نکته قابل ذکر این است که با توجه به حجم داده‌ها و تعداد زیاد پارامترهای مؤثر بر مسأله، استخراج تک مرحله‌ای C.L.D کل مسأله مقدور نیست. به همین دلیل به منظور درک ساده‌تر، ساخت مدل علت و معلولی کلی مسأله را به ۵ مرحله مستقیم تقسیم کرده‌ایم که در هر مرحله



نمودار ۱ـ رسم C.L.D کلی



فرمول بدست آمده طبق رابطه رگرسیونی برای تعداد پروژه های انجام شده در واحد R&D :
Number = -0/61 Input + 0/07 Planning + 0/72 Management -0/34HumanResource

نمودار ۲ـ Stock & Flow [۱۶].[۶]

www.SID.ir

Archive of SID

یک لوپ از مدل علت و معلولی را رسم کرده و در نهایت بر اساس روابط تعریف‌شده، هر مرحله را با سایر مراحل و هر جزء را با سایر اجزاء پیوند خواهیم زد تا به مدل نهایی علت و معلولی کلی مسأله دست یابیم. در نهایت پارامترهای مؤثر مدل شبیه‌سازی‌شده، تحلیل حساسیت شده و نتایج مربوط به آن نیز ارائه می‌گردد. [۱۴] ، [۱۰] ،[۸].

C.L.D مربوط به روش مهندسی معکوس [۴]

C.L.D مربوط به برنامه‌ریزی ورود سیستم (برنامه‌ریزی چگونه انجام پروژه (R&D)) [۱۴]،[۱۳] ،[۱۰].

C.L.D مربوط به برنامه‌ریزی، کنترل و زمان انجام پروژه [۱۴]، [۸]، [۳]

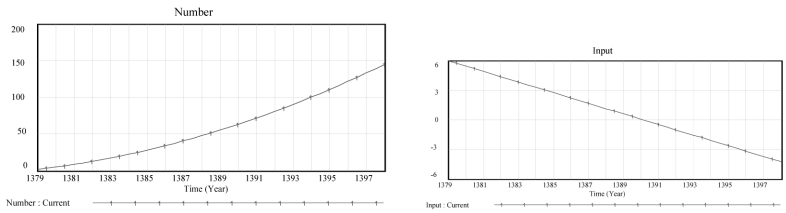
جمع‌بندی

همانطور که اشاره شد، هدف از این مقاله ارائه الگویی بومی شده برای بررسی قابلیت‌ها و توانمندی‌های واحد تحقیق و توسعه با تأکید بر مهندسی معکوس در کارخانه شیمیایی مهد تابان (تاژ) است. بر اساس الگوی ارائه‌شده، شاخص‌ها و پارامترهایی برای سنجش قابلیت‌ها و توانمندی‌های واحد تحقیق و توسعه ارائه گردیده است.

در این مدل برخی از پارامترهای اساسی که مورد سنجش و بررسی و تحلیل حساسیت قرار گرفتند عبارتند از: تعداد پروژه‌های انجام‌شده در واحد R&D، ورودی‌های سیستم اعم از مواد اولیه و نیازهای جدید، نیروی انسانی متخصص و ماهر، مدیریت متبحر R&D، برنامه‌ریزی و کنترل پروژه واحد تحقیق و توسعه.

در تحلیل حساسیت شاخص‌ها و پارامترهای فوق نتایجی حاصل گردید. با حذف

تغییر ضریب ورودی سیستم از ۰/۶۱- به ۱۰+



جدول ۲- جدول شرایط حدی خوش‌بینانه برای ورودی سیستم [۱۷] ،[۱۶]، [۱۱].

Year	حالت اولیه ورودی سیستم	شرایط خوش‌بینانه ورودی سیستم	تعداد پروژه‌ها در شرایط خوش‌بینانه
2011	0.6	7.7	55.09
2020	-4.2	9.23	144.78

جدول ۳- جدول شرایط حدی بدبینانه برای ورودی سیستم [۱۱] ،[۱۷]، [۱۶]

تغییر ضریب ورودی سیستم از ۰/۶۱- به ۰/۸۰-

Year	حالت اولیه ورودی سیستم	شرایط بدبینانه ورودی سیستم	تعداد پروژه‌ها در شرایط بدبینانه
2011	0.6	-1.3	-5.7
2020	-4.2	-7.8	16.8

جدول ۴- جدول شرایط حدی خوش‌بینانه برای نیروی انسانی [۲۰] ،[۵].

تغییر ضریب ورودی سیستم از ۰/۳۴- به ۰/۳+

Year	حالت اولیه منابع انسانی	شرایط خوش‌بینانه منابع انسانی	تعداد پروژه‌ها در شرایط خوش‌بینانه
2011	3.05	9.4	62
2020	-0.01	12.15	175.08

جدول ۵- جدول شرایط حدی بدبینانه برای نیروی انسانی [۲۰] ،[۵].

تغییر ضریب ورودی سیستم از ۰/۳۴- به ۰/۵-

Year	حالت اولیه منابع انسانی	شرایط بدبینانه منابع انسانی	تعداد پروژه‌ها در شرایط بدبینانه
2011	3.05	1.45	-8.7
2020	-0.01	-3.05	2.67

www.SID.ir

Archive of SID

محدودیت‌های شاخص‌ها یعنی در شرایط خوش‌بینانه برای متغیرها، اغلب شاهد رشد بسیار سریعی در میزان پارامترها و متغیرها و همچنین قابلیت‌های واحد تحقیق و توسعه خواهیم بود و در نهایت رشد پارامترها منجر به افزایش قابل توجهی در میزان تعداد پروژه‌های انجام‌شده توسط واحد تحقیق و توسعه خواهد شد. همچنین با بررسی شرایط معکوس یعنی تست حساسیت متغیرها در شرایط بدبینانه و افزایش موانع در پارامترها، اغلب شاهد روند کاهشی در میزان پارامترها و نیز روند کاهشی در تعداد پروژه‌های انجام‌شده در واحد تحقیق و توسعه خواهیم بود.

نهایتاً با بررسی خروجی‌های نمودارهای نرم‌افزاری مدل و تست حساسیت پارامترها و عوامل مؤثر مدل در این مقاله می‌توان قابلیت‌ها و توانمندی‌های واحد تحقیق و توسعه کارخانه تاژ را شناسایی کرد. می‌توان برای رسیدن به اهداف معین و اثربخشی برنامه‌ها از این شاخص‌ها و متغیرها استفاده نمود و یا با مقایسه نسبی با واحد تحقیق و توسعه صنایع دیگر یا واحد تحقیق و توسعه کارخانجات صنعتی کشورهای دیگر، کارایی و اثربخشی واحد تحقیق و توسعه را در کارخانه تاژ سنجید. نهایتاً از این الگو می‌توان برای شناخت قابلیت‌ها و توانمندی‌های مطلوب تحقیق و توسعه بهره جست و برای دستیابی به آن برنامه‌ریزی‌های لازم صورت گرفته و برای کنترل موفقیت برنامه نیز از آن بهره برد. این مدل قابلیت تعمیم و بکارگیری در اغلب زمینه‌های کاربردی برای انتخاب راهبردها، سیاست‌ها و پروژه‌های تحقیق و توسعه و دستیابی به فناوری جدید را دارد و به وسیله آن تأثیر پارامترهای اساسی مدل بر قابلیت‌ها و توانمندی‌های واحد تحقیق و توسعه را مشاهده خواهیم کرد.

با مشاهده تمامی جداول و نمودارهای عوامل اساسی، درمی‌یابیم علی‌رغم کاهش و نوسان متغیرها و عوامل مدل طی سال‌های ۸۸ـ۷۸ افزایش تعداد پروژه‌ها در واحد تحقیق و توسعه کارخانه تاژ، نشان‌دهنده کارایی نهایی سیستم تحقیق و توسعه در این کارخانه می‌باشد. این افزایش مربوط به فوریت و ضرورت انجام پروژه‌های

جدول ۶ـ جدول شرایط حدی خوش‌بینانه برای مدیریت تحقیق و توسعه [۱۴] ،[۱۳]

تغییر ضریب ورودی سیستم از ۰/۷۲ به ۰/۸۵

Year	حالت اولیه مدیریت R&D	شرایط خوش‌بینانه مدیریت R&D	تعداد پروژه‌ها در شرایط خوش‌بینانه
2011	3.3	4.6	11.7
2020	1.23	3.69	48.16

جدول ۷ـ جدول شرایط حدی بدبینانه برای مدیریت تحقیق و توسعه [۱۴] ،[۱۳]

تغییر ضریب ورودی سیستم از ۰/۷۲ـ به ۰/۵۵+

Year	حالت اولیه مدیریت R&D	شرایط بدبینانه مدیریت R&D	تعداد پروژه‌ها در شرایط بدبینانه
2011	3.3	1.6	-11.4
2020	1.23	-2	-7.4

جدول ۸ـ جدول شرایط حدی خوش‌بینانه برای برنامه‌ریزی و کنترل پروژه [۱۹] ،[۲]

تغییر ضریب ورودی سیستم از ۰/۰۷ـ به ۰/۱۰

Year	حالت اولیه برای برنامه‌ریزی و کنترل پروژه	شرایط خوش‌بینانه برای برنامه‌ریزی و کنترل پروژه	تعداد پروژه‌ها در شرایط خوش‌بینانه
2011	2.39	2.65	1.5
2020	-2.5	-1.9	19.05

جدول ۹ـ جدول شرایط حدی بدبینانه برای برنامه‌ریزی و کنترل پروژه [۱۹] ،[۲]

تغییر ضریب ورودی سیستم از ۰/۰۷ـ به ۰/۰۴ـ

Year	حالت اولیه برای برنامه‌ریزی و کنترل پروژه	شرایط بدبینانه برای برنامه‌ریزی و کنترل پروژه	تعداد پروژه‌ها در شرایط بدبینانه
2011	2.39	2.05	-0.05
2020	-2.5	-3.08	21.6

www.SID.ir

Archive of SID

ناتمام است که توسط عامل مهم مدیریت تحقیق و توسعه انجام می‌گیرد. با توجه به روابط تمام عوامل اساسی با یکدیگر و انجام رگرسیون و فرمول مربوطه مدل، می‌توان نتیجه گرفت که از همه عوامل مؤثرتر بر تعداد پروژه‌ها،عامل مدیریت و برنامه‌ریزی و کنترل پروژه‌ها می‌باشد و واحد تحقیق و توسعه کارخانه شیمیایی مهد تابان (تاژ) از نظر مدیریت تحقیق و توسعه از شرایط خوبی برخوردار است و دلیل این امر علاوه بر مشاهده روابط متغیرها و ضرایب فرمول، با توجه به اطلاعات و گراف‌ها به دلیل ضروریت و فوریت انجام پروژه‌های ناتمام و هماهنگی پارامترهای اصلی توسط مدیریت متبحر واحد تحقیق و توسعه است.

References

[1] Akhbari,mohsen and others,article of process of developmevt of new products,tadbir journal number 184,2008 (in persian)

[2] Allahyari,parinaz, designing a model for organizational R&D units of generator companies, MS thesis. (in persian)

[3] Amiri,farzad and others, article of john doe reel of development of new product in environment of generation of globalization level, third international conference R&D,2008 (in persian)

[4] Colin Bradley, The application of reverse engineering in rapid product development, ISI Technical paper,1998.

[5] Craig W.Kirkwood, System Dynamics Methods: A Quick introduction, college of Business Arizona State University, 1998

[6] Ebrahimi,abdolhamid,conference of development of new products http://www.irmmc.com/index1.htm (in persian)

[7] Fadaei,marjan, examination of effects of R&D unit on efficiency of industries, MS thesis,2010(in persian)

[8] Fort Collins,H.R.Kaufman,Book of R&D Tactics,1989.

[9]Ghani,asgar, application of reverse engineering in achieve to technology of wrapped products, MS thesis,2009. (in persian)

[10] Houshangnia,amir pasha, simulation of role of R&D in development process, MS thesis,2009(in persian)

[11] Jokar,mohamad sadegh, article of processes of structural for development of new product,(models of innovation in creation technology),2008 (in persian)

[12] Kheradmand,kamran, examination effect of R&D on profitable of industries in Iran, MS thesis, 2007. (in persian)

[13] Laghvi,reza, designing of R&D system and execution of it in weaving factories, MS thesis, 2010(in persian)

[14] Mardi,asghar, designing of system structure for R&D units in generator companies, MS thesis,2011(in persian)

[15] P.A.Roussel K.N.saad ,T.J.Erickson,Book of Third Generatino on R&D.Harvard Bussiness school press , Boston,1991.

[16] Rabelo,L. and Helal,M. Analysis of Supply chains using system dynamics, Neural Nets, and Eigenvalues,2004.

[17] Sterman,j, Bussiness Dynamics-Modeling & system thinking for a complex world, McGraw Hill, New York,USA,2000.

[18] Technology comercializati, the 5-Stage R&D Commercialization Process http://www.1000ventures.com/technology_transfer/tech_commercialization_main.html.

[19] Vittorio chiesa,Christina Masella,Paper of Searching for an effective measure of R&D performance, ISI Technical paper,1996.

[20]www.system dynamics.org/conferences/1998/PROCEED/abstracts.pdf

www.SID.ir