مدل ریاضی بهینه‌سازی تلفیقی سیاستها، استراتژیها و برنامه‌های دستیابی به تکنولوژی مورد نیاز واحدهای تولیدی در کشورهای در حال توسعه

دکتر علیرضا علی احمدی

استادیار و معاون پژوهشی دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده

در این مقاله موضوع انتخاب گزینه‌های مطلوب برای دستیابی به تکنولوژی مورد نیاز کشورهای در حال توسعه از طریق اعمال یکی از سیاستهای اساسی «انجام فعالیتهای تحقیق و توسعه در واحد تولیدی»، «انتقال تکنولوژی و دانش فنی از منابع خارجی» و «خرید اجزای محصول و مونتاژ آن» و از طریق به کارگیری استراتژیهای «نوآوری محصول»، «مهندسی معکوس»، «توسعه تکنولوژی داخلی»، «تولید تحت لیسانس خارجی» و «مونتاژ اجزای منفصله محصول» و «سرمایه‌گذاری خارجی»[1] مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

در این مقاله برای انتخاب بهینه گزینه‌های دستیابی به تکنولوژی از طریق سیاستها و استراتژیهای ممکن، یک مدل ریاضی دو مرحله‌ای پیشنهاد گردیده است.

در مرحله اول با استفاده از معیارهای بحرانی، کمّی و کیفی گزینه‌های مختلف مورد سنجش و مقایسه قرار گرفته و در نتیجه، شاخص مطلوب بودن هر یک از گزینه‌ها استخراج می‌گردد.

در مرحله دوم بهینه‌سازی فرایند تلفیق سیاستها و استراتژیهای تولید، تحقیق و توسعه و بازرگانی یک شرکت تولیدی از طریق انتخاب برنامه‌های (پروژه‌های) تحقیق و توسعه، انتقال تکنولوژی و واردات محصول به کمک یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح ۱-۰ و با در نظر گرفتن محدودیتهای فنی، مالی، نیروی انسانی، بازرگانی و اطلاعاتی صورت گرفته است.

واژه‌های کلیدی

برنامه‌ریزی استراتژیک تکنولوژی، سیاستهای تکنولوژی، مدلسازی برنامه‌ریزی ریاضی، مدل دو مرحله‌ای، بهینه‌سازی ریاضی سیستمها و استراتژیهای تحقیق و توسعه، انتخاب پروژه‌های چند معیاره، مدیریت تکنولوژی، مدیریت واحدهای تولیدی، کاربرد تئوری مطلوبیت، انتخاب پروژه‌ها، مدیریت پروژه.

مقدمه

استراتژیهای تکنولوژی ناظر بر انتخاب گزینه‌های تکنولوژی جدید و چگونگی به کارگیری آنها در محصولات و زمینه‌های جدید بهره‌برداری از منابعی است که امکان استفاده از تکنولوژیها را در محصولات و فرایندها فراهم می‌کند.

آقایان مدیکو و فروال (Medique, Frevala) معتقدند استراتژی تکنولوژی شرکت با سیاستهایی که در سایر زمینه‌های عملیاتی نظیر بازاریابی، تحقیق و توسعه، مالی، نیروی انسانی، تجهیزات و سخت‌افزار و کنترل اتخاذ می‌شود، تلاقی پیدا خواهد کرد. بنابر این برای تدوین استراتژی توسعه تکنولوژیک بنگاه تولیدی، باید تصمیماتی در زمینه گزینه انتخاب تکنولوژی، منابع تکنولوژی، زمانبندی رقابتی سطح سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و سطح رقابتی اتخاذ کند و در این راستا استراتژیستهای شرکت به سؤالاتی از این قبیل پاسخ دهند.

۱- با توجه به خطوط موجود شرکت و خطوط تولید جدید مرتبط با آن، نوآوری چه تکنولوژیهایی احتمال دارد؟ چه تکنولوژیهایی فرصتهایی را برای بهبود عملکرد شرکت و یا کاهش هزینه‌ها و یا افزایش سهم بازار فروش ایجاد می‌کند؟

۲- چگونه این تکنولوژیها برای دستیابی به تکنولوژی جدید باید به کار گرفته شود؟ سیاستهای دستیابی به تکنولوژی مورد نظر کدامند؟ چه معیارهای عملکردی می‌باید حاکم باشد؟

۳- یک بنگاه تولیدی تا چه میزان باید بر توسعه داخلی تکنولوژی تکیه کند، و تا چه میزان باید به منابع خارجی مثل قراردادهای تحقیقاتی و انتقال تکنولوژی و اخذ لیسانس از مخترعان مستقل و یا مؤسسات تحقیق و توسعه و مهندسی و یا رقیبان اتکا نماید؟

۴- تا چه اندازه در معرفی تکنولوژی جدید پیشقدم باشد و یا تأخیر نماید؟ با توجه به منافعی که ممکن است بر حسب پیشقدم بودن فراهم آید، در مقابل ریسک ناشی از عدم اطمینان در قبول تکنولوژی جدید در بازار و اینکه تا کجا اجازه دهد رقیبان پیشی گیرند و بعد ارزیابی از بازار به دست آورد؟

۵- برای دستیابی به تکنولوژیهای مورد نیاز، آیا پرسنل تحقیقاتی خویش را تقویت و تجهیز نماید یا مشاور از خارج مؤسسه انتخاب کنند و یا سفارش تحقیقات به مؤسسات صلاحیتدار بیرون از سازمان بدهد؟ آیا شرکت تولیدی باید اجازه دهد که سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه داخلی باعث نوسان در سود شرکت شود؟

۶- چگونه منابع (نظیر نیروی پژوهشگر، بودجه، وقت کامپیوتر، فضای تحقیقاتی، منابع ارزی و ...) به پروژه‌های تحقیق و توسعه تخصیص یابد؟

۷- آیا بنگاه باید بر تحقیقات توسعه‌ای و کاربردهای جدید تکنولوژی، که مستقیماً به واسطه مهندسی محصول به دست می‌آید، تأکید نماید یا بر پیشرفت دانش از طریق تحقیقات پایه یا کاربردی؟[۲]

بررسی منابع مدون دربارهٔ استفاده از تکنیکهای تحقیق در عملیات و علم مدیریت و سایر تکنیکهای کمّی به نتایج زیر در خصوص بهبود سیستمها و روشهای انتخاب پروژه تحقیق و توسعه و دستیابی به تکنولوژی منجر می‌گردد.

۱- باید خصوصیات سازمانی که تحقیق و توسعه را انجام می‌دهد، در نظر گرفت. همچنین استراتژیهای بازرگانی، تکنولوژیکی و تحقیق و توسعه و اهدافی که فعالیتهای مؤسسه از آنها حمایت می‌کنند، باید مورد بررسی قرار گیرند. همینطور سایر عوامل نظیر میزان در دسترس بودن اطلاعات برای سنجش هزینه‌ها، سودها و یکپارچگی فعالیتهای تحقیق و توسعه با روند تکنولوژی موجود با مجموعه متناسبی از معیارها مدنظر باشد.

۲- منافع و هزینه‌های اجتماعی و نیز عوامل اقتصادی توأمان باید سنجیده شوند و ممکن است معیارهای کمّی و کیفی هر دو مستلزم توجه بیشتری باشند،

۳- روشهایی را باید مدنظر قرارداد که معیارهای چندگانه‌ای را برای سنجش و ارزیابی سیاستها و استراتژیها و انتخاب گزینه‌های بهینه مدنظر قرارداده و مسائل را به صورت مجتمع و سیستماتیک مورد توجه قرار می‌دهند.

۴- در پدیدآوردن روشها و سیستمهای انتخاب پروژه تحقیق و توسعه، اطلاع از دیدگاه‌های مدیران و دست‌اندرکاران تحقیق و توسعه و به کارگیری آنها در اولویت دهی پروژه‌ها حائز اهمیت بسیار است.[۳]

هدف تحقیق

تاکنون محققان با استفاده از آنالیز اقتصاد مهندسی، روشهای رتبه‌بندی، برنامه‌ریزی آرمانی، تجزیه و تحلیل ریسک، برنامه‌ریزی عدد صحیح، تلفیقی از آنالیز سلسله مراتب (AHP) و برنامه‌ریزی ریاضی[۴-۵-۶] در راستای انتخاب و گزینش پروژه‌های تحقیق و توسعه تلاشهای مفیدی کرده‌اند، لیکن برای کشورهای در حال توسعه، که دستیابی به تکنولوژی از طریق سیاستها و استراتژیهای ترکیبی و با اجرای پروژه‌های مختلف تحقیقات صنعتی، انتقال تکنولوژی و خرید تجاری زیر مجموعه‌های تکنولوژی میسر است، ارائه الگویی مطلوب، که همزمان مسأله انتخاب استراتژیها، سیاستها و برنامه‌های (پروژه‌های) ممکن را مدنظر و مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد (در عین حال اطلاعات مورد نیاز آن به صورت کمّی و کیفی قابل دستیابی باشد) پاسخگوی بسیاری از تصمیمات مدیران واحدهای تولیدی این قبیل کشورهاست و از این‌رو ما به دنبال توسعه الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی موجود هستیم تا بتوانیم با استفاده از معیارهای کمّی، کیفی و در نظر گرفتن محدودیتها، استراتژی

تکنولوژی، تحقیق و توسعه و بازرگانی واحدهای تولیدی را به طور یکپارچه و هماهنگ تدوین، و پروژه‌های بهینه دستیابی به تکنولوژی مورد نیاز را انتخاب کنیم.

روش تحقیق

این تحقیق، پس از جستجو و مطالعه آثار مکتوب صاحبنظران و با استفاده از تجربیات چندین ساله نویسنده در دروس برنامه‌ریزی ریاضی و مدیریت استراتژیک صنعتی و تجربه‌های عملی درزمینه فعالیتهای تحقیق و توسعه و انتقال تکنولوژی تدوین گردیده است و در این راستا مقاله «قند فروش» و «مور»[7] با توجه به مشکلات سازمانهای تولیدی کشورهای در حال توسعه از دید برنامه‌ریزی استراتژیک توسعه داده شده است.

برای جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز مدل پیشنهادی ما در این مقاله، نیاز به طراحی پرسشنامه برای دستیابی به دیدگاه‌های تکنولوژیستها، مدیران و کارشناسان آگاه شرکت تولیدی از یک سو و همچنین در نظرگرفتن عوامل اقتصادی، مالی، فنی و انسانی به صورت کمّی و کیفی از طریق پروژه‌های قابل تعریف با توجه به اهداف، نقاط قوت و ضعف سازمان تولیدی مورد نظر از سوی دیگر وجود دارد. در این راستا در این مقاله چارچوب محورهای مورد بررسی درباره معیارهای بحرانی، کمّی و کیفی برای طراحان ارائه گردیده است. مدل دو مرحله‌ای ارائه شده را می‌توان از طریق پشتیبانی یک بانک اطلاعاتی به کمک نرم‌افزارهای بهینه سازی نظیر Lindo به راحتی با استفاده از کامپیوترهای شخصی PC حل کرد[8] و راهنماییهای لازم را برای استراتژیستها و مدیران شرکت گروه‌های علمی تحقیق و توسعه، بازرگانی و فنی و تولیدی فراهم نمود.

مدل دو مرحله‌ای انتخاب گزینه‌های سیاست تکنولوژی در شرکتهای تولیدی

در اینجا یک مدل دو مرحله‌ای ارائه می‌شود که فاز I شاخص مطلوبیت هر یک از گزینه‌های استراتژی با در نظر گرفتن عوامل کیفی و کمّی مؤثر در اولویت‌بندی پروژه‌ها تعیین می‌گردد که این شاخصها ضرایب متغیرهای تابع هدف فاز II را تشکیل می‌دهند.

در مرحله II عملیات بهینه‌سازی گزینش استراتژیها، سیاستها و برنامه‌ها با توجه به میزان مطلوب بودن نتایج و در نظر گرفتن اهداف و محدودیتهای فنی، اقتصادی و بازرگانی پروژه‌ها به صورت یک الگوی برنامه‌ریزی عدد صحیح ۱-۰ صورت می‌گیرد.

فاز I: تعیین مطلوبیت گزینه‌های استراتژی تکنولوژی

واحدهای تولیدی در کشورهای در حال توسعه برای دستیابی به تکنولوژی مورد نیاز جامعه با توجه به اهداف بنیانگذاران سازمان خویش از سیاستهای مختلفی نظیر:

۱- اجرای فعالیتهای تحقیق و توسعه

۲- انتقال تکنولوژی و دانش فنی از کشورهای پیشرفته

۳- خرید تجاری زیر مجموعه و قطعات منفصله تکنولوژی و اقدام برای مونتاژ و تکمیل آنها به گونه‌ای که قابل ارائه در بازار باشد پیروی کرده و برای تحقق این سیاستها از استراتژیهایی نظیر:

۱-۱- استراتژی نوآوری تکنولوژی

۱-۲- مهندسی معکوس

۱-۳- توسعه داخلی تکنولوژی جاری

۱-۴- کپی‌سازی

۱-۲- انعقاد قرارداد پشتیبانی فنی و انتقال تکنولوژی از منابع داخل کشور

۲-۲- انتقال تکنولوژی از منابع کشورهای پیشرفته

۲-۳- تولید تحت لیسانس

۲-۴- سرمایه‌گذاری مشترک با شرکتهای خارجی

۱-۳- خرید زیر مجموعه‌های منفصله تکنولوژی از بازارهای داخل یا خارج کشور و اقدام برای مونتاژ آنها و عرضه به بازار فروش بهره برده است.

معیارهای متفاوتی برای ارزیابی پروژه‌های مرتبط با استراتژی تکنولوژی و تحقیق و توسعه وجود دارند. آقای فیشر (Fischer, 1979) پنجاه و سه معیار متفاوت را که توسط کمپانیهای منطقه خودش مورد استفاده قرار گرفته‌اند، در منبع مورد بررسی، معرفی کرده است.[9]

این معیارها را در انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه به سه دسته تقسیم کرده‌اند:

۱- عوامل بحرانی (Critical Factors)

۲- عوامل عینی و کمّی‌پذیر (Objective Factors)

۳- عوامل ذهنی و کیفی (Subjective Factors)

عوامل بحرانی

عواملی بحرانی هستند که با وجود فقط یکی از این عوامل، از انتخاب گزینه‌ای صرف‌نظر گردد؛ مثلاً در صورتی که افق برنامه‌ریزی شرکتی پنجساله باشد گزینه‌هایی که زمان لازم برای دستیابی به آنها بیش از ۵ سال باشد، در آغاز تصمیم‌گیری از دوره مقایسه با سایر گزینه‌ها حذف می‌گردند، و یا در صورتی که حداقل احتمال موفقیت قابل قبول در واحد تحقیق و توسعه ۵۰٪ باشد، در صورتی که برآورد احتمال موفقیت گزینه‌ای کمتر از این مقدار باشد، در آغاز بررسیها آن گزینه حذف خواهد شد.

فهرست تعدادی از عوامل بحرانی برای تصمیم‌گیری در مورد انتخاب سیاستها و استراتژیهای دستیابی به تکنولوژی در واحدهای تولیدی بدین قرارند:

۱- حداقل احتمال موفقیت پروژه‌های تحقیق و توسعه و یا انتقال تکنولوژی

۲- حداکثر زمان لازم برای دستیابی به نتایج نهایی پروژه

۳- حداقل نرخ بازگشت قابل قبول برای سرمایه‌گذاری در هر یک از پروژه‌ها

۴- حداکثر سرمایه‌گذاری قابل قبول برای هر گزینه

۵- در دسترس نبودن حداقل نیروی انسانی محقق در زمینه‌های تخصصی مورد نیاز هر گزینه

۶- تحریم فنی - اقتصادی از سوی کشورهای پیشرفته برای پروژه‌های انتقال تکنولوژی و دانش فنی

۷- نبودن کارفرما (مشتری) برای پروژه‌های تحقیق و توسعه از درون یا برون سازمان تولیدی

۸- مجاز نبودن اجرای پروژه طبق مقررات موجود در زمینه محیط زیست و مصالح عمومی کشور

عوامل عینی

عوامل عینی دسته‌ای از عوامل هستند که با واحد پولی قابل سنجش و مقایسه بوده، در نتیجه به آسانی می‌توان آنها را به صورت کمّی، مورد سنجش و مقایسه قرار داد. فهرست تعدادی از عوامل عینی مناسب برای تصمیم‌گیری در باره گزینه‌های مورد نظر در این تحقیق عبارتند از:

۱- دستمزد پرسنل تحقیقاتی

۲- بودجه لازم برای خرید تجهیزات جدید تحقیقاتی

۳- هزینه استهلاک تسهیلات پژوهشی موجود

۴- هزینه‌های پشتیبانی پروژه‌ها

۵- هزینه‌های سربار

۶- هزینه‌های ساخت سفارشی در خارج شرکت

۷- هزینه خرید اجزای تکنولوژی

۸- هزینه حق لیسانس

۹- هزینه قرارداد انتقال تکنولوژی و دانش فنی

۱۰- حق مشاوره پرداختی به مشاوران

۱۱- قیمت تمام شده گزینه‌ها (قیمت به روز)

هر چه شاخص هر یک از این عوامل در گزینه‌ای کمتر باشد، مطلوب بودن آن گزینه از دید عوامل عینی (و نه لزوماً مطلوب بودن نهایی) مناسبتر است. لذا باید محاسبات مربوط به گونه‌ای تنظیم شود که شاخص جدید هر چه بزرگتر باشد، مطلوب بودن آن بیشتر باشد، درباره چگونگی این مطلب در قسمتهای بعدی توضیح خواهیم داد.

عوامل ذهنی

دسته سوم از عوامل مؤثر در انتخاب گزینه‌های دستیابی به تکنولوژی مورد نظر، عوامل ذهنی است که نمی‌توان آنها را بدون استفاده از یک روش نرخ‌گذاری و رتبه‌بندی تعیین کمیّت کرد. آنچه در زیر می‌آید تعدادی از این عوامل را ارائه می‌کند:

۱- درصد احتمال موفقیت بیشتر

۲- مدت اجرای کمتر

۳- سهم بازار بیشتر

۴- کمک به رشد نیروی محقق

۵- کمک به دستیابی تجهیزات پژوهشی

۶- تناسب گزینه با امکانات فنی و نیروی محقق موجود در شرکت

۷- کمک به پیشتازی شرکت در بازار

۸- نرخ برگشت بالاتر برای سرمایه‌گذاری

۹- سازگاری بیشتر با اهداف و رسالت شرکت

۱۰- هماهنگی و همراستایی با فرهنگ سازمانی

۱۱- کمک به خود اتکایی کشور

۱۲- مطلوبیت بیشتر برای به کارگیرنده تکنولوژی و ...

به این نکته باید توجه شود که اگر چه تعدادی از این عوامل ذهنی با بعضی از عوامل بحرانی شبیه هستند لیکن نقش آنها در هر موقعیت کاملاً متفاوت است؛ مثلاً در صورتی که معیار احتمال موفقیت گزینه‌ها ۵۰٪ تعیین شده باشد، و احتمال موفقیت چند گزینه ۶۰٪، ۴۰٪، ۹۰٪ برآورد شده باشد، آنگاه طبق معیارهای بحرانی گزینهٔ با احتمال موفقیت ۴۰٪ از لیست گزینه‌ها حذف خواهد شد؛ در حالی که طبق معیار کیفی انتخاب گزینه با احتمال موفقیت ۹۰٪ نسبت به گزینه دیگر با احتمال ۶۰٪ ترجیح داده خواهد شد.

همچنین باید یادآوری کنیم که معیارهای مورد استفاده برای انتخاب هر یک از گزینه‌های دستیابی به تکنولوژی تحت سیاستها و استراتژیهای ممکن متفاوت بوده، علاوه بر معیارهای مورد بحث می‌توان بر حسب مورد از ملاکهای دیگری نیز بهره گرفت. همچنین سنجش و به کارگیری تمام شاخصهای مطرح شده برای انتخاب هر گزینه مورد بررسی لازم نیست و ممکن است معیارهای گزینه دستیابی به یک تکنولوژی تحت سیاست و استراتژی معینی اصلاً با معیارهای دستیابی به همین تکنولوژی تحت سیاست و استراتژی دیگری مطابقت نداشته باشد.

شاخص مطلوبیت کل در هر یک از گزینه‌های دستیابی به تکنولوژی مورد نظر

هدف اصلی فاز اول مدل پیشنهادی تعیین شاخص مطلوبیت اجرای هر یک از گزینه‌های دستیابی به محصول جدید i تحت سیاست j و استراتژی k در راستای تحقق اهداف و رسالت یک بنگاه تولیدی در کشورهای در حال توسعه است. عبارتی که بدین منظور به کار گرفته می‌شود شاخص ترکیبی از سه دسته عوامل بحرانی، کمّی و کیفی مؤثر در انتخاب هر گزینه استراتژیک به شرح زیر است:

$$P_{ijk} = C_{ijk} \cdot [\alpha \cdot O_{ijk} + (1-\alpha) S_{ijk}], \ \forall i,j,k$$

که در آن هر یک از عوامل بدین قرارند:

P_{ijk} = مطلوبیت کل گزینه دستیابی به تکنولوژی i ام تحت سیاست اساسی j ام و استراتژی k ام در مقایسه با سایر گزینه‌ها به گونه‌ای که داریم: $0 <= P_{ijk} <= 1, \ \forall_{i,j,k}$

C_{ijk} = ارزش شاخص بحرانی برای رد یا قبول گزینه دستیابی به تکنولوژی i ام تحت سیاست اساسی j ام و استراتژی k ام به طوری که 1 یا $C_{ijk} = 0$ و برای رد هر گزینه‌ای کافی است حداقل فقط یک معیار بحرانی در مورد آن صدق نکند و ارزش صفر بگیرد.

O_{ijk} = ارزش نسبی شاخص مجموعه عوامل عینی مؤثر در انتخاب گزینه دستیابی به تکنولوژی i ام تحت سیاست j ام و استراتژی k ام به گونه‌ای که:

$$0 <= O_{ijk} <= 1 \ \forall i,j,k$$

$$\sum_i O_{ijk} = 1, \ \forall j,k$$

S_{ijk} = ارزش نسبی شاخص مجموعه عوامل ذهنی و کیفی مؤثر در انتخاب گزینه دستیابی به تکنولوژی i ام تحت سیاست j ام و استراتژی k ام. به طوری که:

$$0 <= S_{ijk} <= 1 \ \forall_{i,j,k} : \sum_i S_{ijk} = 1 \ \forall_{j,k}$$

α = ضریب وزنی تعیین شده به وسیله تحلیلگر و انتخاب کننده گزینه‌ها برای مجموعه عوامل عینی به گونه‌ای که $0 <= \alpha <= 1$

$(1-\alpha)$ = ضریب وزنی تعیین شده به وسیله تحلیلگر و انتخاب کننده گزینه‌ها برای مجموعه عوامل کیفی که مکمل عوامل عینی است.

سنجش شاخص عوامل بحرانی در هر گزینه

با توجه به اینکه معمولاً بیش از یک عامل بحرانی در انتخاب گزینه دستیابی به محصول i ام تحت سیاست اساسی j ام و استراتژی k ام می‌تواند مؤثر باشد، لذا C_{ijk} هر گزینه بدین گونه سنجیده و تعیین می‌شود:

$$C_{ijk} = \Pi_q C^q_{ijk} \ \forall_{i,j,k}, \ C^q_{ijk} = 0 \text{ یا } 1$$

که در آن C^q_{ijk} = ارزش عامل بحرانی q ام برای گزینه دستیابی به تکنولوژی i ام تحت سیاست اساسی j ام و استراتژی k ام است.

سنجش شاخص عوامل عینی در هر گزینه

تمامی عوامل عینی می‌توانند به صورت کمّی و بر حسب واحد پولی بیان شوند، در عین حال به منظور متناسب کردن با عوامل کیفی، هزینه‌های عوامل عینی باید به صورت شاخصهای

مقایسه‌ای و بدون دیمانسیون تبدیل شوند؛ بدین منظور داریم:

$$\bar{O}_{ijk} = [\, O_{ijk} \sum_{\substack{i \\ \forall j,k}} \frac{1}{\text{Min}\,(O_{ijk})} \,]^{-1},\ \forall_{ijk}$$

که در این فرمول هر گزینه‌ای که بیشترین مجموع هزینه‌های O_{ijk} را داشته باشد، دارای کمترین مطلوبیت برای مجموعه عوامل کمّی O_{ijk} خواهد بود.

سنجش شاخص عوامل کیفی در هر گزینه

اندازه شاخص عوامل کیفی هر گزینه براساس دو تعریف زیر بنا شده است:

۱- $\overline{SW_L}$ وزن اهمیت نسبی هر عامل کیفی در مقایسه با سایر عوامل کیفی

۲- $\overline{SR^L}_{ijk}$ رتبه نسبی هر گزینه نسبت به سایر گزینه‌ها و من حیث‌المجموع اندازه عوامل کیفی بدین گونه تعیین می‌شود:

$$S_{ijk} = \sum_L (\overline{SW}_L \cdot \overline{SR}^L_{ijk})\ \forall_{i,j,k},\ \sum_L \overline{SW}_L = 1,\ \sum_L \overline{SR}^L_{ijk} = 1$$

- رتبه هر عامل کیفی S_{ijk} هر چه بزرگتر باشد، بیشتر ترجیح داده می‌شود.

جمع‌بندی این مباحث در فاز I مدل پیشنهادی درباره شاخص مطلوبیت کل هر گزینه

اکنون الگوی سنجش مطلوبیت کل هر گزینه دستیابی به تکنولوژی i ام تحت سیاست اساسی j ام و استراتژی k ام بدین صورت به دست خواهد آمد:

$$P_{ijk} = \{\Pi_q (C^q_{ijk}) \cdot [\alpha [O_{ijk} \sum_{\substack{i \\ \forall j,k}} \frac{1}{\text{Min}(O_{ijk})}]^{-1} + (1-\alpha) \sum_i \sum_L (\overline{SW}_L \cdot \overline{SR}^L_{ijk})]\}$$

حال باید توجه داشته باشیم که:

۱- برای دستیابی به تکنولوژی i پس از بررسیهای لازم و تعیین مطلوبیت هر گزینه، نهایتاً فقط یکی از سیاستهای اساسی j و استراتژیهای ممکن k برای اجرا انتخاب می‌شود لذا در فاز Π این مسأله به صورت یک محدودیت اعمال خواهد شد.

۲- عموماً در مسأله ماکزیمم کردن مطلوبیت نهایی از بین گزینه‌های دستیابی به تکنولوژیهای مختلف i = 1 تا n محصولاتی که درجه مطلوبیت بیشتری داشته باشند با توجه به محدودیت منابع و امکانات لازم برای اجرا در فاز Π انتخاب می‌شوند.

فاز Π - مدل بهینه سازی ریاضی

تصمیم‌گیری مدیران برای انتخاب گزینه‌های بهینه استراتژی تکنولوژی شرکتهای تولیدی با در نظرگرفتن محدودیتهای واقعی، مستلزم به کارگیری تکنیکهای برنامه‌ریزی ریاضی از قبیل برنامه‌ریزی عدد صحیح ۱-۰، است که در اینجا به تشریح مدل پیشنهادی برای استراتژی بهینه تکنولوژی شرکت می‌پردازیم:

متغیر تصمیم: $X_{ijk} = 0$ یا 1

1 - اگر دستیابی به تکنولوژی i ام تحت سیاست اساسی j ام و استراتژی k ام صورت پذیرد.

0 = در غیر این صورت

تابع هدف: حداکثر کردن مطلوبیت کل گزینه‌های انتخابی

$$\text{Max} \sum_i \sum_j \sum_k P_{ijk} \cdot X_{ijk}$$

محدودیتهای کارکردی

۱- عملاً برای دستیابی به هر تکنولوژی فقط از طریق یک سیاست اساسی و استراتژی معین اقدام خواهد شد.

$$\sum_j \sum_k x_{ijk} <= 1\ \forall i = 1 \text{ تا } n$$

۲- در صورتی که تأکیدی بر اجرای تعداد معینی از گزینه‌ها تحت سیاست اساسی و استراتژی معینی صورت پذیرد.

$$\sum_i \sum_j X_{ijk} = n' \text{ و } \sum_i \sum_k X_{ijk} = n''$$

n' = تعداد گزینه‌های انتخابی تحت استراتژی k ام

n'' = تعداد گزینه‌های انتخابی تحت سیاست اساسی j ام

۳- در صورتی که نیازی به اجرای یک گزینه معین حتماً از طریق یک استراتژی یا سیاست مشخص وجود داشته باشد.

$$\sum_j X_{ijk} = L\ \forall i,k = \text{مشخص} \text{ و } \sum_k X_{ijk} = 1,\ \forall i,j = \text{مشخص}$$

۴- محدودیتی در میزان دستیابی به هر یک از منابع کمیاب وجود داشته باشد.

نیروی محقق یا میزان سرمایه و ارز در دسترس یا میزان وقت

کامپیوتر یا فضای تحقیقاتی = $\forall L$

$$\sum_i \sum_j \sum_k b_{ijk}{}^L \cdot X_{ijk} <= B^L$$

$B_{ijk}{}^L$= سهم نیاز به منبع کمیاب L برای اجرای پروژه دستیابی به تکنولوژی i ام تحت سیاست اساسی j ام و استراتژی k ام.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

همانگونه که در صفحات قبل مشاهده شد، تدوین استراتژی تکنولوژی در شرکتهای تولیدی در کشورهای جهان سوم از طریق طراحی و به کارگیری یک مدل دو فازی بهینه‌سازی ریاضی میسر گردید به گونه‌ای که در فاز اول با استفاده از معیارهای بحرانی و کمّی و کیفی شاخص مطلوبیت هر یک از گزینه‌های دستیابی به تکنولوژی مورد نیاز شرکت تعیین گردید، و در فاز دوم بهینه سازی انتخاب یکپارچه سیاستهای اساسی، استراتژیها و پروژه‌های تحقیق و توسعه، انتقال تکنولوژی و خرید تجاری اجزای منفصله محصول با توجه محدودیتهای فنی و انسانی و بازرگانی صورت گرفت. در اینجا نتیجه کار به صورت یک مدل بهینه سازی ریاضی بدین شرح خلاصه می‌گردد:

حداکثر مطلوبیت گزینه‌ها $\quad \text{Max} \sum_i \sum_j \sum_k P_{ijk} \cdot X_{ijk}$

ST:

محدودیت فنی و تجاری $\quad \sum_j \sum_k X_{ijk} <= 1 \quad \forall i = 1 \text{ تا } n$

محدودیت تعداد گزینه‌های تحت استراتژی و سیاست معین

$$\sum_i \sum_j X_{ijk} = n' \ \forall k \quad \text{و} \quad \sum_i \sum_k X_{ijk} = n'' \forall j$$

محدودیت دسترسی به منابع کمیاب شرکت

هر یک از منابع کمیاب = $\forall L$

$$\sum_i \sum_j \sum_k b^L{}_{ijk} \cdot X_{ijk} = B^L$$

اگر دستیابی به تکنولوژی i ام تحت سیاست اساسی j ام و استراتژی k ام صورت پذیرد = ۱

در غیر این صورت = ۰

X_{ijk}

در ضمن این مدل برای انتخاب تکنولوژی خطوط بسته‌بندی شرکت صنایع بسته‌بندی ایران به کار گرفته شده و نتایج موفقیت‌آمیزی به همراه داشته است.

منابع و مآخذ

۱- علی احمدی، علیرضا، «استراتژیهای دستیابی به تکنولوژی و نقش فعالیتهای تحقیق و توسعه در آنها»، مقاله ارائه شده در سمینار، (تحقیق و توسعه اداره کل صنایع استان خوزستان، اهواز، ۱۳۷۲.

2- Medique, Frevala., **"Technology Strategy"**, P. 234.

3- Brucel, goldere., "The Analytical Hierarchy Process Application and Studies", **Management Science**, 1989.

4- Cook, W.d. and L.m. Seiford, "R & D Project Selection in a Multi-Dimensional Environment", **A Practical Approach, Journal of the Operational Research Society"**, Vol. 33, No 5, 1982.

5- Dean. B.V. and J.I.Goldhar, **"Management of Research and Development"**, TIMS Studies in the Management Science, North-Holland Publishing Co. Amesterdam, 1980

6- Dean, B.V. and G.R.Madey. R & D Project Evaluation and Selection, **"An R & D Portfolio Model Used Within An Aerospace Firm"**, Project Management: Methods and Studies, Elsevier Science, 1985.

7- French, S. **"A Survey and Interpretation of Multi-Attribute Utility Theory"**, Multi-Objective Decision Making, Academic Press, New York, 1983.

8- Parviz Ghand Foroush and Laurence J. Moore., **"Multi-Project, Multi-Criteria Evaluation And Selection Model For R & D Managment"**., Managment of R & D and Engineering, 1992.

۹- علی احمدی، علیرضا، راهنمای کار با نرم افزار بهینه سازی Lindo، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۶۸، تهران، ایران.

10- Fischer G.W., **"Utility Models for Multiple Objectives"**, Decision Secience, Vol. 10, 1979.

۱۱- احسانی، رحیم، روشهای ارزیابی و انتخاب پروژه‌های دستیابی به تکنولوژی جدید و کاربرد آن در شرکت صنایع بسته‌بندی ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع به راهنمایی دکتر علیرضا، علی‌احمدی، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۷۵.