

ممیزی تکنولوژی و ارائه راهکار مناسب جهت کاهش شکافهای تکنولوژی

احمد جعفر نژاد^Ø
علی مروتی^{ØØ}

چکیده

این مقاله با هدف ارزیابی توانمندی تکنولوژی¹ یکی از شرکتهای حاضر در صنعت فولاد آلیاژی کشور و ارائه راهکار جهت کاهش شکافهای تکنولوژی موجود در این سازمان تدوین شده است. بدین منظور با توجه به تقاضای بازار در سال 1383، سه محصول کلیدی صنعت فولاد آلیاژی که هم اینک شرکت فولاد آلیاژی مورد مطالعه توانمندی تکنولوژیک تولید آنها را ندارد ولی بالاترین تقاضا را داشته‌اند انتخاب شدند. در ادامه 33 زیرتکنولوژی کلیدی که در تولید این سه محصول نقش دارند مشخص شدند و سطح موجود و مطلوب این زیرتکنولوژی‌ها برای تولید سه محصول انتخاب‌شده با استفاده از مدل مدیریت نیازهای تکنولوژی ارزیابی شد. سپس با توجه به سطح مطلوب و موجود، میزان شکاف تکنولوژی مشخص شد. وجود شکاف تکنولوژی در 14 مورد از زیرتکنولوژیهای کلیدی پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات مورد تأیید قرار گرفت. در ادامه با استفاده از تکنیک پویایی سیستم مدلی پویا از روابط بین متغیرهای مسئله شکاف تکنولوژی سازمان تهیه شد که با استفاده از آن ارزیابی تصمیمهای مدیریت در رابطه با روش مناسب اکتساب تکنولوژی امکان پذیر می‌شود.

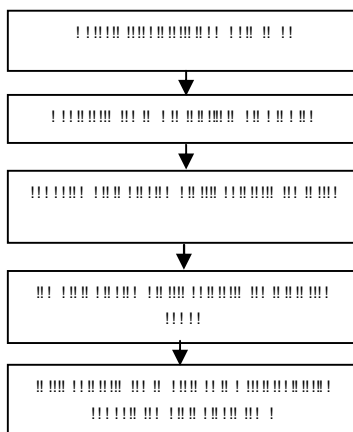
مفاهیم کلیدی: تکنولوژی²، ممیزی تکنولوژی³، مدل مدیریت نیازهای تکنولوژی⁴، شکاف تکنولوژی⁵، مدل‌سازی پویایی‌های سیستم⁶.

Ø- دانشیار گروه مدیریت دانشگاه تهران

ØØ- دانشجوی دکتری مدیریت دانشگاه تهران

مقدمه

امروزه برای باقی ماندن در عرصه رقابت، سازمانها ناگزیر باید به تحوّل تکنولوژی و ایجاد تکنولوژیهای پیشرفته روی بیاورند. اما این سؤال مطرح می‌شود که در مسیر به دست آوردن تکنولوژی، بهترین راه برای کم کردن شکاف تکنولوژی کدام است؟ در این پژوهش یک شرکت فولاد آلیاژی مورد مطالعه قرار گرفته است. نویسندگان بعد از ممیزی و ارزیابی توانمندی‌های تکنولوژیک این شرکت شکافهای تکنولوژیک آنرا شناسایی کرده و راهکار مناسب جهت از بین بردن شکاف تکنولوژی ارائه می‌دهند. فرایند کلی پژوهش بدین شرح است که ابتدا محصول و تکنولوژی مربوطه تشریح شده‌است، سپس برای سنجش شکاف تکنولوژی خطکش طراحی شده‌است و به کمک آن شکاف تکنولوژی بین وضعیت موجود و مطلوب اندازه‌گیری شده‌است. در ادامه علل شکاف تکنولوژی بین وضعیت موجود و مطلوب بررسی شده و در نهایت جهت کاهش شکافهای تکنولوژی راهکارهایی ارائه شده‌است. فرایند پژوهش را می‌توان به شکل زیر که فرایند کلان مدل مدیریت نیازهای تکنولوژی می‌باشد نشان داد:



شکل 1- فرایندهای کلان مدل مدیریت نیازهای تکنولوژی

منبع: طباطبائیان و دیگران، 1384

ادبیات پژوهش

صاحب‌نظران تعاریف متنوعی از تکنولوژی ارائه کرده‌اند. جدول 1 تعریف‌هایی از تکنولوژی که توسط صاحب‌نظران ارائه شده‌است را نشان می‌دهد:

جدول 1- تعاریف ارائه شده از مفهوم تکنولوژی

ارائه دهنده	سال	تعریف
جندرون	1977	تکنولوژی هر گونه دانش کاربردی نظم یافته مبتنی بر تجربه و یا تئوریهای علمی است که در روشها و مهارتهای تولید، سازمانها و یا ماشین آلات به کار رفته است (قاضی نوری، 1383:7).
براون	1998	تکنولوژی به عنوان راهکارها و اهدافی تلقی می شود که انسان را به تولید ماهرانه و اثربخش رهنمون می کند (براون، 1998:17).
خلیل	2000	تکنولوژی کلیه دانشها، محصولات، ابزار و روشها و سیستمهایی است که به خدمت گرفته می شود تا محصول یا خدمتی ارائه شود. تکنولوژی روش انجام کار و ابزاری است که توسط آن به اهداف نایل می شویم. تکنولوژی، کاربرد عملی دانش و ابزاری جهت کمک به تلاش انسانهاست (خلیل، 2000:34-35).
جردن و سایرین	2003	تکنولوژی کاربرد علمی دستاوردهای علمی و فنی به منظور پاسخ به یک یا چند نیاز است (Jordan et al, 2003).

شاید امروزه بهره گیری مؤثر از تکنولوژی، مهمترین موضوع پیش روی شرکتهای تکنولوژی محور باشد و مطمئناً این روند در آینده تشدید خواهد شد (مگانتز، 2002:4-3). ویژگی مشترک تمام تعاریف یاد شده در بالا تأیید این نکته است که تکنولوژی صرفاً سخت افزار و تجهیزات را شامل نمی شود و دارای ابعاد و اجزاء مختلفی است. توانمندیهای تکنولوژیک هسته ای یک سازمان شامل مجموعه ای از مهارت های متمایز (که در سرمایه انسانی سازمان قرار دارد)، راهواره های سازمانی (که در سطح شرکت اجرا می شود) و داراییهای خاص (تکنولوژیهای پیشرفته تولید، سیستمهای اطلاعات، تولید به کمک کامپیوتر و ...) که زیربنای مزیت رقابتی سازمان هستند، می باشد (Harrison&Samson, 2002:219-220).

ممیزی تکنولوژی

ممیزی تکنولوژی فرایندی است که تعاریف متفاوتی از آن ارائه شده است. گروهی هدف از ممیزی تکنولوژی را شناسایی نقاط قوت و ضعف تکنولوژی سازمان دانسته اند و گروهی آن را ابزاری برای تشخیص تکنولوژیهای کلیدی سازمان می دانند. در جدول 2 چند تعریف از فرایند ممیزی تکنولوژی ارائه شده است:

جدول 2- تعاریف ارائه شده از ممیزی تکنولوژی

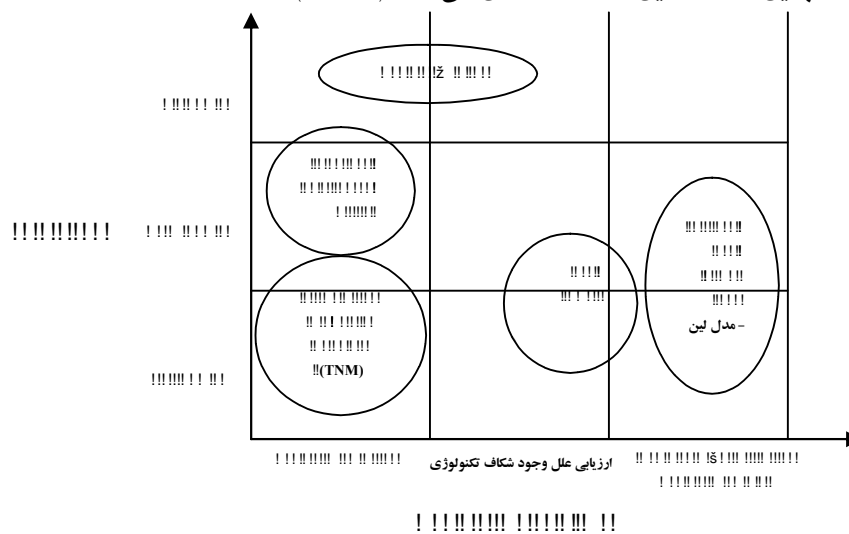
منبع	تعریف از ممیزی تکنولوژی	هدف از ممیزی تکنولوژی
پورتر	ممیزی تکنولوژی تحلیلی است که جهت شناسایی نقاط ضعف و قوت داراییهای تکنولوژی سازمان انجام می شود و هدف آن ارزیابی موقعیت تکنولوژی سازمان در مقایسه با رقبا و پیشرفته ترین تکنولوژیهاست (Porter, 1985).	هدف از ممیزی تکنولوژی
آراستی	ممیزی تکنولوژی، ارزیابی توانمندی تکنولوژیک است که در فرایند انجام آن در مورد بنگاه مرتبط، ارزیابی تکنولوژی انجام می شود. البته این ارزیابی نسبی است. به این معنی که در ارزیابی تکنولوژی بنگاه به مقایسه بنگاه با سایر بنگاهها یا شرایط ایده آل پرداخته می شود (آراستی، 1384).	شناسایی نقاط قوت و ضعف
طباطبائیان	ممیزی تکنولوژی ابزاری برای تعیین محور توانایی ماتریس جذابیت- توانایی می باشد. بدین معنی که ممیزی تکنولوژی ارزیابی توانمندی تکنولوژیک سازمان می باشد و نقاط ضعف و قوت تکنولوژی سازمان را مشخص می کند (طباطبائیان، 1381).	
فروزش	ممیزی تکنولوژی تشخیص تکنولوژی های کلیدی در یک سازمان تعریف شده است (فروزش، 1382).	تشخیص تکنولوژیهای کلیدی و کشف فرصتها
کینگهام	ممیزی تکنولوژی کشف فرصتهایی است که درآمد بیشتری را از ماشین آلات، تجهیزات و تمامی اجزاء تکنولوژی ایجاد می کند. در ممیزی به دنبال شناسایی دامنه و حیطه وسیعی از فرصتها هستیم که می تواند درآمد اضافی برای شرکت ایجاد کند (Kingham, 1992:2).	

نکته ای که باید به آن توجه داشت این است که ممیزی تکنولوژی با ارزیابی تکنولوژی متفاوت است. ارزیابی تکنولوژی شکلی از پژوهش درباره سیاست گذاری است که قادر است ارزیابی جامعی از یک تکنولوژی را برای تصمیم گیرنده فراهم سازد (شریف، 1983:141). برای ممیزی تکنولوژی روشهای مختلفی وجود دارد. در یک دسته بندی کلی، هر نوع ارزیابی تکنولوژی در یکی از دسته های پنج گانه زیر قرار می گیرد:

الف) ارزیابی محتوای تکنولوژی در سطح شرکت، بخش یا ملی
 ب) ارزیابی فضای تکنولوژی در سطح شرکت، بخش یا ملی

ج) ارزیابی موقعیت تکنولوژی در سطح رشته یا زیربخشهای فعالیت
 د) ارزیابی تواناییهای تکنولوژی در سطح بخش یا کلان
 ه) ارزیابی نیازهای تکنولوژی در سطح بخش یا ملی (معینی و دیگران، 1383).
 اما از جنبه سطح ارزیابی تکنولوژی، فعالیتهای اندازه‌گیری سطح علم و تکنولوژی در چهار سطح به شرح زیر انجام می‌شود:
 سطح اول: تجزیه و تحلیل در سطح بنگاه
 سطح دوم: تجزیه و تحلیل بین بنگاهی
 سطح سوم: تجزیه و تحلیل در سطح بخشی
 سطح چهارم: سطح مقایسه‌ی منطقه‌ای (اطلس تکنولوژی، 1369: 77-76).
 مدل‌های بسیاری برای ممیزی تکنولوژی وجود دارد که هر مدل با توجه به دیدگاه خاصی تنظیم شده است. در این پژوهش پس از انجام مطالعات مقدماتی، مدل‌های ذیل جهت اندازه‌گیری سطح تکنولوژی شناسایی شده است که از میان آنها مدل مدیریت نیازهای تکنولوژی (TNM) برای ممیزی تکنولوژی سازمان مورد مطالعه انتخاب شده است.

دسته‌بندی زیر از مدل‌های ممیزی تکنولوژی به نحو واضح‌تری حوزه کاربرد مدل‌های نامبرده و همچنین کارکرد این مدل‌ها را نشان می‌دهد. (شکل 2)



شکل 2- دسته‌بندی مدل‌های ممیزی تکنولوژی

منبع: Arasti, 2004

با توجه به دسته‌بندی یاد شده در بالا و این که یکی از اهداف پژوهش حاضر تعیین شکاف تکنولوژی می‌باشد و همچنین حوزه پژوهش نیز سطح یک بنگاه است بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مدل ارزیابی مستقیم توانمندیهای تکنولوژیک یک مدل مناسب برای انجام این پژوهش می‌باشد. به همین دلیل این مدل به شکلی مبسوط در قسمت بعد تشریح شده‌است.

مدل مدیریت نیازهای تکنولوژی (TNM)

شرکتها و بنگاههای تولیدی همواره درگیر مسائل اجرایی بسیار زیادی از قبیل خرید، فروش، تأمین مواد اولیه، امور حسابداری، بیمه و همچنین تغییرات شدید در محیط رقابت می‌باشند. لذا استفاده از مدلها و روشهای طولانی حل مسئله در این بنگاهها جوابگو نمی‌باشد. به عبارت دیگر مدیران فنی و کارشناسان خبره شرکتها و سازمانها با توجه به تجارب کسب کرده و به طور ذهنی قادر به تعیین حدود توانایی شرکت در حوزه‌های مختلف تکنولوژی می‌باشند. به نظر می‌رسد ابزار مناسب جهت تأیید و تصدیق این تخمینهای ذهنی مدلهای توانمندی تکنولوژی می‌باشد. تجربه نشان می‌دهد که مدلها و روشهایی که در شرکت به کار گرفته می‌شوند بایستی دو خاصیت اساسی داشته باشند اول این که ساده و قابل فهم باشند و دوم این که در زمان کوتاه و قابل قبول نتیجه را ارائه دهند. مدل مدیریت نیازهای تکنولوژی هم ساده و قابل فهم است و هم در زمان کوتاه می‌توان نتیجه قابل قبول گرفت. در این مدل پژوهشگران و کارشناسان بطور مستقیم می‌توانند توانمندی تکنولوژیهای بنگاه خود را تعیین کنند (اطلس تکنولوژی، 1369: 101).

مدل مدیریت نیازهای تکنولوژی (TNM) را می‌توان تلفیقی از چند مدل ممیزی دانست از جمله مدل سطوح توانمندی تکنولوژی که توسط تاشمن⁷، ارائه شده است. این مدل نیز به شکلی مشابه با مدل مدیریت نیازهای تکنولوژی (TNM) سطوح توانمندی تکنولوژی را به هشت سطح آگاهی، توان بهره‌برداری، توان تعمیر و نگهداری (انجام اصلاحات جزئی)، توان ساخت، توان طراحی و مهندسی (انجام اصلاحات کلی)، توان پژوهش و توسعه (پژوهشهای با هدف خاص)، توان پژوهش کاربردی (پژوهشهای با چشم‌انداز) و پژوهشهای پایه‌ای یا بنیادی (پژوهشهای بدون چشم‌انداز) دسته‌بندی می‌کند. اما در مدل مدیریت نیازهای تکنولوژی (TNM) سطح ساخت به علت این که حالتی میانه بین اصلاح جزئی و اصلاح کلی داشته است حذف شده و سه سطح پژوهشها در یک سطح به نام سطح تولید دانش ادغام شده است و تعداد سطوح توانمندی

تکنولوژی به پنج سطح کاهش یافته است. البته ممکن است در مورد بعضی از زیرتکنولوژیهای خاص تنها چهار سطح توانمندی را بتوان در نظر گرفت و سطح تولید دانش اصلاً مطرح نباشد.

تفاوتی که در این مدل در مقایسه با مدلی نظیر مدل اطلس تکنولوژی برای ممیزی تکنولوژی دیده می‌شود این است که در این مدل به جای آن که تکنولوژی سازمان به اجزای تکنولوژی تفکیک شود و هر جزء مورد ارزیابی قرار گیرد تکنولوژی کل سازمان به زیرتکنولوژیهای تفکیک می‌شود و هر یک از زیرتکنولوژیها به شکل مجزا ارزیابی می‌شود. در ادبیات موضوع نیز به این نکته اشاره شده است که در یک برداشت کلی تکنولوژی سازمان از مجموعه‌ای از زیرتکنولوژیها تشکیل شده است که برای ابعاد مختلف فعالیتهای سازمان مورد استفاده قرار می‌گیرند. تکنولوژی یک سازمان را می‌توان به اجزای تشکیل‌دهنده آن تفکیک کرد. برای مثال یکی از روشهای تفکیک تکنولوژی سازمان به زیرتکنولوژیهای آن تفکیک بر اساس زنجیره ارزش‌زای⁸ سازمان است (Burgelman & Maidique, 1988:34).

مدل مدیریت نیازهای تکنولوژی دارای پنج گام اساسی است. در گام اول ضمن توصیف محصول موجود و مطلوب به بیان تکنولوژیهای محصول موجود پرداخته می‌شود. در گام دوم برای تکنولوژیها و زیرتکنولوژیهای محصول موجود خط‌کش طراحی می‌شود. در گام سوم ضمن مشخص نمودن وضعیت موجود، وضعیت مطلوب هر یک از تکنولوژیها و زیرتکنولوژیها نیز معین می‌شود.

در این راستا شکاف تکنولوژی نیز بین وضعیت موجود و مطلوب مشخص می‌شود (Burgelman & Maidique, 1988:34;101-102). البته باید به این نکته توجه داشت که در زمان تعیین وضعیت مطلوب تکنولوژی، ممکن است سازمان از نظر تکنولوژی در آن صنعت در منطقه، قویترین باشد که در نتیجه باید یک وضعیت ایده‌آل‌تر مجازی را در نظر گرفت (آراستی، 1384). در گام چهارم ضمن بیان میزان و نواحی شکاف علل ایجاد شکاف نیز بررسی می‌شود. سرانجام در گام پنجم به ارائه راهکارهایی جهت جبران شکاف تکنولوژی پرداخته می‌شود و سازمان جهت جبران شکاف تکنولوژی اقدام به توسعه تکنولوژی می‌کند.

هدف از توسعه تکنولوژی عمدتاً بالا بردن سطح کیفیت محصولات، افزایش توان بهبود و ارتقاء تکنولوژی می‌باشد. ارتقاء تکنولوژی ناظر به فعالیت‌هایی است که منجر به ارتقاء سطح تکنولوژی می‌شود و به توسعه منابع انسانی، توسعه و بهبود فرایندها و

نهایتاً به افزایش بهره‌وری در بنگاه می‌انجامد (اسدی‌کرم، 1381). دو مورد از روشهای توسعه تکنولوژی توسعه درون‌زا و انتقال تکنولوژی می‌باشد. گاهی اوقات ترکیبی از توسعه درون‌زا و انتقال تکنولوژی برای دستیابی به تکنولوژی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ragaitis, 1999).

خلیل (2000) انتقال تکنولوژی را به عنوان یکی از روشهای اکتساب تکنولوژی در کنار سرمایه‌گذاری مشترک، خرید حق امتیاز، پژوهشهای داخلی و واگذاری قراردادی پژوهشها به خارج از شرکت معرفی می‌کند. اما گروهی خرید حق امتیاز، همکاری مشترک، پژوهش و توسعه مشترک، قراردادهای پیمانکاری پژوهش و توسعه را به عنوان روشهای انتقال تکنولوژی می‌شناسند (آراستی و دلاوری، 1383).

از یک دیدگاه روشهای اکتساب تکنولوژی به روشهای زیر دسته‌بندی شده‌اند:

- استفاده از پژوهشهای داخلی
- سرمایه‌گذاری مشترک
- واگذاری قراردادی پژوهشها به خارج از شرکت
- خرید حق امتیاز تکنولوژی
- خرید تکنولوژی از دیگران (خلیل، 2000: 599-597).
- معمولاً در پروژه‌های بزرگ که هزینه و ریسک سرمایه‌گذاری بالا می‌باشد استفاده از همکاری مشترک اهمیت زیادی پیدا می‌کند.
- همکاری در زمینه پژوهش و توسعه به چند طریق امکان‌پذیر است:
 - پژوهش و توسعه مشترک⁹
 - قرارداد پژوهش و توسعه¹⁰
 - قراردادهای پیمانکاری پژوهش و توسعه¹¹.
- با خرید حق امتیاز تکنولوژی می‌توان حق امتیاز یا تخصص مفیدی که در سازمان پژوهشی، دانشگاه، صنعت یا در دست افراد، عاطل و بی‌فایده مانده است را برای تکمیل کردن و به کار انداختن و یا فروش به مشتریانی که امکانات بیشتری دارند خریداری کرد (ساپ‌چوی، 1367: 154). این روش دستیابی به تکنولوژی معمولاً در صنایع غذایی و دارویی و نیز فعالیتهای خدماتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش سازمان گیرنده تکنولوژی علاوه بر تسلط بر تکنولوژی مورد نظر، با استفاده از نام و اعتبار شرکت مالک تکنولوژی به عرضه محصول یا خدمت در بازار اقدام می‌کند (Radosevic, 1999).

برای بسیاری از سازمانهای تولیدی، تکنولوژی بخش مکمل دانش سازمانی آنهاست (Kogut&Zander,1993). سازمانها برای استفاده بهتر از تکنولوژی به عنوان یک منبع، از طریق انتقال تکنولوژی دانش خود را توسعه می دهند (Braun&Bennett,2002). لین (2003) نیز به این نکته اشاره می کند که شرکتهایی که در کشورهای در حال توسعه منابع پژوهش و توسعه محدودی دارند با انتقال تکنولوژی می توانند به مزیت رقابتی پایدار دست یابند. روشهای انتقال تکنولوژی به شکل زیر دسته بندی شده اند:

- انتقال بین المللی فن آوری

- انتقال از دولت یا دانشگاه به صنعت

- انتقال برون شرکتی فن آوری بین شرکتهای مختلف

- انتقال درون شرکتی فن آوری درون همان شرکت.

انتقال درون شرکتی فن آوری به دو نوع انتقال افقی و انتقال عمودی تقسیم شده است. انتقال افقی عبارت است از انتقال فن آوری در بخشهای مختلف یک شرکت. انتقال عمودی عبارت است از انتقالاتی که در خلال فرایند نوآوری رخ می دهد (جعفرنژاد، 1378:70).

در زمینه این موضوع که برای کسب تکنولوژی از پژوهشها استفاده شود یا از انتقال تکنولوژی نباید چنین تصویری در ذهن ایجاد شود که این دو روش کاملاً در مقابل یکدیگر قرار می گیرند بلکه می توان گفت این دو روش اکتساب تکنولوژی مکمل یکدیگرند. می توان گفت که انتقال تکنولوژی مقدمه ای بر پژوهش و پژوهشها مقدمه ای بر انتقال تکنولوژی بیشتر است (طباطبائیان، 1381).

در این پژوهش هدف آن است که پس از مشخص شدن شکاف تکنولوژی موجود در کارخانه فولاد آلیاژی مورد مطالعه، با استفاده از شبیه سازی مسئله شکاف تکنولوژی و بررسی سیاستهای مختلف روی مدل شبیه سازی شده راهکار مناسب برای ارتقاء تکنولوژی کارخانه مورد مطالعه ارائه شود.

مدل سازی پویایی های سیستم

به علت تعاملات بین بخشهای مختلف یک سیستم لازم است که افراد تلاش کنند که رفتار سیستم را با نگرش سیستمی درک کنند. این درک فقط می تواند از طریق مطالعه و شناخت همه اجزا و ارتباط بین آنها در قالب یک سیستم به دست آید (Sterman,2000). مدلهای همواره ابعاد ساده شده واقعیت هستند. هدف از مدل سازی سیستم پویا به دست

آوردن درک و دیدگاهی در مورد روابط سیستم است، تا بتوان خط‌مشی‌های ممکن برای بهبود سیستم را مورد بررسی قرار داد (Shi&Gill,2005).

تکنیک پویایی‌های سیستم برای اولین بار در اواخر دهه 1950 توسط یک گروه از پژوهشگران به رهبری فارستر¹² در دانشگاه MIT¹³ توسعه داده شد (Coyle,1996). برای اولین بار فارستر برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی یک روش تصمیم‌گیری بلندمدت در مسائل پویای مدیریت صنعتی، از پویایی‌های سیستم استفاده کرد (Forrester,1961). بعد از آن پویایی‌های سیستم برای مسائل تدوین استراتژی و خط‌مشی‌گذاری در کسب و کارهای مختلف به کار گرفته شد (Sterman,2000, Coyle,1996;Barlas,2002). شواهدی دال بر این موضوع وجود دارد که پویایی‌های سیستم می‌تواند به درک و فهم محیط‌های پیچیده کمک کند (Spector etal,2001).

پویایی‌های سیستم یک روش، ابزار و مفهوم است. پویایی‌های سیستم کاربرد سیستمها، اصول و تکنیکهای کنترل بازخورد برای مسائل مدیریتی، سازمانی و اجتماعی - اقتصادی است. پویایی‌های سیستم در کاربرد مدیریتی به دنبال ادغام چندین حیطه و وظیفه‌ای سازمان در یک کلیت مفهومی می‌باشد. این روش میانی کمی و سازمان‌یافته برای طراحی اثربخش‌تر سیاستهای سازمانی فراهم می‌کند (Roberts,1978). فارستر (2000) به این نکته اشاره می‌کند که روش پویایی‌های سیستم به وسیله پیشرفت‌هایی که در طراحی و تحلیل سیستم‌های کنترل بازخورد، مدل‌سازی فرایندهای تصمیم‌گیری، تکنیکهای شبیه‌سازی و تکنیکهای پردازش داده‌های الکترونیک حاصل شده است به جلو حرکت کرده است. در مورد تکنولوژی نیز به این نکته اذعان شده است که تکنولوژی به عنوان مهم‌ترین دارایی سازمان یک دارایی متحول و پویاست و طی زمان ارزش خود را از دست می‌دهد (طباطبائیان،1381).

تکنیک پویایی‌های سیستم بر اساس تئوری اطلاعات - بازخورد شکل گرفته است که از نمادهایی برای نگاشت سیستم‌های کسب و کار در قالب نمودارها و معادله‌ها استفاده می‌کند و زبان برنامه‌نویسی را برای شبیه‌سازی کامپیوتری به کمک می‌گیرد (Pugh,1988). تکنیک پویایی‌های سیستم فرض می‌کند که اجزا در یک الگوی پیچیده با یکدیگر مرتبط هستند و جهان از نرخها، سطوح و حلقه‌های بازخور تشکیل شده است و جریان اطلاعات از جریان فیزیکی مهم‌تر می‌باشد و غیرخطی بودن و تأخیر از اجزای مهم هر سیستمی می‌باشد (Lane&Oliva,1998).

یکی از اهداف مدل‌سازی سیستم‌های پویا بررسی سیاست‌های بالقوه مختلف برای بهبود عملکرد سیستم‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی نظیر موسسه‌های صنعتی، شهرها، بخش‌های اقتصادی یا کل اقتصاد کشور است. از بین این سیاست‌ها، سیاستی که بهترین نتایج را ارائه می‌دهد برای اجرا در سیستم انتخاب می‌شود (Machayekhi, 1978). برای مدل‌سازی مسئله تکنولوژی می‌توان از مدل‌سازی سیستم‌های پویا استفاده کرد. در این روش رابطه بین پدیده‌ها به صورت ریاضی یا غیرریاضی بیان می‌شود. این روش می‌تواند زمانی که اطلاعات کاملاً شفاف در اختیار نیست متمر ثمر باشد (آراستی، 1384).

دو مورد از ابزارهایی که در تکنیک پویایی‌های سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرند نمودارهای علت- معلولی و نمودار جریان می‌باشند. نمودارهای علت- معلولی نمودارهایی هستند که ضمن تعیین روابط علت بین دو یا چند متغیر، جهت تأثیر آن متغیرها را مشخص می‌کنند.

نمودارهای جریان ابزاری هستند برای به تصویر کشیدن متغیرهای مدل به شیوه‌ای که طی آن فرایندهای تجمع و جریان اطلاعات و مواد مشخص می‌شوند.

از دیگر نکات مهم در تکنیک پویایی‌های سیستم افق زمانی برنامه‌ریزی می‌باشد. افق زمانی، طول زمان شبیه‌سازی مدل‌های پویایی‌های سیستم را مشخص می‌کند. برای رسم نمودار جریان ابتدا باید متغیرها را به متغیر انباره و جریان طبقه بندی کرد. در هر سیستمی مقدار برخی متغیرها افزایش و یا کاهش می‌یابد. به این متغیرها، متغیرهای "انباره"¹⁴ گفته می‌شود. نرخ افزایش یا کاهش این متغیرها، "جریان"¹⁵ نامیده می‌شود.

پس از مدل‌سازی دآوری پیرامون اعتبار مدلها بر پایه قدرت پیش‌بینی مدل، قدرت مدل در به کارگیری متغیرها و برقراری ارتباط میان آنها، اندازه‌گیری مشاهده‌ها در چارچوب متغیرهایی که در واقعیت قابل اندازه‌گیری نیستند، بررسی دقت مدل از نظر تعریف صحیح و خاص پیرامون پدیده‌ها و مسائل و رفع ابهام احتمالی انجام می‌گیرد.

در مدل سیستم، می‌توان اثر تغییر یک عامل را با ثابت نگه داشتن سایر عوامل، مطالعه، بررسی و اندازه‌گیری کرد. از این رو نسبت به مشخصات سیستم دیدگاه‌های جدیدی کسب می‌شود. در حالی که انجام چنین کاری با سیستم‌های واقعی به ندرت ممکن است و حتی در صورت انجام بسیار پرهزینه و زمان‌بر خواهد بود. ضمناً اثر سیاستها بر سیستم را می‌توان از طریق مدل بررسی کرد و حساسیت آن در برابر شرایط متغیر درونی و بیرونی سیستم قابل مطالعه خواهد بود.

یک مدل مناسب باید بتواند عوامل ناملموس پدیده‌های تحت مطالعه جهان واقعیتها را نیز در بر گیرد و به بررسی و تحلیل رفتار و حرکات آن عوامل به نحو مطلوب کمک کند. از این رو یکی دیگر از پارامترهای اعتباری مدل، میزان توانایی مدل در کمیّت‌پذیر کردن عوامل ناملموس و فرضهای مربوط است. در مدل‌سازی تکیه صرف بر یک شیوه کافی نیست و باید از شیوه‌های مختلف استفاده شود. ضمناً تأمین کامل صحت مدل امری دور از انتظار است. با این حال با انسجامی که در مدل‌های ریاضی می‌توان ایجاد کرد، یک سری از تناقضات مبهم توصیف‌های کلامی از میان خواهد رفت.

در رابطه با کاربرد روش پویایی‌های سیستم در مباحث مرتبط با تکنولوژی مقاله‌هایی به شرح زیر مشاهده شد. اما مقاله‌ای که در آن از روش پویایی‌های سیستم برای تصمیم‌گیری در مورد انتخاب روش مناسب اکتساب تکنولوژی استفاده شده باشد دیده نشد.

1- در یک مطالعه موردی توسط جانزن¹⁶ و دگنارس¹⁷ پویایی‌های بین ساختار و سیستم نوآوری ملی در صنعت بیوتکنولوژی هلند با استفاده از روش پویایی‌های سیستم مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش سیستم نوآوری ملی به عنوان شبکه‌ای از مؤسسات تعریف شده است که هدف آن معرفی، اصلاح و انتشار تکنولوژیهای جدید می‌باشد (Janszen & degenars, 1998).

2- در مقاله‌ای دیگر ولزتنهولم از پویایی‌های سیستم به عنوان ابزاری برای ارزیابی تکنولوژی¹⁸ استفاده کرده است. در این مقاله نگارنده سه مطالعه موردی را نیز ارائه کرده است. نتیجه‌گیری نهایی مقاله این است که از آن جا که با کمک روش پویایی‌های سیستم می‌توان تمام جوانب تکنولوژی و اثرات آن را در موقع ارزیابی در نظر گرفت استفاده بهتری از تکنولوژی امکان‌پذیر می‌شود (Wolstenholme, 2003).

3- بررسی تأثیر خوشه‌های صنعتی با استفاده از تکنیک پویایی‌های سیستم نیز یکی دیگر از مقالاتی است که به پویایی‌های سیستم و کاربرد آن در زمینه تکنولوژی اشاره کرده است. این پژوهش به بررسی تأثیر خوشه‌های صنعتی به عنوان یکی از عوامل مؤثر در ایجاد مزیت رقابتی در کشور تایوان پرداخته است.

روش پژوهش

برای تعیین شکاف تکنولوژی، پرسش‌نامه پژوهش بین 30 نفر از متخصصان سازمان توزیع شد و داده‌های به دست آمده به کمک نرم‌افزار SPSS تحلیل شد. برای نتیجه‌گیری نهایی با استفاده از تست توزیع دوجمله‌ای از مجموعه روشهای ناپارامتری

سطح موردنیاز و سطح موجود زیرتکنولوژیها از بین سطوح یادشده برای تکنولوژی مشخص شد.

نتیجه‌گیری از داده‌های جمع‌آوری شده به این شکل انجام گرفته است که ابتدا به سطوح آگاهی تا تولید دانش به صورت رتبه‌ای از 1 تا 5 عدد اختصاص یافته است. سپس از آنجا که طبق آزمون نرمال بودن داده‌ها، نرمال بودن آنها رد شده است، با استفاده از آزمون توزیع دوجمله‌ای مشخص شد در مورد هر زیرتکنولوژی سطح مطلوب و سطح موجود کدام است. پس از آن با استفاده از تست دو نمونه مرتبط آزمون فرض زیر به منظور تأیید شکاف تکنولوژی در تکنولوژی‌هایی که سطح موردنیاز و موجود آنها متفاوت تعیین شده بود انجام گرفت.

بین وضعیت موجود و موردنیاز تکنولوژی x شکاف وجود ندارد $H_0 =$

بین وضعیت موجود و موردنیاز تکنولوژی x شکاف وجود دارد $H_1 =$

پس از آن که با استفاده از تست دو نمونه مرتبط، معنی‌دار بودن شکاف بین وضعیت مطلوب و موجود مورد تأیید قرار گرفت، در مورد تکنولوژی‌هایی که دارای شکاف معنی‌دار بودند با مقایسه میانگین وضعیت مطلوب و میانگین وضعیت موجود میزان شکاف به شکل کمی اندازه‌گیری شد. تا اینجا مشخص شد که در چند مورد از تکنولوژی‌ها شکاف وجود دارد. باید توجه داشت که بعضی از تکنولوژی‌ها که نیاز به بهبود دارند در چند محصول با یکدیگر مشترک می‌باشند.

بنابراین برای تولید هر سه محصول، 14 مورد از زیر تکنولوژی‌ها باید بهبود یابند. این

زیرتکنولوژی‌ها عبارتند از:

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1- دمش گاز خنثی در کوره‌های قوس | 8- تغییر شکل در نورد سبک |
| 2- دمش گاز اکسیژن | 9- کنترل ابعاد گرم |
| 3- گاززدایی تحت خلأ | 10- کنترل ابعاد فولاد |
| 4- کربن‌زدایی تحت خلأ | 11- بازرسی عیوب سطحی |
| 5- تنش‌زدایی شمش | 12- بازرسی عیوب داخلی |
| 6- آماده‌سازی سطح شمش | 13- آنالیز شیمیایی نمونه‌های ذوب |
| 7- بازرسی و تعیین عیوب سطحی | 14- آزمایش کشش، خمش و فشار |

در گام بعدی برای تعیین میزان شکاف به صورت کمی از متخصصان سازمان طی

پرسشنامه‌هایی خواسته شد که در مورد وضعیت موجود و مطلوب 14 تکنولوژی یاد

شده در بالا در یک طیف 1 تا 5 امتیاز بدهند. پس از گرفتن میانگین و اعمال ضرایب مربوط به هر یک از سطوح با توجه به این که میزان شکاف با توجه به پنج تایی بودن سطوح (آگاهی تا تولید دانش) می تواند از 1 تا 25 باشد، میزان شکاف برای هر یک از زیرتکنولوژیها در دامنه ای در این فاصله به دست آمد.

اندازه کمی شکاف در هر یک از چهارده تکنولوژی به شرح جدول زیر محاسبه شد. در جدول ستون سوم از اختلاف ستون اول و دوم به دست آمده است.

جدول 3- میزان کمی شکاف در مورد 14 تکنولوژی که نیاز به بهبود دارند

میزان کمی شکاف بین وضعیت موجود و مطلوب	سطح مطلوب تکنولوژی	سطح موجود تکنولوژی	زیرتکنولوژیها
6.78	8.74	1.96	1- دماش گاز خنثی در کوره های قوس
6.01	13.04	7.03	2- دماش گاز اکسیژن
5.09	11.25	6.16	3- گاززدایی تحت خلأ
8.26	16.35	8.09	4- کربن زدایی تحت خلأ
6.58	19.61	13.03	5- تنش زدایی شمش
1.78	16.29	14.51	6- آماده سازی سطح شمش
10.22	19.67	9.45	7- بازرسی و تعیین عیوب سطحی
3.55	18	14.45	8- تغییر شکل در نورد سبک
4.1	16.32	12.22	9- کنترل ابعاد گرم
5.19	16.38	11.19	10- کنترل ابعاد فولاد
1.61	16.22	14.61	11- بازرسی عیوب سطحی
4.97	16.48	11.51	12- بازرسی عیوب داخلی
4.2	11.32	7.12	13- آنالیز شیمیایی نمونه های ذوب
5.13	12.22	7.09	14- آزمایش کشش، خمش و فشار

مدلسازی مسئله موجود و بررسی سیاستهای مختلف برای حل آن

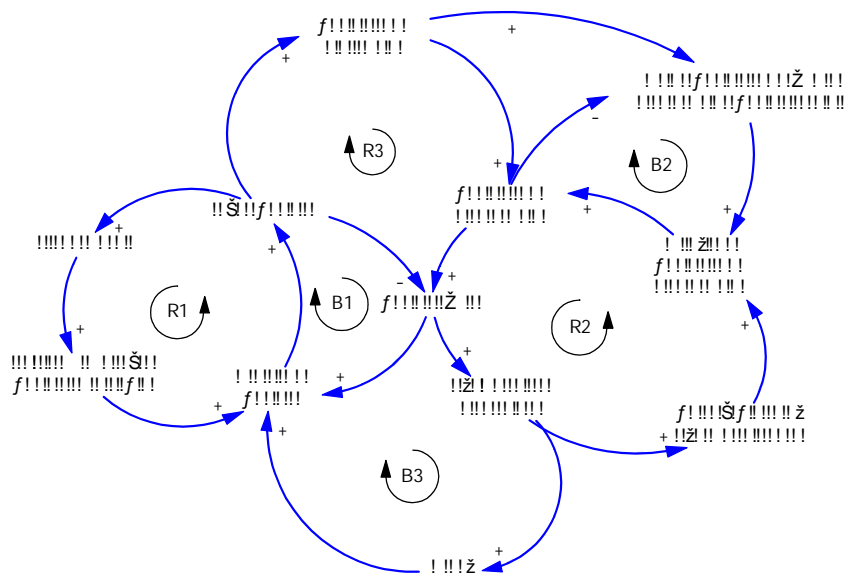
به منظور ارائه راهکار جهت مسئله شکاف تکنولوژی موجود در سازمان سعی شد که با استفاده از روش مدلسازی پویایی های سیستم یک مدل پویا از روابط بین عوامل اثرگذار بر انتخاب روش اکتساب تکنولوژی ارائه شود.

پویایی های سیستم تکنیکی است که مدیران را به تفکر سیستمی فرا می خواند و این نکته را مورد تأکید قرار می دهد که نتایج خوب کوتاه مدت به دنبال خود نتایج بدی به بار می آورند و برعکس برای کسب نتایج خوب بلندمدت باید سختی های کوتاه مدت را تحمل کرد (مشایخی، 1383). در این پژوهش نیز هدف فهم بهتر مسئله شکاف تکنولوژی و کمک به انتخاب روش مناسب اکتساب تکنولوژی بوده است.

عمدتاً در تفکر سیستمی از ابزارهایی استفاده می شود تا ساختار یک سیستم برای درک بهتر آن نمایش داده شود. دو ابزار مهم برای تفکر سیستمی یکی نمودار علت-

معلولی و دیگری نمودار جریان است. لازم است برای توسعه یک مدل از سیستم پویا که در عمل هم قابل استفاده باشد نمودارهای علت- معلولی¹⁹ و جریان²⁰ خاص آن مسئله را تهیه کنیم (Dyson,2004). در این پژوهش از خبرگان، که مدیران و مهندسان تولید در کارخانه فولادآلیاژی می باشند نظرخواهی شد و از نظرات آنها برای استخراج روابط علت- معلولی و نمودار جریان استفاده شد.

با استفاده از نمودار علت- معلولی، روابط علت میان متغیرها به سادگی نشان داده می شود. نمودار علت- معلولی مسئله شکاف تکنولوژی سازمان مورد مطالعه طبق نظر خبرگان به شکل زیر تهیه شد. خبرگان در این پژوهش گروهی از مدیران ارشد و میانی شرکت موردنظر بودند که بیش از 5 سال سابقه کار در حوزه تکنولوژی داشتند.



شکل 3- نمودار علت- معلولی اکتساب تکنولوژی

منبع: تدوین توسط نویسندگان

یکی از متغیرهای کلیدی در مدل، شکاف تکنولوژی می باشد که از رابطه زیر به دست می آید:

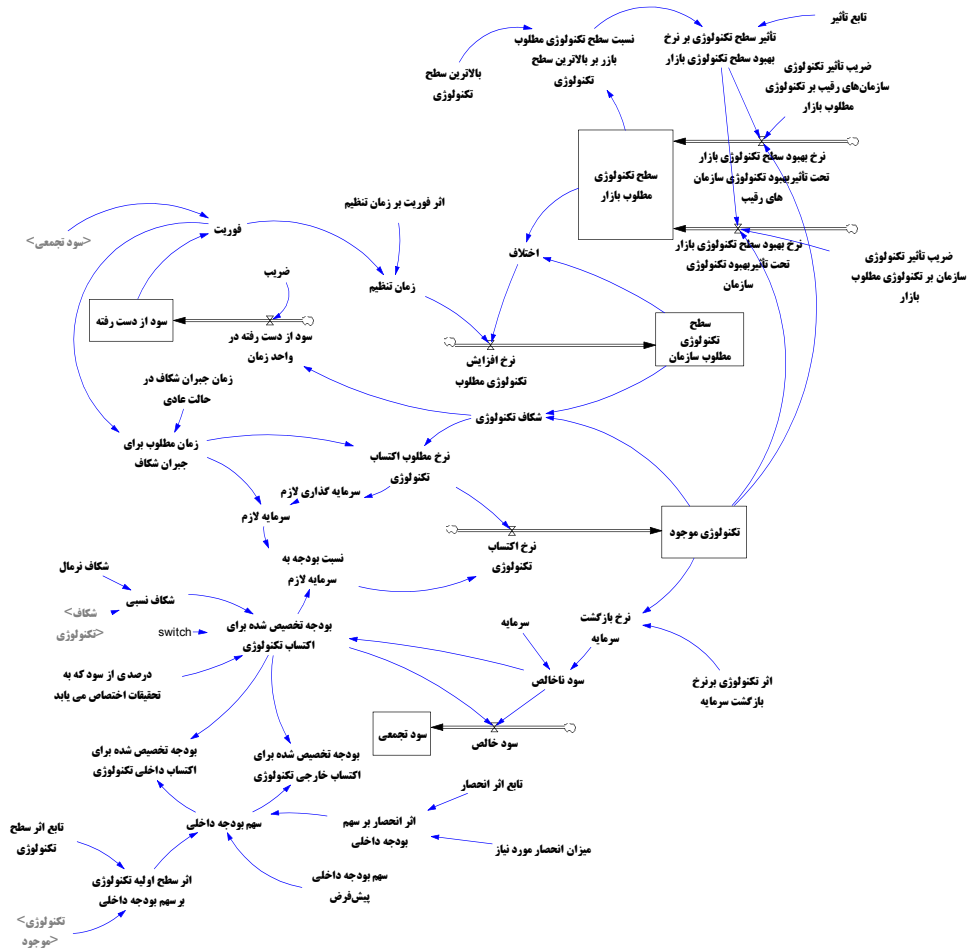
رابطه (1): شکاف تکنولوژی = سطح مطلوب تکنولوژی منهای سطح موجود تکنولوژی
یک متغیر کلیدی دیگر که در مدل به چشم می خورد اختلاف تکنولوژی مطلوب بازار و مطلوب سازمان می باشد که از رابطه زیر به دست می آید:

رابطه (2): اختلاف تکنولوژی مطلوب بازار و مطلوب سازمان = تکنولوژی مطلوب بازار منهای تکنولوژی مطلوب سازمان

لازم به ذکر است که در روش پویایی های سیستم فرایند تهیه مدل های علت- معلولی و جریان معمولاً از طریق مصاحبه با خبرگان، طی یک فرایند رفت و برگشتی²¹ انجام می شود. در روش پویایی های سیستم ابتدا مسئله موجود درک شده و پس از آن با استفاده از پرسش و پاسخ با متخصصان نمودار علت- معلولی تهیه می شود و پس از تهیه این نمودار، نمودار جریان تهیه می شود. در تمام مراحل این فرایند هر مرحله به مراحل قبل از خود بازخورد می دهد که ممکن است باعث تجدیدنظر در مراحل قبل شود. در نمودار یاد شده در بالا شش حلقه اصلی نمودار با B و R نشان داده شده اند. حلقه های B متعادل کننده²² می باشند به این معنی که با افزایش یک متغیر در آن حلقه، حلقه بازخورد مانع از افزایش بیش از حد آن متغیر می شود و مقدار آن را به حالت تعادل بازمی گرداند. حلقه های R تقویت کننده²³ می باشند یعنی با افزایش یک متغیر حلقه به گونه ای عمل می کند که در بازخورد افزایش بیشتر آن را باعث می شود. نمودار جریان مسئله در شکل 4 مشاهده می شود.

در این نمودار رابطه بین اجزای یک سیستم که با مسئله شکاف تکنولوژی مواجه است به خوبی نشان داده شده است. همان طور که در توضیح مدل مورد فوراً برای اکتساب تکنولوژی گفته می شود تعامل عوامل مختلف با یکدیگر از جمله زمان مطلوب برای جبران شکاف، سرمایه لازم برای جبران شکاف و میزان انحصاری بودن تکنولوژی و سطح اولیه تکنولوژی که از مهم ترین عوامل اثرگذار بر اکتساب تکنولوژی می باشند، بر انتخاب روش اکتساب تکنولوژی تأثیر می گذارند. لازم به ذکر است که مقادیر به کار برده شده برای متغیرهای مدل بالا از مرحله اول پژوهش و از طریق پرسش نامه حاصل شده است و مقادیر نرخ ها اعدادی فرضی هستند که تصمیم گیرنده می تواند مقادیر مختلفی برای آن در نظر بگیرد و مدل را مورد آزمون قرار دهد.

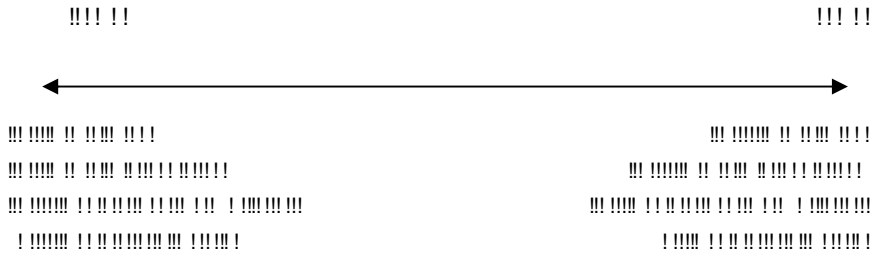
ممیزی تکنولوژی و ارائه راهکار مناسب جهت کاهش شکافهای تکنولوژی



شکل 4- نمودار جریان مسئله شکاف تکنولوژی
منبع: تدوین توسط نویسندگان

مدل فورده را به صورت خلاصه می‌توان به شکل زیر نشان داد:

جدول 4 - مدل فورده



همان‌طور که در شکل بالا دیده می‌شود تصمیم‌گیری راجع به انتخاب روش مناسب اکتساب تکنولوژی به شکلی تابع زمان موردنظر برای اکتساب، سرمایه لازم برای اکتساب، نیاز به انحصاری بودن تکنولوژی و توانمندی اولیه تکنولوژی می‌باشد. بنابراین مدیریت سازمان می‌تواند با تصمیم‌گیری در رابطه با زمان موردنظر برای کاهش شکاف تکنولوژی، میزان بودجه قابل اختصاص برای اکتساب تکنولوژی از محل سود سازمان را تعیین کند. همچنین با توجه به میزان انحصاری بودن و توانمندی تکنولوژی در هر زیرتکنولوژی نسبت به انتخاب روشی مناسب در روی پیوستار فوق اقدام کند. پس تصمیم‌گیری کلیدی مدیران در رابطه با روش مناسب اکتساب تکنولوژی در حقیقت تصمیم‌گیری راجع به میزان مطلوب موارد فوق‌الذکر است. مدل پویای ارائه‌شده در این پژوهش که از نظر خبرگان سازمان مورد مطالعه استخراج شد درصدد است که مدیریت را برای تصمیم‌گیری راجع به سطح مطلوب موارد فوق یاری دهد.

مدیریت سازمان می‌تواند با استفاده از این مدل پویا با تحلیل جوانب مختلف یک تصمیم نسبت به وضعیت تکنولوژی خود و میزان شکاف تکنولوژی در بلندمدت آگاهی یابد. همچنین با تغییر متغیرهای سهم بودجه اکتساب تکنولوژی از سود سالانه، زمان مطلوب کاهش شکاف و میزان انحصاری بودن و در نظر گرفتن سطح اولیه تکنولوژی، مشاهده کند که در مورد هر زیرتکنولوژی در چه بازه زمانی و به چه اندازه می‌تواند شکاف تکنولوژی را کاهش دهد و این کاهش در شکاف تکنولوژی چه اثراتی بر سود از دست‌رفته سازمان، سود سالانه سازمان و تکنولوژی مطلوب بازار و نهایتاً تکنولوژی مطلوب سازمان خواهد داشت. مدل چنین تنظیم شده است که زمان مطلوب برای کاهش شکاف تکنولوژی و سرمایه در نظر گرفته‌شده برای کاهش شکاف بر میزان بودجه

اختصاصی برای اکتساب تکنولوژی تأثیر می‌گذارد و سطح اولیه تکنولوژی و میزان انحصار مورد نظر مدیریت، بر سهم بودجه اکتساب داخلی و سهم بودجه خارجی از کل بودجه اختصاصی تأثیر می‌گذارد.

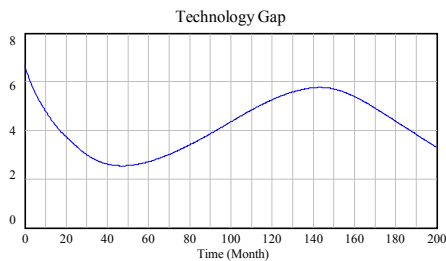
بررسی سیاستهای مختلف

در اینجا برای نشان دادن این که چگونه مدل، مدیریت را در مواجهه با مسئله شکاف تکنولوژی یاری می‌دهد یکی از زیرتکنولوژی‌هایی که نیاز به ارتقا دارند نظیر تکنولوژی دمش گاز خنثی در نظر گرفته می‌شود. مدیریت می‌تواند با استفاده از این مدل از بین روشهای توسعه درون‌زا، توسعه برون‌زا و یا روشهای میانه روش مناسب برای اکتساب تکنولوژی را با در نظر گرفتن جوانب مختلف هر یک انتخاب کند.

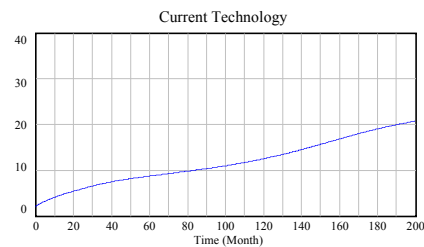
ابتدا وضعیت موجود و مطلوب تکنولوژی دمش گاز خنثی در نظر گرفته می‌شود. همان طور که دیده شد سطح موجود تکنولوژی دمش گاز خنثی در دامنه 1 تا 25 میزان 1.96 برآورد شد و سطح مطلوب این تکنولوژی به میزان 8.74 در همین دامنه برآورد شد که میزان شکاف تکنولوژی معادل 6.78 (اختلاف 8.74 و 1.96) می‌باشد.

داده‌های فوق را در مدل پویای ارائه شده وارد کرده و با تغییر در زمان مطلوب برای کاهش شکاف تکنولوژی و سهم بودجه اکتساب تکنولوژی، رفتار سیستم مورد مشاهده قرار می‌گیرد. اکنون وضعیتهای مختلفی که قابل شبیه‌سازی است در مورد تکنولوژی دمش گاز خنثی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

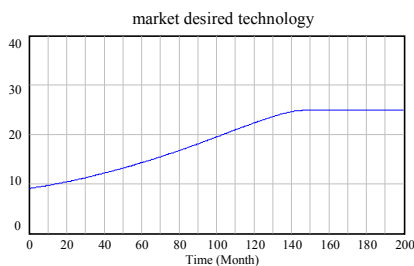
وضعیت (1): در حالت اولیه مدل، زمان مطلوب برای کاهش شکاف تکنولوژی پنج ماه و سهم بودجه اکتساب تکنولوژی از سود سالانه 3 درصد در نظر گرفته شده است. شکل 5 رفتار متغیرهای کلیدی مدل یعنی سطح موجود تکنولوژی و سطح مطلوب تکنولوژی و شکاف تکنولوژی را نشان می‌دهد.



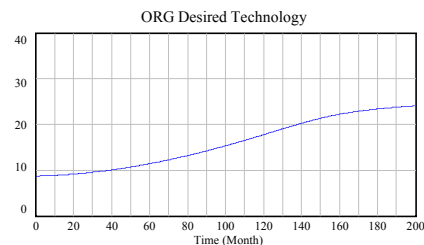
شکاف تکنولوژی سازمان



سطح تکنولوژی موجود



سطح تکنولوژی مطلوب بازار



سطح تکنولوژی مطلوب سازمان

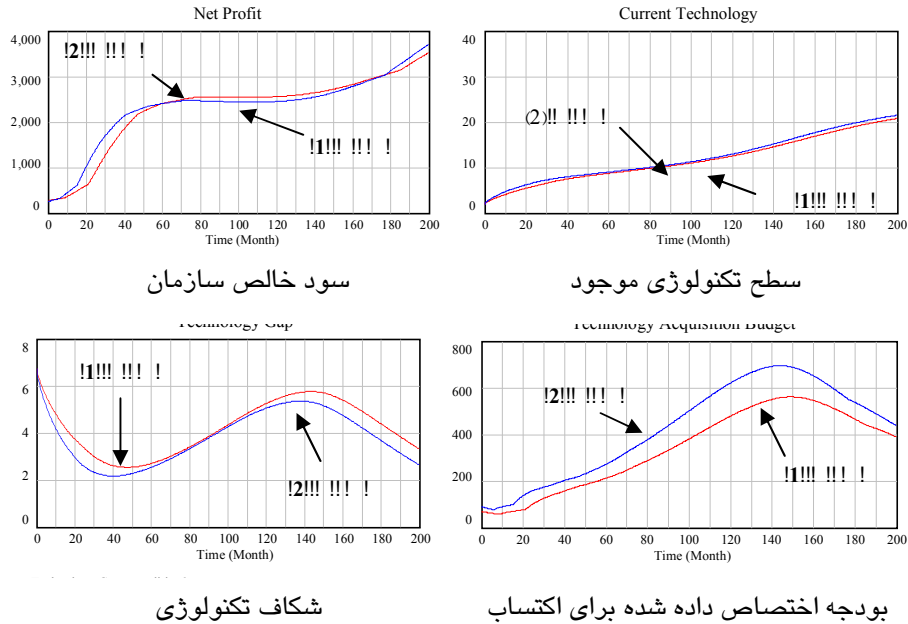
شکل 5- رفتار متغیرهای کلیدی مدل در وضعیت (1)

با توجه به این که در سازمان از ابتدای فرایند مدل‌سازی شکاف مشخصی وجود داشته است سازمان با صرف بودجه مشخص اقدام به اکتساب تکنولوژی نموده و همان طور که دیده می‌شود سطح تکنولوژی موجود سازمان از لحظه صفر روند صعودی در پیش گرفته است. رفتار متغیر شکاف تکنولوژی نیز به این شکل است که با توجه به رابطه (1) با اکتساب تکنولوژی توسط سازمان شکاف تکنولوژی از لحظه صفر رو به کاهش می‌گذارد. اما پس از گذشت مدت زمان مشخصی دیده می‌شود که با افزایش سطح تکنولوژی سازمان با توجه به کاهش سود از دست‌رفته سازمان فوریت اکتساب تکنولوژی و سرمایه اختصاص داده‌شده برای اکتساب تکنولوژی کاهش می‌یابد. اما با توجه به تأثیر سازمان بر سطح تکنولوژی مطلوب بازار و همچنین آگاهی رقبا از افزایش سطح تکنولوژی سازمان و فعالیت آنها برای اکتساب تکنولوژی، سطح تکنولوژی مطلوب بازار افزایش پیدا می‌کند و این افزایش در سطح تکنولوژی مطلوب بازار باعث می‌شود که

میزان اختلاف سطح تکنولوژی مطلوب سازمان و سطح تکنولوژی مطلوب بازار که طبق رابطه (2) محاسبه می‌شود افزایش یابد. این افزایش در اختلاف سطح تکنولوژی مطلوب سازمان و سطح تکنولوژی مطلوب بازار منجر به افزایش سود از دست رفته سازمان در بازه زمانی مشخصی می‌شود و سازمان سطح تکنولوژی مطلوب بالاتری برای خود تعریف می‌کند. این امر موجب افزایش مجدد شکاف تکنولوژی می‌شود. با افزایش شکاف تکنولوژی سازمان باید فوریت اکتساب بیشتری را در نظر بگیرد و سرمایه بیشتری را به اکتساب اختصاص دهد تا شکاف تکنولوژی سازمان را مرتفع سازد که این امر باعث تکرار چرخه نامبرده می‌شود.

وضعیت (2): حال می‌توان با تغییر دادن سهم بودجه اکتساب تکنولوژی از سود سالانه رفتار متغیرهای یاد شده را مورد مشاهده قرار داد. رفتار متغیرها را در شکل 6 تحت شرایط جدید یعنی با افزایش بودجه اکتساب تکنولوژی از محل سود سالانه، از مقدار 3 درصد به 4 درصد می‌توان مشاهده کرد.

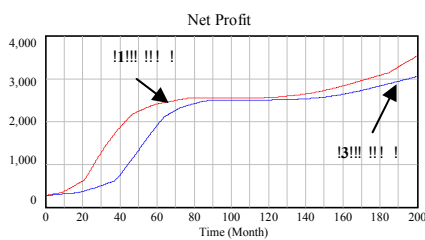
دید می‌شود که با افزایش سهم بودجه اکتساب تکنولوژی، سازمان سطح تکنولوژی خود را با شیب تندتری افزایش می‌دهد و در نتیجه شکاف تکنولوژی با سرعت بیشتری کاهش می‌یابد و شکاف تکنولوژی در هر لحظه زمانی نسبت به وضعیت قبل کمتر است. در این شکل مشخص است که بودجه اکتساب تکنولوژی از محل سود سالانه نسبت به وضعیت قبل افزایش یافته است. اما نکته‌ای که باید به آن توجه داشت این است که با وجود افزایش بودجه اکتساب تکنولوژی از محل سود سالانه، سود خالص سازمان که از رابطه سود ناخالص منهای بودجه اکتساب تکنولوژی به دست می‌آید در بلندمدت نسبت به حالت قبل افزایش یافته است. در مورد این پدیده، این گونه می‌توان اظهار نظر کرد که برای رفع شکاف تکنولوژی، با سهم بودجه اکتساب بیشتر هر چند در کوتاه‌مدت سود خالص کمتری حاصل می‌شود ولی در بلندمدت سود بیشتری عاید سازمان می‌شود. همان طور که در نمودار مربوط به سود خالص سازمان دیده می‌شود اختصاص سهم بزرگتری از سود سالانه به اکتساب تکنولوژی باعث می‌شود که با اکتساب سریع‌تر تکنولوژی مورد نیاز، سود از دست رفته سازمان سریع‌تر کاهش یابد و در ابتدا سود خالص سازمان نسبت به قبل بیشتر شود.



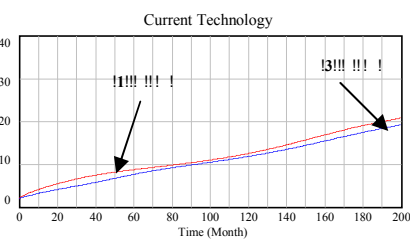
شکل 6- رفتار متغیرهای کلیدی مدل با فرض افزایش سهم بودجه اکتساب تکنولوژی از 3 درصد به 4 درصد

ولی پس از جبران شکاف تکنولوژی و کاهش سود از دست رفته از آنجا که درصد بیشتری از سود حاصله به اکتساب تکنولوژی اختصاص می‌یابد سود خالص سازمان نسبت به وضعیت (1) کمتر می‌شود. پس از مدتی که مجدداً نیاز به بهبود سطح تکنولوژی دیده می‌شود و باز هم سازمان با اختصاص بودجه بیشتری شکاف را سریع‌تر کاهش می‌دهد باز هم سود در وضعیت (2) بر وضعیت (1) فزونی می‌یابد. در شکل مربوط به شکاف تکنولوژی نیز دیده می‌شود که در بازه زمانی 60 تا 100 سطح شکاف هر دو وضعیت (1) و (2) خیلی به هم نزدیک می‌شوند که بدیهی است که زمانی که سازمان بودجه بیشتری برای اکتساب تکنولوژی اختصاص دهد ولی در سطح شکاف تغییر قابل ملاحظه‌ای ایجاد نشود سود خالص سازمان نسبت به حالت قبل کمتر خواهد بود. لازم به توضیح است که با تغییر ایجادشده در این مرحله تغییری در تکنولوژی مطلوب بازار و تکنولوژی مطلوب سازمان دیده نشد.

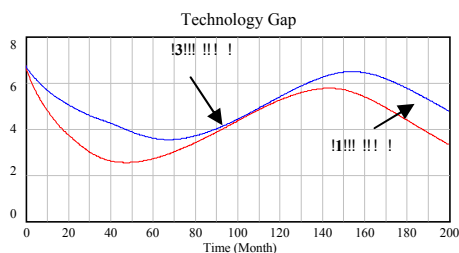
وضعیت (3): همان طور که در ابتدای این قسمت اشاره شد زمان مطلوب برای کاهش شکاف تکنولوژی پنج ماه در نظر گرفته شده بود. حال با تغییر در زمان لازم برای کاهش شکاف رفتار مدل مورد مشاهده قرار می‌گیرد. زمان لازم برای از بین بردن شکاف از پنج ماه به 10 ماه افزایش یافته است و سهم بودجه اکتساب همان 3 درصد می‌باشد.



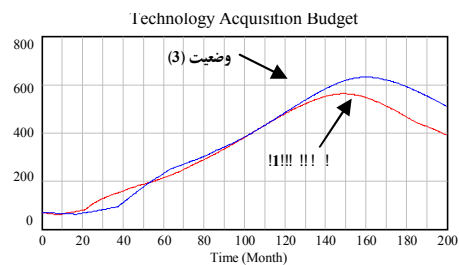
سود خالص سازمان



سطح تکنولوژی موجود



شکاف تکنولوژی

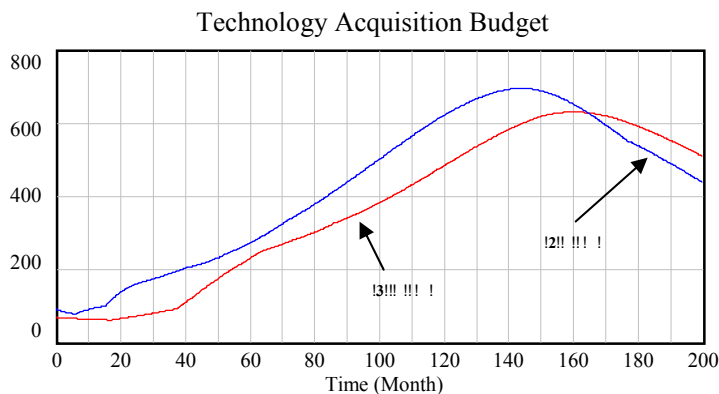


بودجه اختصاص داده شده برای اکتساب

شکل 7- رفتار متغیرهای کلیدی مدل با فرض افزایش زمان مطلوب اکتساب تکنولوژی از 5 ماه به 10 ماه

در شکل 7 دیده می‌شود که با افزایش زمان اکتساب تکنولوژی یا کاهش فوریت اکتساب تکنولوژی سطح تکنولوژی سازمان با روند کندتری افزایش می‌یابد و شکاف تکنولوژی در زمان طولانی‌تری کاهش می‌یابد. به همین دلیل زمانی که شکاف تکنولوژی در بازه زمانی طولانی‌تری کاهش پیدا می‌کند سود از دست رفته بیشتری بر سازمان تحمیل می‌شود و در نتیجه سود خالص سازمان نیز در سطح پایین‌تری نسبت به وضعیت (1) دیده می‌شود. اما کاهش شکاف تکنولوژی سازمان در بازه زمانی طولانی باعث می‌شود که سازمان برای رسیدن به سطح تکنولوژی مطلوب بازار بودجه بیشتری

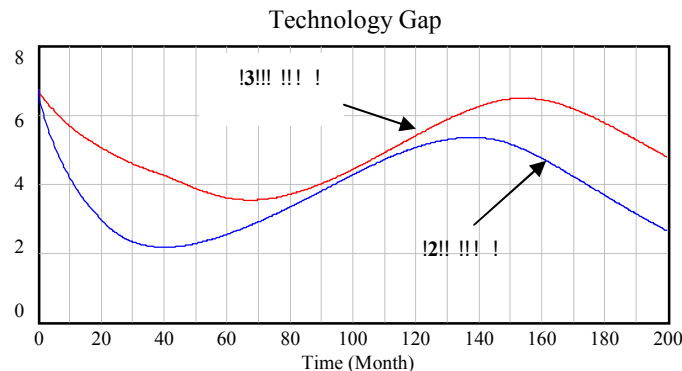
را به اکتساب تکنولوژی اختصاص دهد. افزایش بودجه اکتساب در بلندمدت و سود از دست رفته هر دو سود خالص سازمان را کاهش می‌دهند. اما در مقایسه رفتار متغیرها در دو حالت افزایش سهم بودجه اکتساب تکنولوژی و افزایش زمان مطلوب برای اکتساب تکنولوژی رفتار متغیر بودجه اکتساب تکنولوژی جالب توجه است. شکل 8 رفتار این متغیر را نشان می‌دهد.



شکل 8- مقایسه رفتار بودجه اکتساب تکنولوژی در دو حالت افزایش سهم بودجه اکتساب تکنولوژی و افزایش زمان مطلوب برای اکتساب تکنولوژی

همان طور که در شکل 8 مشخص است، هرچند با افزایش زمان اکتساب تکنولوژی نسبت به حالتی که درصد بودجه اکتساب تکنولوژی از سود سالانه افزایش یابد در ابتدا بودجه کمتری لازم خواهد بود ولی در بلندمدت سازمان مجبور خواهد شد که بودجه بیشتری را برای اکتساب تکنولوژی اختصاص دهد و این بدان علت است که با افزایش زمان مطلوب اکتساب تکنولوژی شکاف تکنولوژی در زمان طولانی‌تری کاهش پیدا می‌کند که بالاتر بودن شکاف تکنولوژی در بلندمدت سازمان را به اختصاص بودجه بیشتری برای اکتساب تکنولوژی تشویق می‌کند. بنابراین هر چند در نگاه اول افزایش یک درصدی بودجه اکتساب تکنولوژی باعث افزایش بودجه اکتساب سالانه می‌شود ولی در بلند مدت سیاست افزایش زمان اکتساب تکنولوژی از آنجا که سود از دست رفته بالاتری بر سازمان تحمیل می‌کند سازمان را به اختصاص بودجه بیشتر مجبور می‌سازد.

اما نکته‌ای جالب توجه اینستکه در بلندمدت با وجود افزایش بودجه اکتساب تکنولوژی در وضعیت (3) شکاف تکنولوژی در وضعیت (2) در حد بالاتری قرار دارد، که در شکل 9 دیده می‌شود.

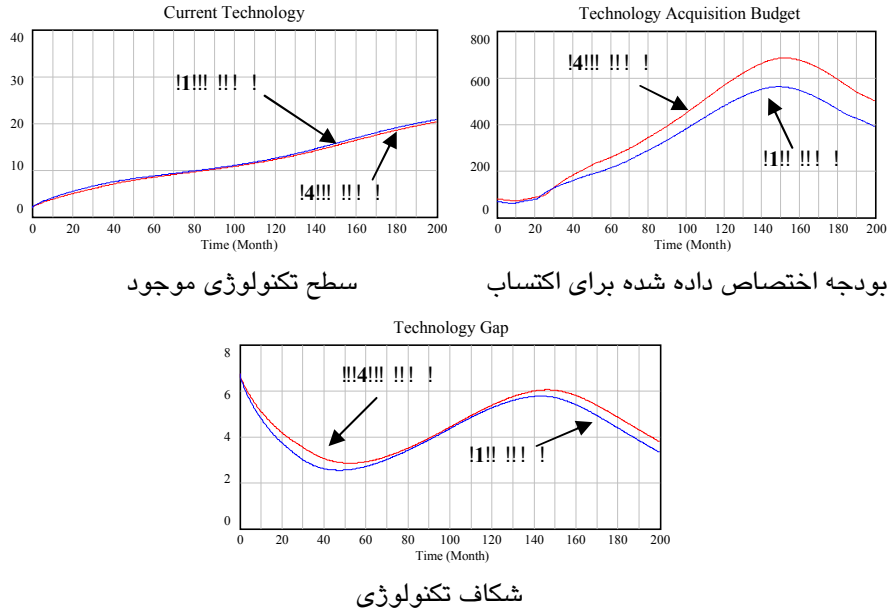


شکل 9- مقایسه رفتار شکاف تکنولوژی در دو حالت افزایش سهم بودجه اکتساب تکنولوژی و افزایش زمان مطلوب برای اکتساب تکنولوژی

نتایجی که تاکنون از مدل به دست آمد نشان‌دهنده این است که در بلندمدت به نفع سازمان است که سهم بودجه اکتساب تکنولوژی را افزایش دهد و همچنین زمان کاهش شکاف را کاهش دهد.

جوابهایی که مدل در صورت افزایش زمان اکتساب تکنولوژی یا سهم بودجه اکتساب تکنولوژی ارائه می‌دهد مشابه آن چیزی است که در دنیای واقعی انتظار می‌رود و روشن به نظر می‌رسند. همان طور که دیده شد با افزایش زمان اکتساب تکنولوژی، شکاف تکنولوژی با نرخ کمتری افزایش و کاهش می‌یابد و با افزایش بودجه اکتساب تکنولوژی این نرخها افزایش می‌یابند.

وضعیت (4): حال فرض می‌شود که مدیریت بخواهد حالتی میانه را بین دو حالت فوق بررسی کند. یعنی ضمن این که بودجه اکتساب تکنولوژی را به $3/5$ درصد سود سالانه افزایش می‌دهد زمان مطلوب برای اکتساب تکنولوژی را نیز از پنج ماه به $7/5$ ماه افزایش دهد. تحت چنین شرایطی مدیریت قبل از اجرای این استراتژی می‌خواهد بداند که اثرات اتخاذ این سیاست بر متغیرهای کلیدی سیستم چگونه است.



شکل 10- رفتار متغیرهای کلیدی مدل با فرض افزایش زمان مطلوب اکتساب تکنولوژی از 5 به 7.5 ماه و بودجه اکتساب از 3 درصد به 3/5 درصد

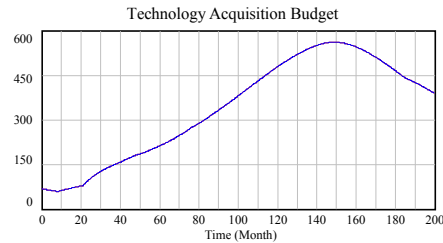
همان طور که در شکل دیده می‌شود مدیریت با اتخاذ تصمیم فوق نتیجه‌ای که به دست می‌آورد این است که هرچند با افزایش بودجه اکتساب تکنولوژی شکاف را سریع‌تر کاهش می‌دهد ولی از آنجا که این پروژه در زمان طولانی‌تری به اجرا می‌رسد در مقابل باعث افزایش زمان کاهش شکاف می‌شود که در نهایت بر اثر تقابل این دو مورد شکاف تکنولوژی در زمان طولانی‌تری کاهش می‌یابد. هرچند که سازمان بودجه بیشتری را به اکتساب تکنولوژی اختصاص می‌دهد.

وضعیت (5): یکی دیگر از عوامل مؤثر بر انتخاب روش اکتساب تکنولوژی میزان تمایل سازمان به انحصاری بودن تکنولوژی و همچنین اثر سطح اولیه تکنولوژی می‌باشد که این دو عامل بر میزان بودجه اختصاص یافته برای اکتساب خارجی و میزان بودجه اختصاص یافته برای اکتساب داخلی تأثیرگذار می‌باشند.

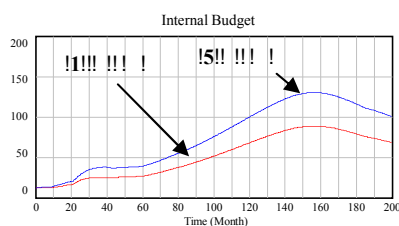
با تغییر در سطح انحصار تکنولوژی رفتار زیر از متغیرهای بودجه داخلی و بودجه خارجی اکتساب تکنولوژی انتظار می‌رود.

ممیزی تکنولوژی و ارائه راهکار مناسب جهت کاهش شکافهای تکنولوژی

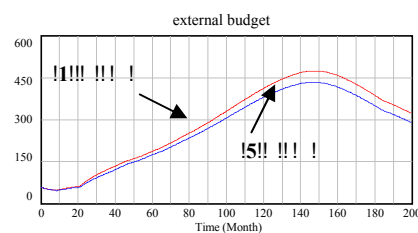
||



بودجه اختصاص داده شده برای اکتساب



بودجه داخلی اکتساب تکنولوژی



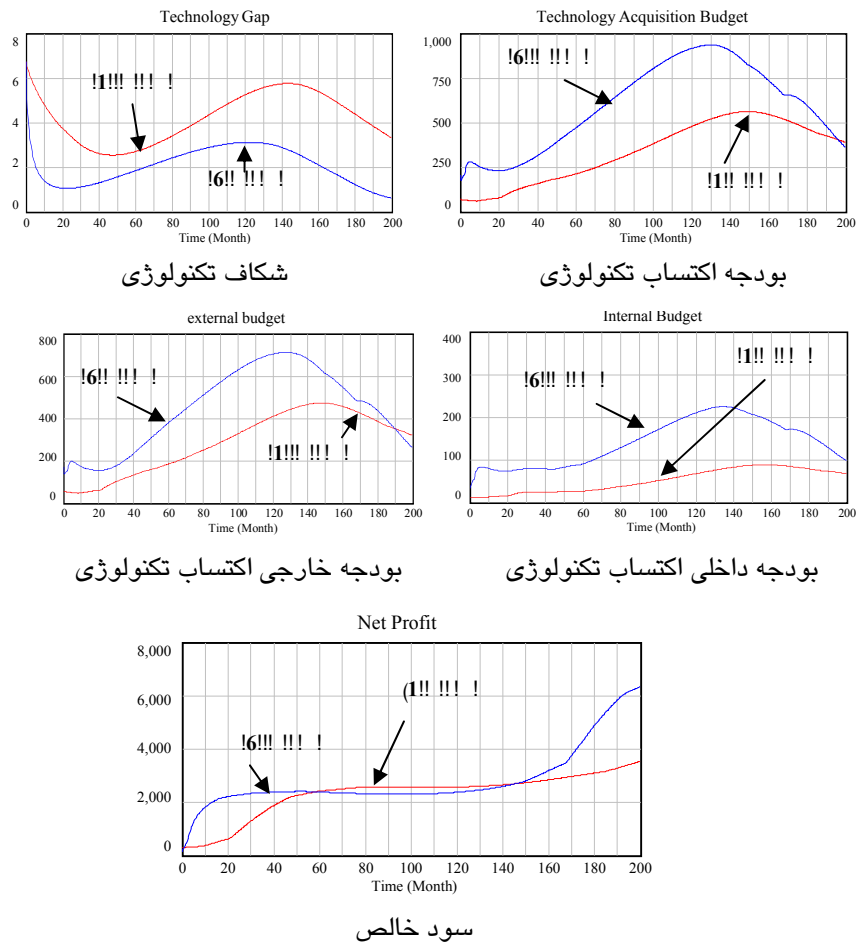
بودجه خارجی اکتساب تکنولوژی

شکل 11- رفتار متغیرهای بودجه داخلی و بودجه خارجی از بودجه اکتساب تکنولوژی

همانطور که در شکل 11 دیده می‌شود با تغییر در میزان تمایل سازمان به انحصاری بودن تکنولوژی در کل بودجه لازم برای اکتساب تکنولوژی تغییری مشاهده نمی‌شود. اما در میزان بودجه خارجی، کاهش و به همان میزان در بودجه داخلی، افزایش مشاهده می‌شود. به علت این که بعد از گذشت مدت زمانی مشخص کل بودجه اکتساب کاهش می‌یابد بنابراین هر دو بودجه داخلی و خارجی نیز کاهش می‌یابند. کاهش در بودجه اکتساب به دلیل کاهش در میزان شکاف تکنولوژی می‌باشد.

وضعیت (6): تمام حالاتی که در قسمت فوق گفته شد در شرایطی بود که تنها یک یا دو مورد از عوامل مؤثر بر روش اکتساب متغیر باشند. شاید بتوان گفت که در حالات فوق بدون استفاده از مدل رفتار متغیرهای سیستم قابل پیش بینی می‌بود ولی در صورتی که چندین عامل مؤثر همزمان تغییر کنند کار تحلیل جوانب امر به شکل سیستمی، کاملاً سخت است که در آنجا این مدل به کمک مدیریت می‌آید.

برای مثال حالت عادی را در نظر بگیرید. پس از آن سهم بودجه اکتساب تکنولوژی را سه برابر و میزان تمایل به انحصاری بودن را دو برابر و زمان مطلوب اکتساب را نصف کرده و رفتار متغیرها در این حالت مورد بررسی قرار می‌گیرد.



شکل 12- رفتار متغیرهای اصلی مدل با فرض تغییر در چندین عامل اثرگذار بر انتخاب روش اکتساب تکنولوژی به شکل همزمان

همان طور که در شکل 12 دیده می‌شود متغیرهای اصلی مدل با تغییر در چندین عامل مؤثر بر اکتساب دارای رفتارهایی هستند که بدون یک مدل ساختارمند پیش‌بینی آنها مشکل می‌نمود.

در وضعیت (6) با توجه به افزایش بودجه اکتساب تکنولوژی و کاهش زمان اکتساب تکنولوژی، شکاف تکنولوژی در زمان بسیار کوتاهی کاهش می‌یابد. در طول زمان نیز با اتخاذ این سیاست شکاف تکنولوژی با فاصله چشمگیری نسبت به وضعیت (1) در سطح پایین‌تری قرار دارد.

در رابطه با بودجه اکتساب تکنولوژی نیز دیده می‌شود که هر چند سازمان درصد بسیار بالاتری از سود سالانه را به اکتساب تکنولوژی اختصاص داده است ولی در بلندمدت از آنجا که بر اثر اتخاذ این سیاست شکاف تکنولوژی در زمان بسیار کوتاه‌تری از بین می‌رود لذا بودجه اکتساب تکنولوژی را کاهش می‌دهد. حتی در اواخر افق زمانی مدل‌سازی دیده می‌شود که بودجه اکتساب تکنولوژی از وضعیت (1) نیز کمتر شده است. در رابطه با بودجه داخلی و خارجی اکتساب تکنولوژی که در حقیقت تصمیم‌گیری راجع به توسعه درون‌زا یا برون‌زای تکنولوژی می‌باشد دیده می‌شود که با افزایش چشمگیر بودجه اکتساب تکنولوژی هر دو بودجه افزایش یافته‌اند ولی با کاهش در بودجه کل اکتساب تکنولوژی و با توجه به دو برابر شدن انحصار تکنولوژی، بودجه خارجی اکتساب تکنولوژی سریع‌تر کاهش می‌یابد به شکلی که حتی از وضعیت (1) هم کمتر می‌شود.

در رابطه با رفتار سود خالص دیده می‌شود که هر چند به علت افزایش سهم بودجه اکتساب تکنولوژی به میزان سه برابر از سود سالانه، در یک بازه زمانی سود خالص در وضعیت جدید کمتر است ولی با توجه به کاهش فوق‌العاده سریع‌تر شکاف تکنولوژی و در نتیجه کاهش سود از دست رفته و همچنین کاهش بودجه اکتساب پس از رفع شکاف تکنولوژی سود به شکل چشمگیری افزایش می‌یابد که از سود در وضعیت (1) به مراتب بیشتر است.

در انتها لازم است به این نکته اشاره شود که هدف از ارائه این مدل حل دقیق یک مسئله موجود نیست بلکه افزایش عمق بینش مدیران سازمان به مسئله تکنولوژی و تصمیم‌گیری در رابطه با انتخاب روش مناسب اکتساب تکنولوژی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به این که در این پژوهش به منظور ارائه راهکار برای کاهش شکاف تکنولوژی از یک مدل شبیه‌سازی شده استفاده گردید می‌توان بدون هیچ هزینه‌ای متغیرهای مختلف مدل را در ترکیب‌های مختلف که می‌تواند حالات فوق‌العاده زیادی را در برگیرد، تغییر داد و رفتارهای ناشی از این تغییر سیاستها را مشاهده کرد و به انتخاب بهترین روش پرداخت.

نکته این نکته ضروری است که ارزیابی این سیاستها در عالم واقع و از طریق تجربه این سیاستها مستلزم صرف هزینه بسیار و زمان زیادی است که موجب اتلاف منابع و کاهش بهره‌وری سازمان می‌شود. حال آنکه با بهره‌گیری از شبیه‌سازی می‌توان نتایج تعداد زیادی از سیاستهای مختلف را با صرف زمان ناچیز و هزینه اندک مورد ارزیابی قرار داد.

ممیزی تکنولوژی انجام شده و مدل ارائه شده برای انتخاب روش مناسب اکتساب تکنولوژی نتایج زیر را در پی داشت:

در این پژوهش نشان داده شد که مدیریت نمی‌تواند با در نظر گرفتن تکنولوژی به عنوان یک مفهوم ایستا، همواره تصمیم صحیح را اتخاذ کند و لازمه اتخاذ چنین تصمیمی در رابطه با روش اکتساب تکنولوژی، داشتن نگرش بلندمدت به تکنولوژی و همچنین در نظر گرفتن پویایی تکنولوژی است. منظور از پویایی تکنولوژی این است که سازمان نمی‌تواند در یک زمان مشخص ممیزی تکنولوژی انجام دهد و با توجه به میزان شکاف به دست آمده، یکی از روشهای مناسب اکتساب تکنولوژی را انتخاب کند و انتظار داشته باشد که آن روش طی زمانی مشخص و با بودجه مشخص میزان شکاف را به سطح مورد انتظار برساند. بلکه مدیریت باید به این نکته توجه داشته باشد که میزان شکاف تکنولوژی جدای از سطح تکنولوژی سازمان، تحت تأثیر تکنولوژی سایر سازمانها نیز قرار می‌گیرد و از سوی دیگر میزان شکاف تکنولوژی بر سود سالانه سازمان، میزان بودجه اختصاص یافته برای اکتساب تکنولوژی و سود از دست رفته سازمان مؤثر است.

پی‌نوشت‌ها:

- 1 - technology Capability Assessment
- 2 - Technology
- 3 - Technology Auditing
- 4 - Technology Needs management (TNM)
- 5 - Technology Gap

- 6 - System Dynamics Modeling
- 7 - Tushman
- 8 - Value Chain
- 9 - Joint R & D
- 10 - Contract R & D
- 11 - Contract Out R & D
- 12 - Forrester
- 13 - Massachusetts institute of Technology
- 14 - Stock
- 15 - Flow
- 16 - Janszen
- 17 - Degenaaars
- 18 - Technology Evaluation
- 19 - Causal Diagram
- 20 - Flow Diagram
- 21 - Iterative
- 22 - Balancing
- 23 - Reinforcing

منابع فارسی

- آراستی، محمدرضا و دلاوری، مهدی. (1383). ارائه مدلی جهت انتخاب روش مناسب انتقال تکنولوژی، دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت. تهران: گروه پژوهشی صنعتی آریانا.
- اسدی‌کرم، علیرضا. (1381). ارزیابی اجزای تکنولوژی شرکت ملی صنایع مس ایران به منظور ارائه برنامه توسعه تکنولوژی مناسب، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- اطلس تکنولوژی. (1369). چارچوب کلی برنامه‌ریزی بر پایه تکنولوژی، تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی.
- بازرگان، عباس؛ سرمد، زهره؛ حجازی، الهه. (1382). روشهای پژوهش در علوم رفتاری، چاپ هفتم، تهران: نشر آگاه.
- براون، ارنست. (1379). زمینه تکنولوژی، ارزیابی تکنولوژی برای استفاده مدیران، ترجمه محمد زنجانی، تهران: سازمان مدیریت صنعتی.
- جعفرنژاد، احمد. (1378). مدیریت تکنولوژی مدرن، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- خلیل، طارق. (1381). مدیریت تکنولوژی: رمز موفقیت در رقابت و خلق ثروت، ترجمه سیدکامران باقری، چاپ اول، تهران: انتشارات پیام متن.

ساپ چوی، هیونگ. (1367). توسعه تکنولوژی در کشورهای در حال رشد، ترجمه وزارت صنایع، چاپ اول، تهران: انتشارات وزارت صنایع.

شریف‌نواز. (1367). مدیریت انتقال تکنولوژی و توسعه، ترجمه رشید اصلانی، تهران: انتشارات سازمان برنامه و بودجه.

طباطبائیان، سید حبیب‌الله، محمدپور، مجید؛ نجفی، اسدالله. (1384). ارزیابی توانمندی تکنولوژی در سطح بنگاه، چاپ اول، تهران: اروین چاپ.

طباطبائیان، سیدحبیب‌الله. (1381). ضرورت جامع‌نگری در مدیریت انتقال تکنولوژی، پنجمین کنفرانس مهندسی ساخت و تولید ایران، تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

فروزش، سعید. (1382). انتخاب روش مناسب تامین تکنولوژی موردنیاز در سطح یک بنگاه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، تهران: دانشگاه علامه طباطبایی.

قاضی نوری، سیدسروش. (1383). ارزیابی تکنولوژی ابزار کمک به سیاست‌گذاری، چاپ اول، تهران: انتشارات مرکز صنایع نوین.

محصولات شرکت فولاد آلیاژی ایران. (1383). چاپ سوم، تهران: چاپ و انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی.

مظلومی خمسه، حمید. (1382). ارزیابی قابلیت‌های تکنولوژی صنعت برق ایران، تهران: پایان‌نامه کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه.

مگانتز، رابرت. (1383). تدوین و پیاده‌سازی قراردادهای امتیاز تکنولوژی، ترجمه سید کامران باقری، چاپ اول، تهران: انتشارات مرکز صنایع نوین.

معینی، علیرضا؛ کاظمی، مصطفی؛ علی‌احمدی علیرضا. (1383). بکارگیری مدل ریاضی تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی سطح تکنولوژی بنگاه، دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت، تهران: گروه پژوهشی صنعتی آریانا.

منابع لاتین

- Arasti, Mohammad, R. (2004). A Classification of methods for technology auditing, Proceeding of Portland International Conference on Management of Engineering & Technology (PICMET) Seoul :July 31 - August 4.
- Barlas, Y. (2002). System dynamics: systemic feedback modeling for policy analysis in knowledge for sustainable development—an insight into the encyclopedia of life support systems. Oxford, UK: UNESCO Publishing—Eolss Publishers.

- Braun, p., Bennet, D. (2002)., Transfer of technology to China: an Scandinavian and European perspective, **European Management Journal**, 20(1),98-106.
- Burgelman, R. Maidique, M. (1988). **Strategic management of technology and innovation**, United states of America:Richard Irwin inc.
- Coyle, RG.(1996). **System dynamics modeling: a practical approach**. London: Chapman & Hall.
- Dyson.B,Chang.B.(2004). Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modeling,**Waste Management**.
- Forrester, J.W. (1961). **Industrial Dynamics**. MIT Press, Cambridge, MA.
- Harrison, noma & Samson, Danny .(2002). **Technology management** ,Mcgrow hill International Edition.
- Jordan, J., Watkins, A., Fleming, G. (2003). Development of rapid technology assessment tools: A new paradigm in AeroDynamic Design, **Proceeding of the 49th International Instrumentation symposium**.
- Janszen,Felix,H.A.,Degenaars,Grada,H.(1998). A dynamic analysis of the relations between the structure and process of national systems of innovation using computer simulation: the case of dutch biotechnological sector, **Research Policy**,27,pp37-54.
- Kingham, David .(1992). a view of technology audit,**Oxford Innovation**, July.
- Kogut,B., Zander,U .(1993). Knowledge of the firm and evolutionary theory of the multinational Corporation, **Journal of International Business Studies**,24(4), 625-645.
- Lane.D.C ,Oliva.R. (1998). The greater whole: towards a synthesis of system dynamics and soft systems methodology, **European Journal of Operational Research**,107,pp214-235.
- Lin,B,W.(2003).Technology Transfer as technological learning: a purpose of competitive advantage for firms with limited R&D resources, **R&D Management**,33(3),327-341.
- Mashayekhi,Alinaghi .(1978). **strategy of economic development in Iran: A case of development-based on exhaustible resources**, Ph.D Dissertation Sloan School of Management, MIT, Cambridge, Massachusetts.
- Porter,M.(1978). **Competitive advantage:creating and sustaining superior performance**, New York ,Free press.

- Pugh.R.(1988). **The Executive Training System**, Mass: Pugh-Roberts Associates.
- Radosevic,S.(1999).**International technology transfer and catch up**, Massachusetts: Edward Elgar Publishing Limited.
- Ragaitis,R. (1999). **Early stages technology: valuation and pricing**, NY:John Wiley & Sons.
- Roberts,E,B. (1978). **Managerial Applications of system dynamics**, Cambridge, Mass.: Productivity press.
- Shi,T, Gill,R. (2005). Developing effective policies for the sustainable development of ecological agriculture in China: the case study of Jinshan County with a systems dynamics model,**Ecological Economics**, 53, pp 223-246.
- Spector. J. M, et.al. (2001). Models and simulations for learning in complex domains: using causal loop diagrams for assessment and evaluation,**Computers in Human Behavior**,17,pp517-545.
- Sterman, JD.(2000). **Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world.**, New York :McGraw-Hill.