

طراحی مدل برنامه‌ریزی استراتژیک فناوری با رویکرد هوشمند ترکیبی

دکتر عباس مقبل باعرض**

دکتر عادل آذر***

مریم ابراهیمی*

دکتر سید حمید خداداد حسینی***

چکیده:

در این تحقیق، مدل برنامه‌ریزی استراتژیک فناوری با رویکرد هوشمند ترکیبی نورو - فازی ارائه می‌شود که حاصل ترکیب یکپارچه و نظام‌یافته‌ای از مدل‌های موجود است. مدل تحقیق براساس بررسی مدل‌های برنامه‌ریزی استراتژیک فناوری و مدل‌های برنامه‌ریزی استراتژیک با رویکرد هوشمند ترکیبی پیشنهاد شده است. تکنیک نورو- فازی برای مدلسازی استراتژی‌های فناوری از طریق نرم افزار MATLAB استفاده می‌شود. مدل، در صنعت پتروشیمی ایران از طریق متوسط خطای آزمون و متوسط خطای یادگیری ارزیابی می‌شود که نتیجه آزمون را مطلوب نشان می‌دهد. با تعیین فهرست فناوری‌های صنعت، وضعیت توانایی صنعت در توسعه فناوری‌ها، جذابیت فناوری‌ها در صنعت و شاخص‌های ثبت اختراع در صنعت، جایگاه فناوری‌ها در ماتریس‌های تصمیم تدوین استراتژی فناوری تعیین می‌شود. استراتژی‌های فناوری در سه دسته پژوهش محور، سرمایه محور و دانش محور پیشنهاد می‌شود. داده‌ها نیز بواسطه چهل محقق در شرکت‌های تابعه صنعت پتروشیمی که در حوزه‌های مشخص شده فناوری‌ها تحقیق می‌کنند و دانش آن حوزه‌ها را دارند با روش تمام شماری گردآوری می‌شود.

واژه‌های کلیدی: نورو - فازی، توانایی، جذابیت، ثبت اختراع

* دانشجوی دکتری دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس

** نویسنده مسئول- استادیار، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، moghbela@modares.ac.ir

*** دانشیار، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس

**** استاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس

۱- مقدمه

با اشاره به "مثلث فناوری"^۱، فناوری بعنوان یکپارچگی انسان، دانش، ابزار و سیستم‌ها با هدف بهبود زندگی مردم توصیف می‌شود (Pieterse, 2001:9; Pretorius, 2001:2). فناوری آمیخته‌ای از دانش، مهارت و توانایی‌های فنی است که دارنده آن را قادر به تغییر جهان طبیعت می‌سازد (آذر و طباطبائی، ۱۳۸۰: ۶۲).

اولین و مهمترین مرحله مدیریت فناوری، تدوین برنامه استراتژیکی به نام استراتژی فناوری^۲ است که اولویت‌های توسعه و سرمایه‌گذاری فناوری را مشخص کند (Arasti and Packniat, 2011: 1). استراتژی فناوری در دو سطح شرکت و ملی تعریف شده است. استراتژی فناوری شرکت^۳ به اولویت‌های شرکت در توسعه فناوری اشاره می‌کند که اقدامات آینده شرکت در مسائل فناوری را مد نظر قرار می‌دهد (Arasti and Vernet, 1999: 294). استراتژی فناوری ملی^۴ شامل سبدهای فناوری مطلوب است که دولت از طریق تعیین اهداف در هر حوزه از آنها حمایت می‌کند. این استراتژی وظایف و مسئولیت‌های نهادهای دولتی مسئول در اجرای اهداف حوزه‌های فناوری را تعریف می‌کند (Ghazinoory, Divsalar and Soofi, 2009: 837).

از طرفی، تغییرات و عدم قطعیت‌های محیطی مشکلاتی در تدوین استراتژی ایجاد کرده است. بدین دلیل، محققان مدیریت استراتژیک، توسعه سیستم‌های کامپیوتری را جهت پشتیبانی فرایند برنامه‌ریزی استراتژی مورد توجه قرار داده‌اند. بطوریکه اخیراً تکنیک‌های هوش مصنوعی مانند: شبکه‌های عصبی^۵، منطق فازی^۶ و نورو- فازی بطور موفقیت‌آمیزی در پشتیبانی از برنامه‌ریزی استراتژیک استفاده شده‌اند (Han, Zeng, Shu, Zhou, and Yu, 2011: 1009).

در این مقاله، پس از مطالعه و بررسی مدل‌های برنامه‌ریزی استراتژیک فناوری و مدل‌های برنامه‌ریزی استراتژیک هوشمند ترکیبی، مدل جامع و یکپارچه برنامه‌ریزی استراتژیک فناوری بطور مفهومی و عملیاتی با رویکرد هوشمند ترکیبی نورو- فازی ارائه می‌شود و بطور نمونه در صنعت پتروشیمی ایران آزمون می‌شود. مدل نورو- فازی شامل

-
- 1- Technology triangle
 - 2- Technology strategy
 - 3- Firm technology strategy
 - 4- National technology strategy
 - 5- Neural network
 - 6- Fuzzy logic

قابلیت‌های شبکه عصبی و منطق فازی است. تئوری منطق فازی روابط را به طور صریح و به صورت قواعد اگر-آنگاه نمایش می‌دهد؛ در حالی که در استخراج دانش ذخیره در داده‌های عددی ناتوان است (Moon, Jung, and Kim, 2009: 64). در مقابل، شبکه عصبی مصنوعی از طریق فرایند یادگیری قادر به یادگیری تقریبی توابع غیرخطی با بالاترین میزان دقت است؛ اگر چه عملیات داخلی شبکه و روابط بطور صریح مشخص نیست و در توسعه یک مدل در زمانی منطقی ناتوان است (آذر، افسر و احمدی، ۱۳۸۵: ۱۰).

۲- مدل‌های تدوین استراتژی فناوری و برنامه‌ریزی استراتژیک با رویکرد هوشمند ترکیبی

تا کنون مدل‌های مختلفی در خصوص تدوین استراتژی فناوری ارائه شده است. بطور کلی می‌توان مدل‌ها را از منظر سطح اجرای مدل به دو دسته مدل‌های تدوین استراتژی فناوری الف) در سطح شرکت (Arasti and Packniat, 2011; Chiesa, 1996; 2001; Pappas, 1984; Floyd, 1998; Porter, 1985; Hax and Majluf, 1996; Burgelman, Christensen, and Wheelwright, 2003) و ب) مدل‌های تدوین استراتژی فناوری در سطح ملی (Ghazinoory et al., 2009; Arasti and Vernet, 1999; Cardullo, 1996) طبقه‌بندی کرد. مدل‌هایی مانند تحلیل (SWOT) فناورانه (Cardullo, 1996) و رویکرد برنامه‌ریزی فناوری (Ghazinoory et al., 1999; Arasti and Vernet, 1999: 837) در هر دو سطح شرکت و ملی اجرا می‌شوند.

از منظری دیگر، مدل‌های تدوین استراتژی فناوری مبتنی بر الف) ماتریس‌های تصمیم و ب) مدل‌های فرایندی ارائه شده‌اند. مدل‌های رویکرد برنامه‌ریزی فناوری (Ghazinoory et al., 1999: 837; Arasti and Vernet, 1999) تحلیل (SWOT) فناورانه (Cardullo, 1996)، تصمیم‌منع‌یابی فناوری (Floyd, 1998)، روش شناسی بوز آلن و همیلتون^۱ (Pappas, 1984)، مدل شیزا (Chiesa, 1996; 2001)، مدل آ. د. لیتل^۲ (Arasti and Packniat, 2011) و مدل مک‌کینزی^۳ (Arasti and Packniat, 2011: 8) مبتنی بر ماتریس‌های تصمیم هستند. مدل‌های فرایندی، تدوین

1-Booz-Allen & Hamilton

2-AD Little

3-Mckinsey

استراتژی فناوری را بصورت فرایندی عقلایی و مرحله به مرحله، نه بر اساس ماتریس‌های تصمیم، مطرح می‌کنند (Arasti and Packniat, 2011; Porter, 1985; Hax and Majluf, 1996; Burgelman et al., 2003)

مدل‌های تدوین استراتژی فناوری از لحاظ ارائه استراتژی‌های کلان فناوری و استراتژی‌های جزئی فناوری نیز قابل طبقه‌بندی هستند. استراتژی‌های کلان فناوری، استراتژی‌های عمومی مرتبط به حوزه‌های فناوری است؛ مانند تحلیل (SWOT) فناورانه (Cardullo, 1996). استراتژی‌های جزئی فناوری، استراتژی و اقدامات مختلف خاص یک فناوری است؛ مانند رویکرد برنامه‌ریزی فناوری (Ghazinoory et al., 1999: 837; Arasti and Vernet, 1999).

تحقیقات مختلفی در حوزه تدوین استراتژی فناوری انجام شده است مانند برنامه‌ریزی استراتژیک ملی فناوری نانو در ایران (Ghazinoory et al., 1999) که از ترکیب تحلیل (SWOT) برای استخراج استراتژی‌های کلان و رویکرد برنامه‌ریزی فناوری برای استخراج استراتژی‌های جزئی هر حوزه فناوری استفاده کرده است، تدوین استراتژی فناوری در عربستان سعودی، سودان و سری لانکا (Al-Saud, 2009) که از تحلیل (SWOT) به منظور استخراج استراتژی‌های فناوری در سطح ملی بهره جسته‌اند، تدوین استراتژی نانو کامپوزیت‌ها در شرکت‌های ایرانی (Ghazinoory and Farazkish, 2010) که از مدل شیوا جهت استراتژی‌های فناوری در سطح شرکت استفاده شده است و تدوین استراتژی فناوری جمهوری چک (Klusacek, 2011) که از رویکرد برنامه‌ریزی فناوری در تعیین فناوری‌های حیاتی و تدوین استراتژی فناوری در سطح ملی استفاده کرده است. سیستم‌های هوشمند ترکیبی مختلفی ارائه شده است که حاصل ترکیب مدل‌ها و تکنیک‌های متفاوتی است. عمده این سیستم‌ها در حوزه تدوین استراتژی بازاریابی می‌باشند (Li, 2000; 2005; Li & Li, 2009; Moayer and Bahri, 2009). در سیستم‌های هوشمند ترکیبی ارائه شده معمولاً از ترکیب منطق فازی و سیستم‌های خبره استفاده شده است و از شبکه عصبی به منظور پیش‌بینی روند فاکتورهای انتخابی استفاده شده است. تنها سیستمی که حاصل ترکیب شبکه‌های عصبی و منطق فازی به صورت نورو فازی است، تحقیق (Moayer and Bahri, 2009) می‌باشد.

مدل‌ها و سیستم‌های هوشمند ترکیبی نیز در خصوص تدوین استراتژی فناوری ارائه شده است مانند برنامه‌ریزی استراتژیک فناوری هوشمند ترکیبی در شرکت‌های صنعت

ساخت (Yu and Lo, 2009) و چارچوب برنامه‌ریزی فناوری استراتژیک در نیمه هادی‌های صنعت ریخته‌گری تایوان (Chen, Ho, and Kocaoglu, 2009). در سیستم هوشمند ترکیبی (Yu and Lo, 2009) بواسطه پنج شاخص ثبت اختراع، ده استراتژی فناوری توصیه می‌شود. در تحقیق دیگری (Ernst, 2003) نیز بواسطه شاخص‌های ثبت اختراع، استراتژی‌های سرمایه‌گذاری توصیه می‌شود. بررسی تحقیقات انجام یافته نشان می‌دهد که معمولا مدل‌های تدوین استراتژی فناوری در سطح شرکت پیشنهاد شده‌اند و مدل‌های در سطح ملی نادرند. در تدوین استراتژی‌های فناوری معمولا شاخص‌های ثبت اختراع چشم پوشی شده‌اند. در تدوین استراتژی‌های فناوری مبتنی بر ماتریس تصمیم، تنها از یک ماتریس تصمیم استفاده شده است؛ بنابراین استراتژی‌ها با دید محدود ارائه شده‌اند. همچنین رویکرد نورو فازی در تدوین استراتژی فناوری تاکنون استفاده نشده است.

۳- ماتریس‌های تصمیم استفاده شده در مدل تحقیق

در این تحقیق، سه ماتریس تصمیم: پژوهش محور، سرمایه محور و دانش محور در تدوین استراتژی فناوری استفاده شده‌اند. در ماتریس دانش محور از مفهوم ثبت اختراع استفاده شده است. ثبت اختراع، قرارداد بین مخترع و دولت است که به موجب آن در ازای افشای کامل و عمومی از یک اختراع، دولت به مخترع حق محروم کردن دیگران را برای مدت زمان محدود از ساخت، استفاده و فروش اختراع اعطا می‌کند (Hufker and Alpert, 1994:44) پایگاه‌های داده ثبت اختراع، اطلاعات ارزشمندی را برای برنامه‌ریزی استراتژیک فناوری ارائه می‌دهند. شاخص‌های متعددی برای برنامه‌ریزی استراتژی‌های فناوری در تحقیقات مختلف (Yu and Lo, 2009; Ernst, 2003; Fabry, Ernst, Langholz, and Koster, 2006) استفاده شده‌اند.

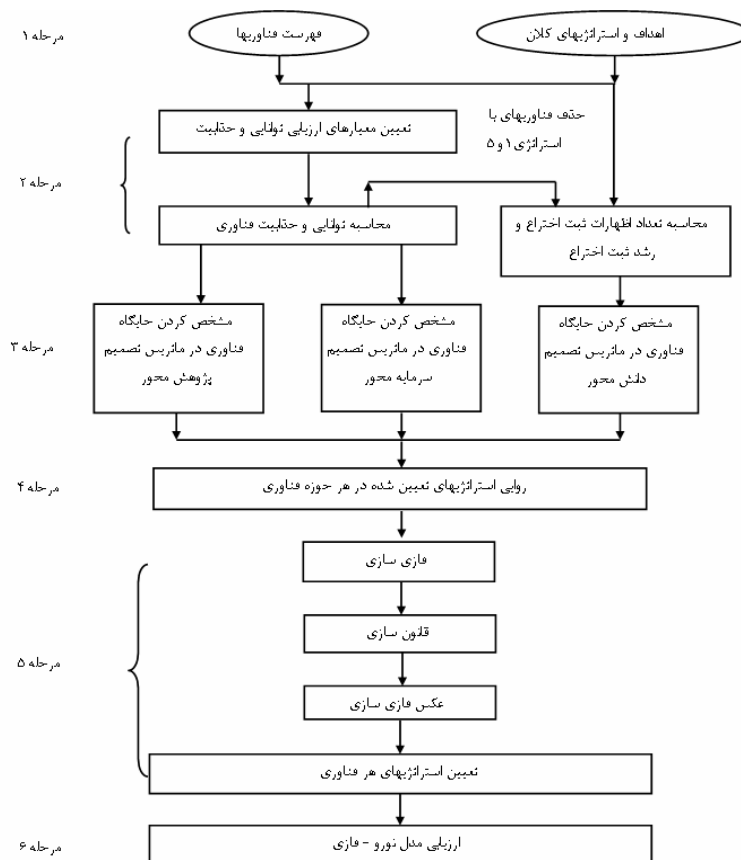
جدول ۱: ماتریس‌های تصمیم استفاده شده در مدل تحقیق

ماتریس تصمیم پژوهش محور (Ghazinoory et al., 2009: 840)			استراتژی‌ها
جداییت فناوری	زیاد	توسعه	<p>۱) کنکاش: به جای ترک آن‌ها، انجام مطالعات کتابخانه‌ای برای آگاهی به روز از آخرین توسعه‌ها در حوزه فناوری پیشنهاد می‌شود.</p> <p>۲) توسعه: پژوهش‌های کاربردی جهت توسعه فعالیت‌های مرتبط به این حوزه فناوری پیشنهاد می‌شود.</p> <p>۳) جایگزینی: پژوهش‌های کاربردی جهت بومی سازی و توسعه فناوری‌های جذاب‌تر این حوزه و ورود به بازارهای این فناوری توصیه می‌شود.</p> <p>۴) حفاظت از جایگاه: هدف، پژوهش پایه (بنیادی) برای ایجاد کشفیات و خلق فناوری است.</p>
	کم	کنکاش	
		کم	زیاد
توانایی صنعت در توسعه فناوری			
ماتریس تصمیم سرمایه محور (Ernst, 2003: 238)			
جداییت فناوری	زیاد	سرمایه گذاری انتخابی	<p>۱) عدم سرمایه‌گذاری به مفهوم حداقل کردن سرمایه‌گذاری و توجیه عملیات است.</p> <p>۲) سرمایه‌گذاری انتخابی به مفهوم حفظ برنامه‌های فعلی و توجه به سرمایه‌گذاری برای فناوری‌هایی است که دارای ریسک پایین و سودآوری خوب باشد.</p> <p>۳) سرمایه‌گذاری به مفهوم سرمایه‌گذاری برای رشد حداکثر و توجه به حفظ قدرت است.</p>
	کم	عدم سرمایه گذاری	
		کم	زیاد
توانایی صنعت در توسعه فناوری			
ماتریس تصمیم دانش محور (Yu and Lo, 2009)			
رشد ثبت اختراع	زیاد	لیسانس دو جانبه	<p>۱) انتقال فناوری: هزینه‌های تدارک فناوری پرداخت شود؛ به جای آنکه، فناوری توسعه داده شود.</p> <p>۲) لیسانس دوجانبه فناوری: در این حالت، دو شرکت یا دولت، بطور دوجانبه برای منافع مشترک، فناوری‌ها را به یکدیگر لیسانس می‌دهند.</p> <p>۳) حفاظت حقوقی از فناوری: استراتژی است که بر ثبت اختراع و توسعه آن برای حفاظت از مالکیت فکری تمرکز می‌کند.</p> <p>۴) توسعه فناوری‌های اساسی: در این حالت، صنعت منابع خود را به فناوری‌های اساسی تخصیص می‌دهد که تمام فناوری‌ها، ریشه در آن‌ها دارند.</p>
	کم	انتقال فناوری	
		کم	زیاد
تعداد اختراعات اظهار شده			

- 1 - Scanning
- 2 - Development
- 3 - Replace
- 4 - Position protection

۴-مدل مفهومی تحقیق

از طریق تکنیک هوشمند ترکیبی نورو - فازی و با استفاده از سه ماتریس تصمیم تدوین استراتژی مطرح شده، مدل مفهومی برنامه ریزی استراتژیک فناوری با رویکرد نورو - فازی بصورت شکل زیر ارائه می شود.



شکل ۱: مدل مفهومی برنامه ریزی استراتژیک فناوری با رویکرد هوشمند ترکیبی

مرحله ۱- ابتدا، فهرستی از حوزه های فناوری براساس طرح استراتژیک توسعه صنعت پتروشیمی و نظرات خبرگان صنعت تهیه می شود. اهداف و استراتژی های موجود مرتبط به فناوری نیز از مستندات صنعت مشخص می شوند.

مرحله ۲- در این مرحله، علاوه بر تعیین و محاسبه شاخص‌های توانایی و جذابیت، شاخص‌های میزان اظهارات ثبت اختراع و رشد اختراع نیز محاسبه می‌شود.

مرحله ۳- با استفاده از میزان شاخص‌ها، وضعیت و جایگاه فناوری‌ها در ماتریس‌های پژوهش محور، دانش محور و سرمایه محور مشخص می‌شود. جایگاه فناوری‌ها در هر سه ماتریس به مفهوم خروجی تعریف شده در مدل خواهد بود.

مرحله ۴- روایی استراتژی‌ها و میزان اهمیت استراتژی‌ها از منظر خبرگان صنعت مشخص می‌شود.

مرحله ۵- برای مدلسازی نورو - فازی استراتژی‌های فناوری از جعبه ابزار منطق فازی، ویرایشگر (ANFIS) نرم افزار (MATLAB 7.0.1) استفاده شده است.

مرحله ۶- جهت ارزیابی مدل نورو- فازی برنامه‌ریزی استراتژیک، این مدل در صنعت پتروشیمی ایران آزمون می‌شود. میزان متوسط خطای یادگیری و میزان متوسط خطای آزمون معیارهایی هستند که دقت مدل بر اساس آنها مشخص می‌شود.

۴-۱- جامعه و نمونه آماری

نمونه همان جامعه آماری است یعنی از روش تمام شماری استفاده شده است. نمونه در این تحقیق بدلیل عدم وجود نیروی متخصص در حوزه‌های فناوری مورد بررسی چهل خبره از محققان شرکت‌های تابعه صنعت پتروشیمی است که در خصوص فناوری‌های صنعت پتروشیمی مشغول پژوهش هستند و دانش حوزه‌های فناوری را دارند. تعداد چهل داده در شبکه عصبی تحقیق به دلیل استفاده از الگوی یادگیری اعتبار سنجی متقاطع^۱ با $K=5$ برای آموزش مدل توجیه‌پذیر است. این نوع یادگیری هنگامی که داده‌ها کم هستند استفاده می‌شود.

۴-۲- ترکیب شبکه عصبی و منطق فازی

ترکیب شبکه‌های عصبی با سیستم‌های فازی از منظر ویژگی‌هایی مانند بیان صریح دانش، دقت، توانایی یادگیری و کشف دانش بهتر از سایر ترکیب‌های فناوری‌های هوشمند بوده است (Negnevitsky, 2002: 3).

جدول ۲: توجیه پذیری منطق فازی و شبکه عصبی در این تحقیق

منطق فازی
<p>(۱) منطق فازی بر پایه تجارب خبرگان ایجاد می‌شود. در این تحقیق براساس تحقیقات انجام یافته، قوانین تدوین استراتژی فناوری مشخص می‌شود که مبنای قانون‌سازی منطق فازی می‌باشد.</p> <p>(۲) منطق فازی بر اساس زبان طبیعی است. خصوصاً در این تحقیق که داده‌های کمی دقیق در دسترس نبوده است، منطق فازی ابزار مناسبی می‌باشد.</p> <p>(۳) منطق فازی می‌تواند توابع غیر خطی پیچیده‌ای را مدل کند. می‌توان سیستمی فازی را با هر مجموعه ورودی - خروجی منطبق کرد.</p> <p>(۴) منطق فازی بطور مفهومی براساس قوانین مشخص قابل درک تر است و برخلاف شبکه‌های عصبی قابل تفسیر است.</p>
شبکه عصبی
<p>(۱) داده‌های در دسترس در این تحقیق، کافی نبوده‌اند به همین منظور از روش‌های یادگیری شبکه‌های عصبی به منظور آموزش مدل با داده‌های موجود استفاده شده است. عبارتی شبکه‌های عصبی در صورت وجود خطاهای داده‌ها و نقصان داده‌ها روش مناسبی است.</p> <p>(۲) در صورت تغییر داده‌ها، مدل قابل انطباق با شرایط مختلف خواهد بود. از جمله خروجی‌های مدل قوانین می‌باشد. عبارتی دیگر با تغییر داده‌ها، قوانین هم قابلیت انطباق خواهند داشت.</p> <p>(۳) به کمک شبکه‌های عصبی و یادگیری آن، توابع عضویت بهینه مشخص می‌شوند و الگوی رفتاری داده‌ها مشخص می‌شود.</p>

۵- مدل عملیاتی تحقیق

با انجام مراحل دو تا چهار مدل مفهومی، برای هر کدام از پنجاه و چهار فناوری، سه جدول شامل دو ورودی و یک خروجی تهیه می‌شود بدین صورت که:

(۱) براساس ماتریس تصمیم پژوهش محور شامل ورودی‌های توانایی {۰ الی ۱۰} و جذابیت {۰ الی ۱۰} و یک خروجی (۱، ۲، ۳، ۴) که به ترتیب نشان دهنده استراتژی‌های کنکاش، توسعه، جایگزینی و حفاظت از جایگاه می‌باشد.

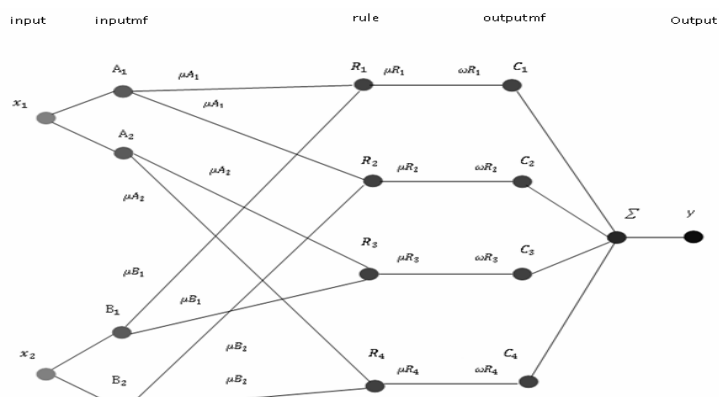
(۲) براساس ماتریس تصمیم سرمایه محور شامل ورودی‌های توانایی {۰ الی ۱۰} و جذابیت {۰ الی ۱۰} و یک خروجی (۵، ۶، ۷) که به ترتیب نشان دهنده استراتژی‌های عدم سرمایه‌گذاری، سرمایه‌گذاری انتخابی و سرمایه‌گذاری است.

(۳) براساس ماتریس دانش محور شامل ورودی‌های تعداد اظهارات ثبت اختراع {۰ الی ۱۰} و رشد اختراع {۰ الی ۱۰} و یک خروجی (۸، ۹، ۱۰، ۱۱) که به ترتیب نشان‌دهنده

استراتژی‌های انتقال فناوری، حفاظت حقوقی از فناوری، لیسانس دو جانبه و توسعه فناوری‌های اساسی است.

بر اساس نظرات چهل خبره در طی تحقیق، چهل جدول برای هر پنجاه و چهار فناوری ایجاد می‌شود. نمونه‌ها به دو بخش تقسیم می‌شوند: یک بخش برای آموزش مدل و دیگری برای آزمون مدل. برای آموزش از روش ترکیب حداقل مربعات^۱ و انتشار بازگشتی نزول شیب^۲ استفاده می‌شود.

مدل نهایی برنامه‌ریزی استراتژیک فناوری مبتنی بر نورو - فازی در صنعت پتروشیمی ایران برای هر ماتریس تصمیم و هر فناوری به صورت زیر خواهد بود.



شکل ۲: مدل نهایی برنامه‌ریزی استراتژیک فناوری مبتنی بر نورو - فازی برای هر ماتریس تصمیم و هر فناوری

لایه اول: لایه ورودی نامیده می‌شود. هر گره در این لایه ارزش ورودی (بر اساس ماتریس پژوهش محور و سرمایه محور، میزان توانایی و جذابیت فناوری و در ماتریس تصمیم دانش محور، میزان ثبت اختراع و رشد ثبت اختراع) را به لایه بعدی انتقال می‌دهد. . بعبارتی در صورت وجود x_i بعنوان متغیر ورودی، نمونه‌ها بصورت زیر قابل تعریف خواهند بود:

$$x_i = \{x_1; x_2\} \quad i = \{1; 2\} \quad (1)$$

لایه دوم: لایه فازی سازی است که بر اساس تابع عضویت انتخاب شده، نورون‌های این لایه، مجموعه‌های فازی در مقدم قوانین فازی را مشخص می‌کنند. در این لایه درجه عضویت

1 -Least squares

2 -Back-propagation gradient descent

ورودی‌ها به مقادیر زبانی کم و زیاد براساس تابع عضویت مشخص شده معین می‌شود. معمولاً تابع عضویت بصورت تابع زنگدیس^۱ با حداکثر مقدار یک و حداقل مقدار صفر انتخاب می‌شود.

$$\mu_{A_i(x)} = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - c_i}{a_i} \right|^{2b_i}} \quad (2)$$

a_i ، b_i و c_i مجموعه پارامتری هستند که با تغییر ارزش آنها، تابع نیز تغییر می‌کند. لایه سوم: هر گره در این لایه، ورودی را با هم اشتراک می‌گیرد و حاصل اشتراک را بعنوان خروجی ارسال می‌کند. خروجی، ضریب اهمیت هر قانون را نشان می‌دهد. براساس ماتریس‌های تصمیم دو بعدی، برای هر ماتریس چهار قانون وجود خواهد داشت که بواسطه اشتراک توابع عضویت مقدم‌ها تعریف می‌شود. بعنوان مثال در مدل فوق، به نورون R1 در لایه سوم ۲ ورودی از نورون‌های A1 و B1 وارد می‌شود.

$$\mu_{R1} = \mu_{A1} \times \mu_{B1} \quad (3)$$

لایه چهارم: لایه خروجی فازی است. نورون‌های این لایه، نتیجه قانون فازی را مشخص می‌کنند. نورون‌های این لایه، تمامی ورودی‌هایی که به این لایه وارد می‌شوند را اجتماع می‌گیرد.

لایه پنجم: لایه عکس فازی سازی است. هر نورون در این لایه خروجی سیستم نورو فازی است. سیستم‌های نورو - فازی از روش‌های عکس فازی استاندارد استفاده می‌کنند مانند روش مرکز ثقل^۲ که در آن، ارزش صلب خروجی با پیدا کردن میانگین وزنی مقادیر عضویت محاسبه می‌شود. لایه عکس فازی همان خروجی مدل است و میزان آن در ماتریس تصمیم پژوهش محور مقادیر (۱، ۲، ۳ و ۴)، برای ماتریس تصمیم سرمایه محور مقادیر (۵، ۶ و ۷) و برای ماتریس دانش محور مقادیر (۸، ۹، ۱۰ و ۱۱) خواهد بود.

۶- بحث و نتیجه‌گیری

تدوین استراتژی در این تحقیق برگرفته از رویکرد برنامه‌ریزی حیاتی است که استفاده از ماتریس تصمیم استراتژیک، اغلب بوسیله این رویکرد تاکید می‌شود. در این تحقیق بدلیل اهمیت سه مقوله پژوهش، سرمایه‌گذاری و حفاظت از دستاوردهای مرتبط به

1 -Bell shaped
2 -Centroid

فناوری، سه ماتریس تصمیم مورد توجه قرار گرفته است که براساس مکان یابی هر فناوری صنعت در هر ماتریس، یک استراتژی ارائه می‌شود که اجماع نتایج هر فناوری از سه ماتریس، استراتژی آن فناوری خواهد بود.

در مدل پیشنهادی علاوه بر تاکید مولفه‌های درونی- توانایی و بیرونی- جذابیت از شاخص‌های ثبت اختراع بعنوان مولفه‌های تدوین استراتژی فناوری مورد نظر قرار گرفته است.

در مدل‌های تدوین استراتژی فناوری که در سطح جزئی، استراتژی‌های فناوری را به تفکیک هر فناوری توصیه می‌کنند، تنها از یک ماتریس تصمیم استفاده شده است که استراتژی‌های پژوهش، سرمایه‌گذاری و تأمین فناوری را توصیه می‌کنند. در مدل پیشنهادی تحقیق از سه ماتریس استفاده شده است و تجمیعی از استراتژی‌های پژوهش، سرمایه‌گذاری و حفاظت از فناوری را توصیه می‌کند.

در مدل‌های تدوین استراتژی فناوری موجود معمولاً مکانیزم اعتبار سنجی استراتژی‌ها مطرح نشده است. در این تحقیق نظرات خبرگان حوزه فناوری و تدوین استراتژی مبنای ارزیابی اعتبار استراتژی‌های فناوری تحقیق می‌باشد.

در این تحقیق مدل هوشمند ترکیبی در حوزه تدوین استراتژی فناوری پیشنهاد می‌گردد که حاصل ترکیب تکنیک‌های شبکه‌های عصبی و منطق فازی است. تاکنون چنین تحقیقی در حوزه فناوری انجام نشده است.

علاوه بر موارد مطرح شده فوق، مدل پیشنهادی تحقیق مزایایی را نیز شامل می‌شود که حاصل ماهیت تدوین استراتژی فناوری و رویکرد هوشمند ترکیبی نورو فازی است. این نتایج و مزایا عبارتند از:

- ۱) تعیین فهرست فناوری‌های صنعت پتروشیمی و طبقه‌بندی فناوری
- ۲) اولویت‌بندی فناوری‌ها و مشخص شدن فناوری‌های حیاتی صنعت با استفاده از مدل فناوری‌های حیاتی موجود در تحقیقات انجام شده قبلی
- ۳) ارائه استراتژی‌های جزئی خاص هر فناوری که مکمل استراتژی‌های کلان فناوری در صنعت است.
- ۴) مشخص شدن شاخص‌های توانایی و جذابیت بومی شده در صنعت پتروشیمی ایران
- ۵) مشخص شدن وضعیت توانایی، جذابیت و شاخص‌های ثبت اختراع هر فناوری در صنعت پتروشیمی

- ۶) ارائه هوشمند توصیه‌ها و تصمیمات استراتژیک فناوری
 ۷) بهبود کیفیت تصمیم‌گیری مدیران و تصمیم‌گیرندگان استراتژیک فناوری
 ۸) بهبود اطمینان مدیران در تصمیم‌گیری استراتژیک فناوری و کنترل عدم قطعیت تصمیم‌گیری

نتایج بررسی نشان می‌دهد که فناوری نانو ذرات و نانو کامپوزیت، تنها فناوری‌های حیاتی صنعت پتروشیمی ایران هستند که استراتژی‌های حفاظت از جایگاه، سرمایه‌گذاری و انتقال فناوری برای آن پیشنهاد می‌شود. عبارتی توصیه می‌شود که پژوهش‌های پایه (بنیادی) برای ایجاد کشفیات و خلق فناوری انجام شود. پژوهش‌ها باید توازن بین تغییرات فناورانه داخلی در این حوزه‌ها را با پیشرفت‌های فناوری در خارج از کشور ایجاد کند و هدف ایجاد کشفیات مهمی در این حوزه‌های فناوری باشد. در این حوزه سرمایه‌گذاری برای رشد حداکثر و توجه به حفظ قدرت انجام شود. در این حوزه بر ثبت خارجی اختراعات تمرکز نشود و در صورت وجود فناوری‌های ثبت شده خارجی، اقدام به تدارک آنها شود. استراتژی‌های غالب در صنعت پتروشیمی ایران، کنکاش و عدم سرمایه‌گذاری است یعنی توصیه می‌شود که مطالعات کتابخانه‌ای برای آگاهی به روز از آخرین توسعه‌ها در حوزه فناوری انجام شود و برنامه‌های فعلی در صورت توجیه هزینه‌ای حفظ شوند و سرمایه‌گذاری‌ها حداقل شوند. پس از آن، استراتژی‌های انتقال فناوری و سرمایه‌گذاری انتخابی، اکثر استراتژی‌های صنعت پتروشیمی ایران را تشکیل می‌دهند.

این یافته‌ها نشان می‌دهد که عدم وجود روشی مناسب برای تعیین استراتژی‌های فناوری، باعث عدم تخصیص اثربخش منابع در پروژه‌های فناورانه صنعت شده است. همچنین بدلیل تمرکز بر استراتژی انتقال فناوری، اصلاح ارتباطات با صاحبان فناوری به صنعت پتروشیمی ایران کمک می‌کند در قالب همکاری‌های مشترک از نیمه‌های راه تحقیقات با صاحبان دانش همراه شود و در تجاری‌سازی و بزرگسازای مقیاس نتایج تحقیقات مشارکت نمایند.

استراتژی توسعه، انتقال فناوری و سرمایه‌گذاری انتخابی برای فناوری‌های (direct oxidation)، (low pressure)، (liquid phase)، (steam cracking)، (PDH)، نانو پوشش، نانو کاتالیست، زیست پالایی، تصفیه زیستی پساب، جداسازی گاز، جداسازی مایع، سنتز غشاهای مورد نیاز جداسازی گاز و سنتز غشاهای مورد نیاز جداسازی مایع پیشنهاد می‌شود. در این حوزه‌های فناوری باید پژوهش‌های کاربردی جهت توسعه

فعالیت‌های مرتبط به این حوزه فناوری انجام شود. برنامه‌های فعلی در مورد این فناوری حفظ شوند و برنامه‌های جدید، تحلیل هزینه و منفعت شوند تا برنامه‌هایی که دارای ریسک پایین و سودآوری خوبی هستند، اجرا شوند. در این حوزه، هزینه‌های خلق فناوری بسیار زیاد خواهد بود. بنابراین، بهتر است که هزینه‌های تدارک فناوری پرداخت شود؛ به جای آنکه، فناوری خلق شود.

جایگزینی، انتقال فناوری، سرمایه‌گذاری انتخابی برای فناوری‌های استریفیکاسیوم مستقیم (PTA) با (EG) و سپس پلی‌کنداسیون و فرایند استفاده از گوگرد پیشنهاد می‌شود. در این حوزه‌های فناوری باید پژوهش‌های کاربردی جهت بومی‌سازی و توسعه فناوری‌های جذاب‌تر این حوزه و ورود به بازارهای این فناوری انجام شود. برنامه‌های فعلی در مورد این فناوری حفظ شوند و برنامه‌های جدید، تحلیل هزینه و منفعت شوند تا برنامه‌هایی که دارای ریسک پایین و سودآوری خوبی هستند، اجرا شوند. در این حوزه، هزینه‌های خلق فناوری بسیار زیاد خواهد بود. بنابراین، بهتر است که هزینه‌های تدارک فناوری پرداخت شود؛ به جای آنکه، فناوری خلق شود.

صنعت پتروشیمی ایران از منظر ثبت اختراع در پایگاه‌های خارجی عملکرد مناسبی نداشته است و از جایگاه مقایسه‌ای خوبی برخوردار نیست. به همین دلیل برای کلیه فناوری‌هایی که در ماتریس تصمیم دانش محور ارزیابی می‌شوند، استراتژی انتقال فناوری پیشنهاد می‌شود.

نتایج ارزیابی مدل نورو- فازی شامل سه ماتریس تصمیم، نشان می‌دهد که متوسط خطای یادگیری و متوسط خطای آزمون به ترتیب ۰,۰۴۱۹۵ و ۰,۰۹۱۱۶ است.

منابع فارسی

- ۱- آذر، عادل و طباطبائیان، سید حبیب ا..، (۱۳۸۰)، انتقال تکنولوژی نیازمند نگرشی جامع، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، دوره ۵، شماره ۲، تابستان، ص. ۶۱ - ۸۳.
- ۲- آذر، عادل، افسر، امیر و احمدی، پرویز، (۱۳۸۵)، مقایسه روش‌های کلاسیک و هوش مصنوعی در پیش‌بینی شاخص قیمت سهام و طراحی مدل ترکیبی، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، دوره ۱۰، شماره ۴، زمستان، ص. ۱ - ۱۶.

منابع انگلیسی

- 1-Pieterse, Heinie, (2001), Telecommunications technology transfer/Diffusion model into rural south Africa, University of Pretoria, Pretoria.
- 2- Pretorius, Marthinus W., Technology assessment in the manufacturing enterprise: a holistic approach, International Association for management of technology (IAMOT), [2001], [on line], <<http://www.iamot.org/paperarchive>> [20 September 2011].
- 3- Arasti, Mohammad R. and Packniat, Mohammad, A Classification of Models for Technology Strategy Formulation, Graduate School of Management & Economics, Sharif University of Technology – Iran, [on line], <<http://www.iamot.org/conference/index.php/ocs/9/paper/view/1886/885/>>, [3 September 2011].
- 4- Arasti, Mohammad R and Vernet, Michel, (1999), Liking business strategy to technology strategies: a prerequisite to the R&D priorities determination international, Journal of Technology Management, Vol. 18, No. 3/4, pp. 293 – 307.
- 5- Ghazinoory, Sepehr, Divsalar, Ali, and Soofi, Abdol S., (2009), A new definition and framework for the development of a national technology strategy: The case of nanotechnology for Iran, Technological Forecasting & Social Change, vol. 76, no. 6, pp. 835–848.
- 6- Han, Y. F., Zeng, W. D., Shu, Y., Zhou, Y. G. and Yu, H. Q., (2011), Prediction of the mechanical properties of forged Ti–10V–2Fe–3Al titanium alloy using FNN, Computer Mater Sci, vol. 50, no. 33, pp.1009–15.
- 7- Moon, Jin Woo, Jung, Sung Kwon, and Kim, Jong-Jin, (2009), Application of ANN (Artificial-Neural-Network) in Residential Thermal Control. 11th International Building Performance Simulation Association

- Conference, Building Simulation 2009, University of Strathclyde, Glasgow, pp. 64 – 71.
- 8- Chiesa Vittorio, (2001), R&D Strategy and Organization, Imperial College Press, 280 p.
- 9- Chiesa, Vittorio, (1996), Towards a new framework for technology strategy formulation, Proceedings of the 3rd International Product Development Conference, 15-16 April, Fontainebleau, pp. 165-178.
- 10- Pappas, Chris, (1984), Strategic Management of Technology, Journal of Product Innovation and Management, Vol. 1, No. 1, pp. 30-35.
- 11- Floyd, Chris F., (1998), Managing technology for corporate success, Gower, Aldershot, 111p.
- 12- Porter, Michael E., (1985), Competitive Advantage, Cambridge: Harvard University Press.
- 13- Hax, Arnaldo C., and Majluf, Nicolas S., (1996), The Strategy Concept and Process: A Pragmatic approach. New Jersey: Prentice Hal.
- 14 Burgelman, Robert A., Christensen, Clayton M., and Wheelwright, Steven C., (2003), Strategic Management of Technology and Innovation. 4th ed. New York: McGraw-Hill.
- 15-Cardullo, Mario W., (1996), Introduction to managing technology, John Wiley & Sons, New York, 282 p.
- 16- Al-Saud, Turki Bin Saud, Space Activities in Saudi Arabia, ASE Prague, (2009) - XXII ASE Congress of Space Explorers, [on line], < www.space-explorers.org/.../tech/Space_Activities_in_Saudi_Arabia...>, [20 April 2012].
- 17- Ghazinoory, Sepehr, and Farazkish, Mahdieh, (2010), A model of technology strategy development for Iranian nano composite companies, Technological and Economic Development of Economy, Vol. 16, No. 1, pp. 25 – 42.
- 18- Klusacek, Karl. Selection of research priorities – method of critical technologies, [on line], <http://www.strast.cz/dokums_raw/unidocoursecriticaltechnologies10291_937.pdf>, [6 March 2011].
- 19- Li, Shuliang, (2005), A web-enabled hybrid approach to strategic marketing planning: Group Delphi + a Web – based expert system, Expert Systems with Applications, Vol. 29, No. 2, pp.393 – 400.
- 20- Li, Shuliang, (2000), The development of a hybrid intelligent system for developing marketing strategy, Decision Support Systems, Vol. 27, No. 4, pp. 395 – 409.
- 21- Li, S. and Li, Jim Zheng, (2009), Hybridising human judgment, AHP, simulation and a fuzzy expert system for strategy formulation

under uncertainty, Expert System with Applications, Vol. 36, No. 3, pp. 5557 – 5564.

22- Moayer, Sorousha and Bahri, Parisa A., (2009), Hybrid intelligent scenario generator for business strategic planning by using ANFIS, Expert Systems with Applications, Vol. 36, No. 4, pp. 7729–7737.

23- Yu, W.-D. and Lo, S.-S., (2009), Patent analysis-based fuzzy inference system for technological strategy planning, Automation in Construction, Vol. 18, No. 5, pp.770–776.

24- Chen, Hongyi, Ho, Jonathan C., and Kocaoglu, Dundar F., (2009), A strategic technology planning framework: A case of Taiwan's semiconductor foundry Industry, IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 56, No. 1, pp.4 – 15.

25- Ernst, Holger, (2003), Patent information for strategic technology management, World Patent Information, Vol. 25, No.3, pp. 233–242.

26-Hufker, Tim, & Alpert, Frank, (1994), Patents: a managerial perspective, Journal of Product and Brand Management, Vol. 3, No. 4, pp. 44–54.

27-Fabry , Bernd, Ernst, Holger, Langholz, Jens, and Koster, Martin, (2006), Patent portfolio analysis as a useful tool for identifying R&D and business opportunities—an empirical application in the nutrition and health industry, World Patent Information, Vol. 28, pp.215–225.

28- Negnevitsky, Michael, Hybrid intelligent systems: Neural expert systems and neuro-fuzzy systems, Pearson Education, (2002), [on line], <<http://www.neiu.edu/~mosztain/cs335/lecture11.ppt>>, [4 September 2011].

