

شناسایی حوزه‌های نوظهور براساس تحلیل چرخه عمر فناوری به‌عنوان نمونه فناوری زیردریایی‌های بدون سرنشین

امیر ناظمی^{۱*}
علی شماعی^۲
روح‌الله قدیری^۳

چکیده

عموماً چرخه عمر فناوری به وسیله منحنی S مدل‌سازی می‌شود. برخلاف ظاهر ساده این مدل‌سازی، استفاده از این مدل در شناسایی وضعیت چرخه عمر فناوری دشوار است. اغلب روش‌هایی که در مدل‌سازی چرخه عمر فناوری به کار می‌روند، نمی‌توانند به صورت دقیق و کمی‌شده وضعیت عمر فناوری را پیش‌بینی کنند. تحلیل چرخه عمر براساس تحلیل ثبت اختراعات (پتنت‌ها) و تکنیک‌های متن‌کاوی مبتنی بر آن یکی از تکنیک‌هایی است که امکان کمی‌سازی و افزایش دقت را میسر می‌کند. پرسش اصلی پژوهش آن بوده‌است که حوزه‌های نوظهور فناوری در زیردریایی‌های بدون سرنشین چه مواردی هستند؟ در این پژوهش از هم‌واژگان به‌عنوان یکی از تکنیک‌های متن‌کاوی به‌منظور کشف حوزه‌های فناوری و چرخه عمر آن‌ها استفاده شده‌است. در این مطالعه پتنت‌ها از بانک پتنت‌های ایالات‌متحده به‌عنوان ورودی فرآیند متن‌کاوی جمع‌آوری شده‌است. سپس با استفاده از روش خوشه‌بندی اصلی‌ترین حوزه‌های فناوری مربوط به سیستم‌های شناورهای بدون سرنشین زیرسطحی شناسایی شده‌اند. همچنین اصلی‌ترین تغییرات فناورانه در این سیستم‌ها پیش‌بینی شده‌اند. افزون بر آن چرخه عمر مربوط به هر یک از حوزه‌های فناوری با استفاده از مدل منحنی S شناسایی شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: چرخه عمر فناوری، منحنی S، متن‌کاوی، پیش‌بینی فناوری، شناورهای بدون سرنشین زیرسطحی

۱- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور و پژوهشگر اندیشگاه آتی‌نگار

* نویسنده عهده دار مکاتبات: nazemi@nrisp.ac.ir

۲- دانشجوی دکترای مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور و پژوهشگر اندیشگاه آتی‌نگار

۳- دانشجوی دکترای دانشگاه تهران و پژوهشگر اندیشگاه آتی‌نگار

مقدمه

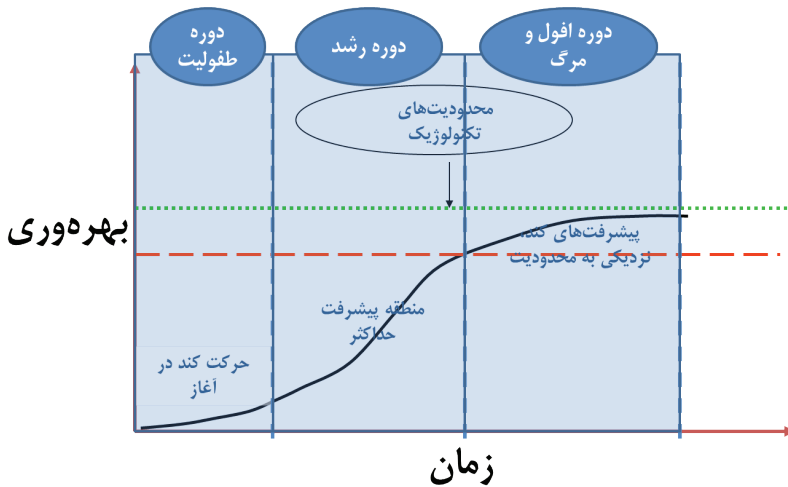
اهمیت فناوری و مدیریت آن در دهه‌های اخیر نسبت به گذشته افزایش یافته است. اقتصاد دانش‌محور به‌عنوان رویکردی نوین در تولید ثروت اقتصادی است که در آن نقش دانش بیش از سایر مؤلفه‌های تولیدی همچون سرمایه فیزیکی، منابع طبیعی و نیروی کار غیرماهر دانسته می‌شود (Carlaw, Nuth, Oxley, Thorns & Walker, 2006). به این ترتیب تولید و به‌کارگیری دانش، بخش غالب خلق ثروت را در سال‌های اخیر برعهده داشته‌اند (DTI Competitiveness White Paper, 1998). یکی از مهم‌ترین موضوعات مرتبط با فناوری و مدیریت آن را می‌توان در جانشینی فناوری‌های جدیدتر با قدیمی‌تر و پیدایش فناوری‌های جدید جستجو کرد. در چنین شرایطی است که مفهوم چرخه عمر فناوری اهمیت دوچندان می‌یابد. هر چند در دهه‌های اخیر این شناخت چرخه عمر بیش از گذشته پیچیده شده است، به‌نحوی که باوجود استقبال از مفهوم «چرخه عمر فناوری» به‌کارگیری و استفاده از این مفهوم در مدیریت و سیاست‌گذاری فناوری در عمل امکان‌پذیری پایینی یافته است.

ریشه‌های اصلی پیچیدگی و سختی شناسایی عمر فناوری و تحولات آن را می‌توان در دو موضوع یافت:

توسعه فناوری‌ها در سال‌های اخیر مدام سریع‌تر شده است و این امر به معنای آن است که چرخه عمر فناوری‌ها مدام کوتاه‌تر شده است (Baker, 2004). این ویژگی در خصوص فناوری‌های پیشرفته به شدت کلیدی‌تر است چرا که فناوری‌های پیشرفته عمدتاً دارای چرخه عمر سریع‌تری نیز هستند (Powell, Koput & Smith-Doerr, 1996)؛ به همین دلیل به مانند گذشته نمی‌توان به راحتی وضعیت یک فناوری و موقعیت دقیق آن را در چرخه عمر به خوبی تشخیص داد. توسعه فناوری‌ها وابستگی بیشتری به دانش غیرکدشده و وابسته به موضوع دارد (Pavitt, 1995; Mansfield, 1997; Cockburn & Henderson, 1984). به این ترتیب در عمل عمر فناوری امری چندوجهی است و وابسته به حوزه‌های دانشی متنوعی است که به شدت متکی بر دانش ضمنی می‌باشد.

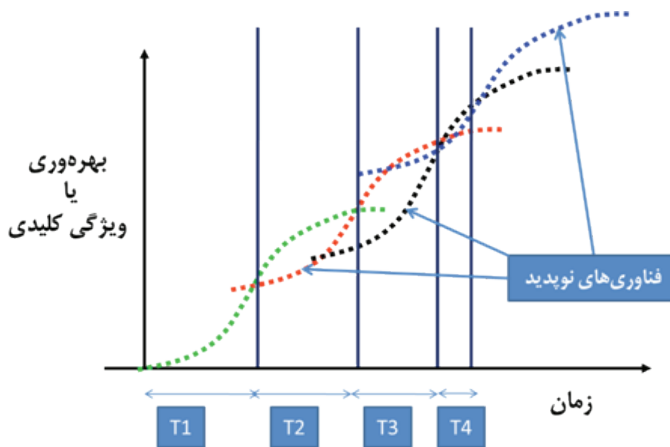
در چنین وضعیتی یافتن راه‌حلهایی به منظور شناسایی چرخه عمر ضرورت می‌یابد. از سوی دیگر توجه به این نکته نیز اهمیت می‌یابد که مدیریت فناوری فرآیندی شامل ۶ گام اصلی است که (۱) شناسایی، (۲) انتخاب، (۳) اکتساب، (۴) توسعه، (۵) بهره‌برداری و (۶) حفاظت اثربخش را دربرمی‌گیرد (Cetindamar, Phaal & Probert, 2009)؛ فرآیندی که در تمامی گام‌ها دانستن وضعیت عمر فناوری به شدت تأثیرگذار بر تصمیم‌گیری‌ها خواهد بود.

عمدتاً به‌منظور شناسایی چرخه عمر فناوری از منحنی S شکل استفاده می‌شود. این منحنی در خصوص هر فناوری نشان‌دهنده رشد بهره‌وری به‌عنوان تابعی از فعالیت‌های تحقیقاتی است که بر روی آن فناوری در حال انجام است (Abt, Foster & Rea, 1973). در شکل زیر این چرخه عمر به تصویر کشیده شده است.



شکل ۱ منحنی S شکل در خصوص چرخه عمر فناوری و دوره‌های عمر

اگرچه منحنی‌های رشد و چرخه عمر فناوری‌های بدیل بی‌ارتباط با یکدیگر نیستند، اما این امر به معنای آن نیست که در زمانی که فناوری در حال رشد است، فناوری‌های رقیبش الزاماً رشدی ندارند. به عبارت دیگر رشد دو فناوری رقیب می‌تواند به صورت هم‌زمان روی دهد. این امر گاهی منجر به آن می‌شود که پژوهشگران نتوانند فناوری‌های نظام‌افکن را شناسایی نمایند. به دلیل آن که قطع یک منحنی رشد فناوری به واسطه توسعه یک فناوری بدیل و رقیب دیگر روی می‌دهد، لذا در عمل نمی‌توان همواره نتیجه گرفت که منحنی‌های S شکل برای فناوری‌های مختلف کاملاً وابسته به همدیگر هستند (Phaal, Farrukh & Probert, 2004). به این ترتیب در عمل رشد یک فناوری نوظهور و توسعه آن، منجر به این واقعیت می‌شود که بهره‌وری یا ویژگی کلیدی آن فناوری به صورت تجمیعی توسعه یابد. این امر در شکل ۲ به تصویر کشیده شده است. به عبارت دیگر در یک زمان ممکن است دو یا چند فناوری رقیب وجود داشته باشند که مستقل از یکدیگر به رشد ادامه می‌دهند و فناوری نوظهور بدیل منجر به قطع منحنی رشد فناوری پیشین می‌شود. براین اساس استفاده صرف از منحنی چرخه عمر به منظور شناسایی و پیش‌بینی فناوری به تنهایی کافی نیست. دست‌یابی به منحنی S برای فناوری‌ها علی‌رغم مفهوم ساده‌اش امری ساده نیست. برخلاف آن‌چه که در حوزه فروش وجود دارد و می‌توان در این منحنی از میزان فروش به‌عنوان عاملی برای کمی‌سازی و تدقیق وضعیت یک محصول در چرخه عمر بهره برد؛ در حوزه فناوری با مشکلاتی روبه‌رو است. اغلب مطالعاتی که انجام شده است، از پتنت‌ها به‌عنوان معیار کمی‌سازی وضعیت آن فناوری استفاده شده است. اما چگونگی محاسبه امری مورد پرسش بوده است.



شکل ۲ فناوری‌های نوپدید و منحنی S شکل

در این پژوهش تلاش شده‌است تا بر پایه روش‌های متن‌کاوی^۱ که بر روی متن پتنت‌ها انجام شده‌است، چرخه عمر فناوری مربوط به یک سامانه شناسایی شود. سپس نتایج به‌دست‌آمده با یک مطالعه جهانی انجام شده مقایسه شده‌است تا تفاوت‌ها و شباهت‌ها آشکار شود. در این پژوهش سامانه «شناورهای بدون سرنشین زیرسطحی» به‌عنوان نمونه موردی انتخاب شده‌است و سپس بر پایه پتنت‌های منتشر شده در خصوص آن سامانه ابتدا اصلی‌ترین حوزه‌ها شناسایی شده و سپس چرخه عمر آن حوزه فناوری شناسایی شده‌است.

پیشینه پژوهش

پیشینه پژوهش از دو منظر قابل توجه است. از منظر اول پژوهش‌های انجام شده در خصوص مدل منحنی S توصیف شده‌اند و در مرحله دوم پژوهش‌های مربوط به متن‌کاوی پتنت‌ها به منظور شناسایی یک حوزه فناوری ارایه شده‌است.

پیشینه پژوهش در مدل‌سازی منحنی S

مدل منحنی S در حوزه‌های مختلفی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. نه تنها توسعه فناوری عمدتاً به وسیله منحنی S شکل مدل‌سازی می‌شود، (Petrick & Echols, 2004) بلکه ویژگی‌های کلیدی و بهره‌وری یک محصول از یک‌سو و همچنین رشد بازار و مصرف‌کنندگان از سوی دیگر؛ نیز مبتنی بر همین مدل S شکل توسعه می‌یابند. (Rogers, 1983; 1995; Foster, 1986) به‌طور کلی بررسی پژوهش‌های انجام شده در حوزه مدیریت فناوری نشان می‌دهد، اشاعه فناوری^۲ که مفهومی عام‌تر از توسعه فناوری، محصول و بهره‌برداری از آن در بازار است، عمدتاً با منحنی

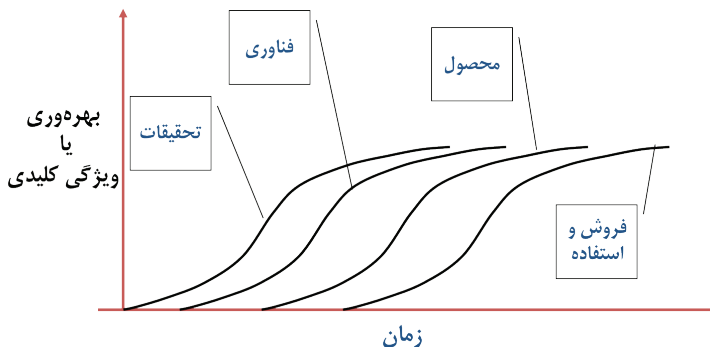
1-Text-Minining

2-Technology Diffusion

Sمدل سازی می‌شود. اشاعه فناوری در ساده‌ترین حالت «انتشار دانش فنی از یک فرد، سازمان یا کشور به دیگری، از طریق یک وسیله ارتباطاتی مناسب است» (Manarvi & Rasheed, 2008) با ظهور اقتصاد دانش محور، اشاعه فناوری بخش مهمی از تحقیقات نوآوری اخیر بوده است، Park (1999)؛ و از همین رو است که مدل سازی آن نیز اهمیت یافته است. مدل سازی اشاعه فناوری در بخش‌های مختلف مدیریت فناوری دارای کاربرد است. شاید یکی از اصلی‌ترین استفاده‌ها از منحنی S پیش‌بینی آینده یک فناوری خصوصاً در دو مورد باشد (Betz, 1998; Twiss, 1986):

(۱) زمان و نرخ رشد و (۲) ظرفیت‌های یک محصول، فناوری و بازار در مرحله اشباع. اگرچه به نظر می‌رسد که کاربرد منحنی S در ارزیابی فناوری است، اما در عمل مطالعات مختلفی به موضوع تدوین راهبرد و سیاست‌گذاری در خصوص یک فناوری با استفاده از این منحنی تخصیص دارد (Betz, 1998; Twiss, 1986). اهمیت مدل‌سازی اشاعه فناوری در آن است که اشاعه فناوری نه تنها انتقال را در رابطه‌ای دوطرفه میان گیرنده و دهنده فناوری تعریف می‌کند، بلکه یادگیری متقابل میان دوطرف این فرآیند را به‌عنوان منبعی برای تولید و خلق دانش و فناوری جدید می‌داند. به این ترتیب در هر فرآیند اشاعه فناوری، فناوری مورد اشاعه براساس ویژگی‌های بازار و جامعه بهره‌بردار تغییر و توسعه می‌یابد.

مبتنی بر مطالعات مورد اشاره می‌توان منحنی S را به صورت شکل ۳ در خصوص چهار پدیده (۱) پژوهش، (۲) فناوری، (۳) محصول و (۴) بهره‌برداری و بازار در نظر گرفت. به عبارت دیگر ابتدا پژوهش‌ها و مطالعات علمی در خصوص یک موضوع آغاز می‌شود. با یک فاصله زمانی فناوری مبتنی بر آن علم ظهور می‌یابد و رشد می‌کند؛ با یک فاصله زمانی چرخه عمر محصولات مبتنی بر آن فناوری آغاز می‌شود. همین امر در خصوص استفاده از آن محصول در بازار نیز اتفاق می‌افتد.



شکل ۳ ترتیب مدل چرخه عمر فناوری، محصول و بازار براساس منحنی S شکل

تحلیل چرخه عمر مبتنی بر این واقعیت شکل می‌گیرد که فناوری‌ها نیز همانند انسان‌ها اچرخه عمر برخوردارند، به همین دلیل می‌توان چرخه عمر فناوری‌ها را شناسایی نمود. این چرخه عمر می‌تواند مبتنی بر اشاعه یافتن یک فناوری باشد. مبتنی بر این دیدگاه فناوری‌ها اشاعه می‌یابند، سپس در ادامه به دلیل اشباع شدن بازار با محدودیت رشد مواجه می‌شوند. منحنی‌های رشد S شکل مهم‌ترین نوع از مدل‌سازی اشاعه فناوری است. براساس این مدل، اشاعه فناوری در سطح جامعه در قالب یک نمودار S شکل توسعه می‌یابد (همانگونه که در شکل ۱ نیز مشخص است)

دو رویکرد اصلی، پیرامون توضیح منحنی S شکل وجود دارد:

رویکرد اول مبتنی بر ناهمگن بودن پذیرنده‌های فناوری جدید و یا پذیرنده‌های یادگیر؛ رویکرد دوم مدل یادگیری یا مدل اپیدمی

جدول ۱ رویکردها و مدل‌های منحنی S

فروض رویکردها	مدل‌های مرتبط	توضیحات
۱- ناهمگنی پذیرندگان فناوری	مدل نرمال	منحنی S همان تابع تجمعی منحنی نرمال است.
۲- عدم اطلاع از فناوری	مدل فراگیری (اپیدمیک)	۱- مبتنی بر نیروهای دوگانه مشروعیت و رقابت
	مدل «واحد احتمال» (پرویت)	
	مدل بدیل	۲- مبتنی بر انتخاب‌های اولیه

رویکرد اول فرض می‌کند که افراد مختلف ارزش‌گذاری متفاوتی نسبت به فناوری و محصول جدید دارند. در این حالت تحت فروض زیر منحنی S شکل پدیدار می‌شود:

با فرض توزیع نرمال ارزشمند بودن محصول برای جامعه؛ توجه به این نکته که هزینه استفاده از فناوری در طول زمان ثابت یا نزولی است. استفاده از فناوری جدید زمانی که منافع بیش از هزینه باشد.

براساس رویکرد اول به دلیل آن که افرادی که برای‌شان ارزش فناوری خیلی بالا است در یکی از دو حد منحنی نرمال قرار دارند، ابتدا این رشد کند است، سپس با کاهش هزینه دست‌یابی به فناوری و برابر شدن ارزش فناوری با هزینه‌ای که برای آن پرداخت می‌شود، تعداد بیشتری می‌پیوندند و زمان اشباع زمانی است که هزینه به مینیمم رسیده‌است.

در رویکرد دوم، مدل یادگیری و یا اپیدمی پایه اصلی مدل S شکل فرض عدم‌اطلاع کل

جامعه از فناوری ارایه شده‌است. در این رویکرد اگرچه فرض می‌شود که استفاده‌کنندگان بالقوه دارای الگوی ترجیحی یکسان هستند، و هزینه پذیرش فناوری جدید نیز ثابت است؛ ولی تمام استفاده‌کنندگان بالقوه در یک زمان در جریان اطلاعات قرار ندارند. در جریان اطلاعات قرارگرفتن تدریجی منجر می‌شود که نرخ انتشار فناوری جدید در هر زمان متفاوت باشد. در ادامه تعدادی از مهم‌ترین مدل‌ها مرور شده‌اند (Cetindamar, 2001): مدل فراگیری^۱ (اپیدمیک): این مدل براساس این پیش‌فرض شکل گرفته‌است که آنچه سرعت استفاده از فناوری را محدود می‌کند، فقدان اطلاعات در دسترس درباره فناوری جدید، روش استفاده از آن و اینکه این فناوری چه کاری را انجام می‌دهد، است. مطابق این مدل استفاده از فناوری‌های جدید در طول زمان از منحنی S تبعیت می‌کند. در این مدل فقدان دانش در مورد فناوری نوین عامل اصلی در تعیین سرعت اشاعه یک فناوری است. براین اساس هر چه این فقدان دانش با ابزارهایی رفع شود، آن‌گاه سرعت اشاعه فزونی می‌یابد.

مدل «واحد احتمال» (پروبیته)^۲: طبق این مدل بنگاه‌های مختلف با اهداف و توانایی‌هایی متفاوت، مایل‌اند در زمان‌های متفاوتی فناوری جدید را بپذیرند. طبق این مدل اشاعه تکنولوژی هنگامی رخ می‌دهد که بنگاه‌های مختلف تدریجاً آن را به کار گیرند. در این مدل تفاوت در دو عامل توانمندی متفاوت بنگاه‌ها و همچنین تفاوت در اهداف مختلف بنگاه‌ها خلاصه می‌شود. براین اساس اشاعه فناوری وابسته به این دو موضوع اصلی است.

مدل بدیل: براساس این مدل اشاعه فناوری تابعی از مشروعیت فناوری جدید و قدرت رقابت‌پذیری آن است. هرچه یک فناوری مشروعیت بالاتری برای به‌کارگیری کسب نماید، و بتواند رقابت‌پذیری را افزایش دهد، آن‌گاه آن فناوری اشاعه بهتری خواهد داشت.

در هر یک از مدل‌های ذکر شده مطالعاتی انجام گرفته‌است که هر یک بر وجوهی دیگر از عامل یا عوامل اصلی تأکید کرده‌اند. به عنوان نمونه مطالعات هالتبرگ و همکاران که در خصوص مدل بدیل انجام شده‌است، مشخص می‌سازد که قوانین و سیاست‌گذاری‌های علمی عاملی در ایجاد مشروعیت است و به همین دلیل عاملی تأثیرگذار بر اشاعه فناوری در یک کشور است (Hultberg, 1999). براساس مطالعات انجام گرفته می‌توان مدل بدیل را به دو دسته اصلی تقسیم کرد و براین اساس به چهار مدل مختلف اشاعه فناوری اشاره نمود (Groski, 2000):

۱- مدل فراگیر

۲- مدل «واحد احتمالی»

۳- مدل‌هایی که طبق آن‌ها نیروهای دوگانه مشروعیت و رقابت کمک می‌کنند تا فناوری‌های جدید ایجاد شوند و در نهایت بهره‌برداری^۳ آن‌ها را محدود می‌سازند.

۴- مدل‌هایی که معتقدند انتخاب اولیه بین متغیرهای مختلف فناوری جدید بر سرعت اشاعه

1-Epidemic

2-Probit

3-take-up

فناوری انتخابی تأثیرگذار است.

مدل‌های دسته چهارم بیشتر براساس یک سیستم پویا طراحی می‌شوند. یکی از مدل‌های موجود در زمینه اشاعه فناوری، که براساس پویایی سیستم‌ها طراحی شده است، مدل «بس»^۱ است (Mahajan, Muller & Bass, 1990). «بس»، این مدل اپیدمیولوژیکی را برای اشاعه کالاهای بادوام و دیگر نوآوری‌ها پیشنهاد و آزمایش کرد. این مدل در عین داشتن ساختاری ساده ظرفیت بالایی برای پیش‌بینی دارد (Meyer & Winebrake, 2009) در این مدل متغیرهایی مانند رضایت گروه اول مصرف‌کنندگان، تبلیغات، جمعیت، معرفی زبانی و کلامی میان استفاده‌کنندگان و حد اشباع در مدل اشاعه فناوری تأثیرگذار هستند (Daim & Suntharasaj, 2009). مدل بس نشان می‌دهد که چگونه یک محصول یا ایده جدید به واسطه انجمن مصرف‌کنندگان گسترش می‌یابد (Bass, 1969).

استفاده از مدل منحنی S به برنامه‌ریزان حوزه فناوری این امکان را می‌دهد که بتوانند آینده مربوط به یک فناوری را از طریق برون‌یابی پیش‌بینی کنند. در روش‌های برون‌یابی فرض می‌شود که آینده ادامه منطقی گذشته است و نیروهای پیشران کلیدی که غیر قابل تغییرند به شیوه‌ای پیش‌بینی‌پذیر مسیر رویدادهای آینده را تعیین می‌کنند. به این ترتیب در روش چرخه عمر فرض آن است که آینده چیزی جز تعمیم گذشته نیست و با واژه‌ها و توصیف‌هایی همچون بهتر، بیشتر، بالاتر و قوی‌تر شناخته می‌شود. به این ترتیب در این روش با استفاده از برون‌یابی می‌توان وضعیت آینده یک فناوری را پیش‌بینی نمود. مدل‌های برون‌یابی منحنی S شکل عمدتاً شامل چهار نوع می‌شوند، (هرچند مدل‌های برون‌یابی متنوعی را می‌توان در ادبیات موضوع جستجو نمود) که عبارتند از:

مدل تحلیل فیشر - پرای^۲

مدل گومپرتز^۳

تحلیل محدوده‌های رشد

تکنیک‌های منحنی یادگیری

پیشینه پژوهش در تحلیل پتنت

تحلیل پتنت به‌عنوان یکی از ابزارهای برنامه‌ریزی برای حوزه تحقیق و توسعه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Bell, 2000). یکی از کاربردهای به‌کارگیری پتنت‌ها در حوزه تحلیل پتنت به منظور شناسایی چرخه عمر فناوری است (Meyer, 2002). مطالعاتی که در کشور انجام شده است نشان می‌دهد که استفاده از ابزار تحلیل پتنت در مراکز پژوهشی کشور متداول نیست و پتنت به‌عنوان ابزار مدیریت و سیاست‌گذاری علم و فناوری مورد استفاده قرار نمی‌گیرد (فرقانی، زاهدی و سلامی، ۱۳۸۷).

1-Bass

2-Fisher-Pry

3-Gompertz

پتنت‌ها به‌عنوان یکی از منابع اطلاعاتی در حوزه نوآوری مورد استفاده قرار می‌گیرد. در تحلیل پتنت تلاش می‌شود تا براساس پتنت‌هایی که در یک حوزه خاص ثبت شده‌اند، بتوان اطلاعات مربوط به رشد و توسعه یک فناوری را به دست آورد. در مطالعات اولیه‌ای که در این خصوص انجام شده‌است، مبتنی بر این فرض که واژگان کلیدی در هر نوشتاری مانند پتنت، توصیف‌کننده محتوای آن نوشتار است (Ding, Chowdhury & Foo, 2001)؛ تلاش می‌شد تا تعداد پتنت‌هایی که دربردارنده نام آن فناوری باشد، را شناسایی کرده و مبتنی بر رشد این پتنت‌ها بتوانند منحنی S شکل را به دست آورند.

در ادامه تلاش پژوهشگران بر آن بوده‌است تا مبتنی بر این فرض که «تعداد تکرار کلمات یک نوشتار بیانگر الگوی محتوایی یک نوشتار است» (Ryan & Bernard, 2000)؛ از معیار تعداد تکرار نام آن فناوری نیز بهره بگیرند. به این ترتیب میزان تکرار نام یک فناوری در پتنت به‌عنوان معیاری برای شناسایی میزان ارتباط یک پتنت با فناوری مورد نظر بود. به عبارت دیگر این فرض وجود داشت که تعداد زیاد هم‌واژگان میان یک مجموعه از مقالات نشان‌دهنده اتحاد راهبردی میان آن مقالات و متعلق بودن آن‌ها به یک حوزه پژوهشی است (Ding, Chowdhury & Foo, 2001). این ایده‌ها همچنان نتوانست به معیارهای مناسبی ختم شود. دلایل متعددی وجود داشت که نشان می‌داد این روش‌ها نمی‌تواند بیان‌گر ارتباط یک پتنت با یک حوزه فناوری باشد.

یکی دیگر از مشکلاتی که در شناسایی چرخه عمر فناوری‌ها وجود داشت، در خصوص فناوری‌های نظام‌پایه (فناوری‌های سیستمی) بود. در تعدادی از فناوری‌ها که می‌توان آن‌ها را فناوری‌های نظام‌پایه (فناوری‌های سیستمی) دانست، تغییر در یک جزء از فناوری می‌تواند منجر به تغییر در کل سیستم و در نتیجه در کل فناوری مورد مطالعه شود (Petrick & Echols, 2004). به این ترتیب شناسایی فناوری براساس پتنت‌ها در عمل غیرممکن بود. در این خصوص از مفهوم «حوزه فناوری»^۱ استفاده می‌شود. یک حوزه فناوری دربردارنده تعدادی فناوری، محصول، استاندارد، روش و ابزار است، که در مجموع یک حوزه فناوری را نشان می‌دهد. به منظور شناسایی عمر یک حوزه فناوری لازم است تا به این نکته توجه شود که تغییر در یک جزء می‌تواند منجر به تغییراتی عمده در کل آن حوزه فناوری شود. در فناوری‌های نظام‌پایه اصولاً ممکن است به صورت هم‌زمان دو فناوری بدیل به صورت موازی دارای چرخه عمر باشند و هر دو چرخه عمر به رشد خودشان ادامه دهند (Petrick & Echols, 2004).

به‌صورت خلاصه می‌توان اصلی‌ترین پیش‌فرض‌های مورد استفاده در شناسایی چرخه عمر بر پایه پتنت‌ها و مشکلات مربوط به آن را در جدول زیر بیان کرد.

جدول ۲. پیش فرض‌های مربوط به تحلیل متن در پتنت‌ها

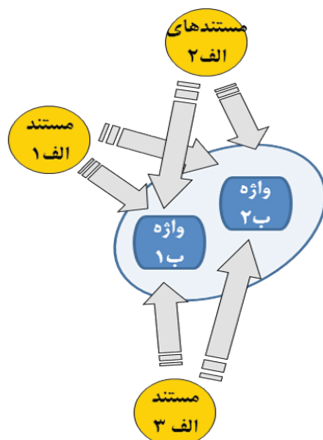
پیش فرض	چالش اصلی
پتنت‌ها نشان‌دهنده فعالیت بر یک فناوری هستند.	ثبت‌کنندگان پتنت به دلیل آن که بتوانند منافع خود را حداکثر نمایند، الزاماً یک فناوری یا محصول را در یک پتنت ثبت نمی‌کنند و ممکن است آن فناوری در چندین پتنت ثبت شده باشد.
طبقه مورد استفاده در ثبت پتنت نشان‌دهنده ارتباط پتنت با حوزه فناوری است.	عمدتاً به دلیل آن که یک فناوری به اجزایی تقسیم می‌شود، و هر جزء در یک طبقه متفاوت قرار می‌گیرد لذا نمی‌توان در یک طبقه مشخص قرار گیرد.
تعداد پتنت‌ها نشان‌دهنده میزان فعالیت است.	تفاوت میان سطح کیفی پتنت‌ها بیان‌کننده این واقعیت است که نمی‌توان اهمیت تمامی پتنت‌ها را برابر فرض کرد.
میزان تکرار نام یک فناوری نشان‌گر میزان ارتباط آن پتنت با آن فناوری است.	میزان تکرار نام یک فناوری اگرچه مهم است اما الزاماً نشان‌دهنده ارتباط بالای میان آن پتنت با آن فناوری نیست، چراکه ممکن است در پتنت بر یکی از اجزاء آن فناوری تأکید شده باشد.
نام فناوری مورد بررسی در پتنت‌ها آمده است.	اولاً فناوری‌ها ممکن است با نام‌های مختلفی شناخته شوند. ثانیاً فناوری‌ها الزاماً در بدو پیدایش دارای یک نام مشخص نیستند.

در این پژوهش با استفاده از روش هم‌واژگانی تلاش شده است تا رویکردی جدید به منظور کمی‌سازی چرخه عمر فناوری‌ها و مدل‌سازی آن براساس منحنی S استفاده شود.

روش پژوهش

برخلاف روش‌هایی که در پژوهش‌های متداول در خصوص شناسایی چرخه عمر فناوری مبتنی بر پتنت می‌شود، در این پژوهش تلاش بر آن بوده است که از مفهوم جدیدتر هم‌واژگانی^۱ بهره گرفته شود. براساس این مفهوم این پیش فرض طرح می‌شود که «اگر به صورت هم‌زمان در یک نوشتار دو کلیدواژه با هم به کار رفته باشند، آنگاه آن دو کلیدواژه با یکدیگر بر یک موضوع اشاره دارند» (Ding, Chowdhury & Foo, 2001) به این ترتیب می‌توان ادعا نمود که «میزان به‌کارگیری هم‌زمان دو واژه در نوشتارهای مختلف نشان‌دهنده همبستگی میان دو واژه است» (Schneider & Borlund, 2004). به عبارت دیگر اگر یک حوزه فناوری شامل مجموعه‌ای از فناوری‌ها، محصولات، ابزارها، استانداردها و روش‌هایی است که دارای ارتباط شدید با هم هستند، لذا مبتنی بر این روش می‌توان یک حوزه فناوری را شناسایی نمود، چراکه می‌توان ارتباط میان دو واژه (هر واژه می‌توان از جنس فناوری‌ها، محصولات، ابزارها، استانداردها و روش‌ها باشد) را محاسبه نمود. به این ترتیب براساس هم‌زمانی به‌کارگیری دو واژه در یک مقاله (یا پتنت)، نشان‌گر ارتباط میان دو موضوعی است که با آن واژه‌ها شناخته می‌شوند (Cambrosio, et al., 1993). پس هر پتنتی تعریف‌کننده بخشی از ارتباط میان واژه‌ها است. در تصویر نمادین زیر تلاش شده است تا ارتباط میان واژه‌ها براساس پتنت‌ها نمایش داده شود.

براساس این شکل هر چه تعداد مستندهایی که به صورت همزمان دو واژه را به کار برده‌اند، بیشتر باشد، می‌توان فرض کرد که آن دو واژه ارتباط شدیدتری با یکدیگر دارند.



شکل ۴ ارتباط میان دو واژه براساس تعداد پنت‌هایی که آن دو واژه را به صورت همزمان به کار برده‌اند.

به منظور کمی‌سازی ارتباط میان دو واژه از رابطه کسینوس استفاده می‌شود.

$$w_{a,b} = \frac{N_{a,b}}{\sqrt{N_a \cdot N_b}}$$

در این رابطه پیش‌فرض اصلی آن است که هر واژه یا گروه واژگانی که تبلور یک مفهوم، فناوری، ابزار یا روش یا هر موضوع دیگری است، با هر واژه دیگر دارای ارتباطی است. این رابطه که به نام رابطه‌ی کسینوس معروف است، بیان می‌کند، که نزدیکی دو واژه (مانند a و b) به یکدیگر تابعی از نسبت تعداد پنت‌هایی که به صورت همزمان هر دو واژه را به کار برده‌اند، به تعداد پنت‌هایی که هر یک از دو واژه را به کار برده‌اند در رابطه بالا هر یک از متغیرها عبارتند از (Moed, Glänzel & Schmoch, 2004).

$$\begin{aligned} N_{a,b} &= \text{تعداد پنت‌هایی که به صورت همزمان هر دو واژه را به کار برده‌اند.} \\ N_a &= \text{تعداد پنت‌هایی که واژه a را به کار برده‌اند.} \\ N_b &= \text{تعداد پنت‌هایی که واژه b را به کار برده‌اند.} \\ w_{a,b} &= \text{شدت ارتباط میان دو واژه} \end{aligned}$$

همچنین به منظور شناسایی اصلی‌ترین واژگان (هر واژه می‌توان از جنس فناوری‌ها، محصولات، ابزارها، استانداردها و روش‌ها) یک حوزه فناوری لازم است تا از مدل‌های دیگری بهره گرفته شود. یکی از شناخته‌شده‌ترین مدل‌های شناسایی در این خصوص با نام TF-IDF شناخته می‌شود. منطق اصلی در شناسایی واژگان مبتنی بر دو عامل اصلی زیر است (Feldman & Sanger, 2007):

۱. شمارش واژگان

۲. تمرکز واژگان

براساس این منطق، واژگانی که هم به تعداد بیشتری و هم با تمرکز بالاتری در پتنت‌های مرتبط آمده‌اند، واژگان اصلی یا به عبارت دیگر فناوری‌های اصلی در آن موضوع هستند. در این منطق پیش‌فرض اصلی آن است که اگر دو واژه به تعداد مساوی در پتنت‌های مرتبط با آن موضوع تکرار شده باشند، واژه‌ای که به صورت مساوی در تمامی واحدهای مطالعه آمده‌است، در مقایسه با واژه‌ای که در تعداد کمتری از واحدهای مطالعه آمده‌است، از اهمیت کمتری در متن برخوردار است. به زبان دیگر آن واژه‌ای که در تعداد کمتری از متون ولی با بسامد بالایی تکرار شده باشد، واژه مهم‌تر یا فناوری مهم‌تری است.

شاخص زیر به‌عنوان شاخص سنجش میزان تمرکز در متون به کار می‌رود.

$$\text{Log} \left(\frac{N}{n_k} \right)$$

n_k = تعداد مستندات که در آن واژه k آمده‌است.

N = تعداد کل واحدهای مطالعه (تحلیل) که مورد بررسی واقع شده‌اند.

به این ترتیب ترکیب دو عامل می‌تواند در رابطه زیر خلاصه شود:

$$tf_{ik} \times \text{Log} \left(\frac{N}{n_k} \right)$$

tf_{ik} = بسامد تکرار کل واژه k در کل مستندات.

به این ترتیب ترکیب این دو برابر خواهد بود با بسامد تکرار واژگان ضرب در تمرکز واژگان در مستندات.

در این مطالعه تعداد ۵۴۰ پتنت در مورد شناورهای بدون سرنشین زیرسطحی از بانک پتنت ایالات متحده آمریکا انتخاب شد. تمامی این پتنت‌ها متن‌کاوی شد. مبتنی بر مدل TF-IDF تعداد ۵۷ واژه مرتبط با این سامانه یا به عبارت دیگر حوزه فناوری شناسایی شد، که در جدول زیر رتبه و وزن آن‌ها برای ۴۰ مورد نخست آمده‌است.

جدول ۳ وزن مربوط به فناوری، محصول، ابزار، استاندارد و روش مرتبط

رتبه	فناوری، محصول، ابزار، استاندارد و روش مرتبط	وزن	رتبه	فناوری، محصول، ابزار، استاندارد و روش مرتبط	وزن
۱	propulsion	25.37	۲۱	hull pressure	4.16
۲	submarine	17.04	۲۲	element sensing	4.12
۳	signal acoustic	16.83	۲۳	turbine	4.12
۴	actuator	16.28	۲۴	generator gas	4.08
۵	surface control	16.27	۲۵	ship mother	4.08
۶	doppler	16.27	۲۶	vehicle operated	4.08
۷	azimuth	16.25	۲۷	system charging	4.07
۸	unit power	16.09	۲۸	detonation	4.06
۹	buoyancy	9.43	۲۹	block decision	4.05
۱۰	transmitter	9.34	۳۰	chamber inlet	4.05
۱۱	station control	9.2	۳۱	switch control	4.04
۱۲	sensors acoustic	9.12	۳۲	plate cover	4.04
۱۳	environment underwater	9.11	۳۳	surface bottom	4.04
۱۴	data acoustic	9.05	۳۴	ballast	4.03
۱۵	system navigation	4.5	۳۵	receptacle	4.02
۱۶	transceiver	4.22	۳۶	system hydraulic	4.02
۱۷	element control	4.19	۳۷	system coupling	4.01
۱۸	surfaces control	4.17	۳۸	cell fuel	1.56
۱۹	connector	4.16	۳۹	vehicle recovery	1.14
۲۰	pin pivot	4.16	۴۰	signal control	1.12

مبتنی بر این روابط ارتباط میان هر کدام از واژه‌ها محاسبه شده‌است و مبتنی بر این ارتباط، وزن هر یک از پنتت‌ها در آن حوزه فناوری محاسبه شده‌است. در نتیجه نمره هر یک از پنتت‌ها براساس هر یک از واژه‌ها محاسبه شده‌است.

در ادامه به‌واسطه داده‌کاوی، خوشه‌بندی پنتت‌ها و واژه‌ها براساس روش K-Means انجام شد. در نهایت نتایج در اختیار تعدادی از خبرگان قرار گرفت تا آنان نیز نتایج را مورد بررسی قرار دهند.

۴- یافته‌های پژوهش

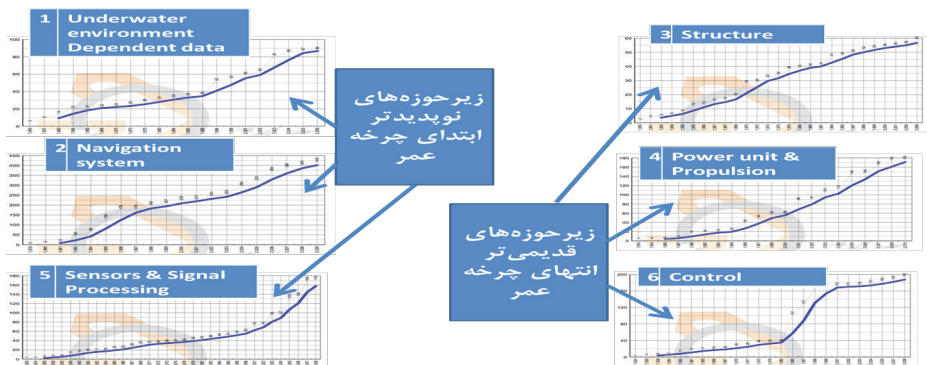
خوشه‌بندی نشان می‌دهد که حوزه فناوری «شناورهای بدون سرنشین زیرسطحی» دارای ۶ زیرحوزه است. مقایسه با زیرحوزه‌های فناوری که در سند جامعه برنامه نیروی دریایی ایالات متحده (U.S. Navy, 2004) بیان شده‌است نشان می‌دهد، دقت این روش در حد مطلوب است.

(در این جدول فناوری‌های مربوط به سازمان‌افزار و فناوری‌های نرم لحاظ نشده‌است)

جدول ۴ مقایسه زیرحوزه‌های فناوری مربوط به زیردریایی بدون سرنشین در برنامه نیروی دریایی ایالات متحده و مطالعه انجام شده

ردیف	نام زیرحوزه به دست آمده در این مطالعه	زیرحوزه‌های برنامه نیروی دریایی ایالات متحده آمریکا
۱	Dependent or environment Underwater data	
۲	Navigation system	Navigation
۳	Structure	Structure
۴	Propulsion & unit Power	Energy
۵	Processing Signal & Sensors	Sensor
		Processing Signal Data
		Communication
۶	Control	Control Vehicle

جدول فوق نشان می‌دهد که یک زیرحوزه (مورد ۱) در خصوص داده‌های محیطی دریایی شکل گرفته‌است. این زیرحوزه با توجه به توسعه فناوری‌های ذخیره‌سازی و پردازش پیدایش یافته‌است و براساس آن داده‌های محیطی مربوط به محل فعالیت تبدیل به یک زیرحوزه فناوری شده‌است که به شدت بر سایر زیرحوزه‌ها و بهبود عملکرد آن‌ها خصوصاً در مورد ناوبری (مورد ۲) و کنترل (مورد ۶) کارآمد است. این امر در ارتباط میان زیرحوزه‌ها نیز نشان داده شده‌است. به این ترتیب زیرحوزه‌های فناوری نوپدید قابل شناسایی شده‌اند.



شکل ۵ منحنی چرخه عمر حوزه‌های فناوری

پیش‌بینی مربوط به این ۶ زیرحوزه نیز مبتنی بر مدل منحنی S انجام شد. در شکل زیر منحنی S مربوط به هر یک از زیرحوزه‌ها آمده‌است. براساس نتایج مدل می‌توان ۳ حوزه نوپدیدتر را از سه حوزه قدیمی‌تر جدا کرد.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این پژوهش تلاش شد تا ابتدا منحنی S به عنوان روشی برای مدل‌سازی توسعه فناوری معرفی شود. این مدل پیش‌بینی فناوری را امکان‌پذیر می‌کند. از سوی دیگر با استفاده از متن کاوی پتنت‌ها و استفاده از تکنیک هم‌واژگان، زیرحوزه‌های فناوری شناسایی شود. نتایج مطالعه از دو حیث قابل توجه هستند:

- از منظر نتایج محتوایی: نتایج به‌دست‌آمده در زمینه «شناورهای بدون سرنشین زیرسطحی» خود در دو بخش تفکیک شده‌اند:

- o نتایج نشان می‌دهد در سال‌های آینده می‌توان پیدایش زیرحوزه فناوری داده‌های وابسته به محیط زیر آب را پیش‌بینی کرد. براین‌اساس اطلاعات مربوط به داده‌های محیطی مربوط به محل به‌کارگیری شناور از قبل جمع‌آوری می‌شود و به این ترتیب شناور می‌توان مبتنی بر آن اطلاعات به تصحیح و دقت بالاتر در عملکرد خود دست یابد.

- o نتایج نشان می‌دهد که زیرحوزه‌های مختلف یک حوزه فناوری یا یک سامانه فناوری الزاماً دارای وضعیت برابری از حیث چرخه عمر نیستند. به این ترتیب ۶ زیرحوزه شناسایی شده قابل تفکیک به دو گروه اصلی هستند. گروه اول شامل زیرحوزه‌هایی است که در دوران انتهایی چرخه عمر خود هستند. زیرحوزه‌ای مانند کنترل به حد اشباع خود رسیده‌است و بعید است که نوآوری‌های جدیدی در آن روی دهد. به عکس زیرحوزه‌های مانند سنسور و پردازش سیگنال در مرحله رشد است و باید منتظر نوآوری‌ها و تحولاتی در خصوص آینده این حوزه بود.

- از منظر روش‌شناسی: همان‌گونه که در پیشینه مطالعه بیان شد، عمده مطالعاتی که پیش از این انجام یافته‌است، تنها از پتنت و شمارش واژگان استفاده کرده‌اند. در روش پژوهشی که استفاده شد، می‌توان به موارد زیر به‌عنوان نقاط تمایز اشاره نمود:

- o شناسایی زیرحوزه فناوری به جای یک فناوری مستقل، که در آن محصولات، ابزارها، روش‌ها و استانداردهایی در مجموع یک حوزه فناوری را شکل می‌دهند.

- o قابلیت کمی‌سازی چرخه عمر فناوری بر یک حوزه فناوری

- o در نظر گرفتن زیرحوزه‌های فناوری به صورت مستقل و شناسایی زیرحوزه‌های مربوط به

آن فناوری

در مجموع اگرچه روش به‌کاررفته پیچیده و متکی به روش‌های محاسباتی و الگوریتم‌های پیچیده است، اما می‌تواند به دقت بالایی دست یابد. باید توجه داشت که در حوزه پیش‌بینی همواره

این ملاحظه یک ملاحظه کلیدی است که آینده‌های بدیل مورد توجه کمتری قرار می‌گیرند. بر خلاف رویکردهای آینده‌پژوهی که آینده‌های متنوع و باورپذیر متعددی مورد توجه هستند، در پیش‌بینی آینده مبتنی بر داده‌های گذشته شناسایی می‌شود، به همین دلیل این روش تنها در آینده‌های کوتاه‌مدت قابلیت استفاده دارند و نه در آینده‌های بلندمدت.

مراجع

- فرقانی، علی، زاهدی، مهدی و سلامی سیدرضا، ۱۳۸۷، ارائه چارچوب ارزیابی میزان استفاده از تحلیل ثبت اختراع در مراکز پژوهشی، سیاست علم و فناوری، سال اول شماره ۴
- Abt ,C , Foster ,R & , Rea ,R ,1973 ,A scenario generating methodology “ ,pp191- . 214in Bright ,J . und Schoeman ,M , Hrsg .A Guide to Practical Technological Forecasting .Prentice Hall ,Englewood Cliffs ,New Jersey.
- Baker ,D ,2004 ,The strategic management of technology ,Chandos Publishing, UK ,P23.
- Bass ,F .M ,1969 , .A new product growth for model consumer durables. *Management Science*.227–215 ,16
- Bell ,C” ,2000 ,Developing and marketing patent information services to small and medium enterprises) SMEs (in Birmingham ,UK ;“*World Patent Information*.
- Betz ,F ,1998 ,Managing technological innovation - competitive advantage from change ,*John Wiley & Sons ,New York*.
- Cambrosio ,A ,et al ,1993 ,.Historical scientometrics ?Mapping over 70 years of biological safety research with coword analysis .*Scientometrics* .,Volume :(2)27 p. 119-143
- Carlaw ,K ,.Nuth ,M ,.Oxley ,L ,.Thorns ,D & ,.Walker ,P” ,2006 ,.Beyond the hype: Intellectual property and the knowledge society/knowledge economy ,“*Journal of Economic Surveys* ,(4) 20 ,pp ,690–633.Available From :<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-6419.2006.00262.x/pdf>
- Cetindamar ,D ,2001 ,.The role of regulations in the diffusion of environment technologies :*Micro and macro issues* .*European Journal of Innovation Management* ,pp186-193.
- Cetindamar ,D ,.Phaal ,R & ,.Probert ,D .2009 .Understanding technology management as a dynamic capability :*A framework for technology management activities* .*Technovation*.246–237 ,(4)29 ,
- Cockburn ,I ,.Henderson ,R .1997 ,.Public–private interaction and the productivity of pharmaceutical research .*NBER Working Paper* No.6018 .
- Daim ,T & .Suntharasaj ,P .(2009) ,.Technology diffusion :forecasting with bibliometric analysis and Bass model ,*Emerald Group Publishing Limited* ,ISSN ,1463-6689VOL ,11 .NO ,3 .pp ,45-5 .DOI1108/14636680910963936 .10:
- Ding ,Y ,.G.G .Chowdhury ,and S .Foo ,2001 ,Bibliometric cartography of information retrieval research by using co-word analysis *Information Processing & Management* .,Volume :(6)37 p817-842 .
- DTI Competitiveness White Paper” ,1998 ,Our Competitive Future :Building
- the Knowledge Driven Economy ,“*Department of Trade and Industry* ,London.
- Feldman ,R .and J .Sanger ,2007 ,The Text Mining Handbook .Advanced Approaches in Analyzing Unstructured Data :.*Cambridge University Press*.

- Foster ,R .N .1986 .Timing technology transitions .In Technology in the modern corporation :A strategic perspective ,M .Horwich) ed .(Pergamon ,London.
- Groski ,P.A ,2000 ,Models of technology diffusion ,*Research Policy* ,29 pp603- .625
- Hultberg ,P .T , .Nadiri ,M .I .and Sickles ,R .C ,1999 , .An international comparison of technology adoption and efficiency .*Annales d'Economie et de Statistique*-55 ,56P474-449 :
- Mahajan ,V , .Muller ,E & , .Bass ,F .M ,1990 , .New product diffusion models in marketing :a review and directions for research .*Journal of Mark.*26-1 ,54
- Manarvi ,I.A & ,Rasheed A” ,2008 , .A Framework of Technology Diffusion in Aircraft manufacturing Industry Environment ,“*International Conference of Engineers and Computer Scientists* Vol II ,IMECS 19-21 ,2008 March,2008 , Hong Kong
- Mansfield ,E” ,1995 ,.Academic Research Underlying Industrial Innovations: Sources ,Characteristics ,and Financing “ .*The Review of Economics and Statistics* .55-65 ,(1)77
- Meyer ,L” ;2002 ,.User expectations in patent information :A supplier’s viewpoint,“ Principal Director ,*Patent Information* ,EPO ,Vienna.
- Meyer ,P .E & .Winebrake ,J .J ,(2009) , .Modeling technology diffusion of complementary goods :*The case of hydrogen vehicles and refueling infrastructure* ,*Technovation*91-77 ,29 ,
- Moed ,H.F ,.W .Glänzel ,and U .Schmoch ,2004 ,*Handbook of Quantitative Science and Technology Research*.The Use of Publication and Patent Statistics in Studies of S&T Systems ,Dordrecht :Kluwer Academic Publishers
- Navy ,U.S” ,2004 ,.The Navy Unmanned Undersea Vehicle) UUV (*Master Plan* ,“ US
- Park ,Y.T ,1999 , .Technology diffusion policy :a review and classification of policy practices ,*Technology in Society*286-275 , 21 ,
- Pavitt ,K ,1984 ,.Sectoral Patterns of Technical Change :Towards a Taxonomy and a Theory .*Research Policy*.343-373 :(6)13
- Petrick ,I.J & ,.Echols ,A.E ,2004 ,.Technology roadmapping in review :A tool for making sustainable new product development decisions .*Technological Forecasting and Social Change*.81-100 ,(1-2)71 ,
- Phaal ,R ,.Farrukh ,C.J.P & ,.Probert ,D.R ,2004 ,.Technology roadmapping - A planning framework for evolution and revolution .*Technological Forecasting and Social Change*5-26 ,(1-2)71 ,
- Powell ,W .W , .Koput ,K .W , .and Smith-Doerr ,L’ ,1996 .Interorganizational Collaboration and the Locus of Innovation :*Networks of Learning in Biotechnology*. *Administrative Science Quarterly* ,VOL ,41 .PP.116-145 .
- Rogers ,E .M ,1995 , .Diffusion of innovations4) th ed , .(.New York :*The Free Press*
- Rogers ,E .M .1983 .Diffusion of innovations3 .rd ed ,.Free Press ,New York.

- Ryan ,G.W .and H.R .Bernard ,2000 ,Data management and analysis methods ,in *Handbook of qualitative research* ,Sage Publications Inc :London
- Schneider ,J.W .and P .Borlund ,2004 ,Introduction to bibliometrics for construction and maintenance of thesauri :Methodical considerations .*Journal of Documentation.*, *Volume* :(5)60 p.549 - 524 .
- Twiss ,B ,1986 ,.Managing Technological Innovation3 ,rd ed .*Pitman Publishing*.

