

## نیروی محرک همگرایی فناوری ها چیست؟

بررسی زمینه‌های تخصیص منابع و فناوری ها و اثرات آنها

مترجم: دنیز دویران

محمد اصغری

### چکیده

بسیاری از مطالعات انجام شده تا به امروز، بر اهمیت همگرایی فناوری ها تأکید داشته‌اند اما در تعداد اندکی از این مطالعات، عوامل پیش‌ران همگرایی فناوری ها مورد بررسی قرار گرفته‌است. این مطالعه به صورت تجربی، نقش تخصیص منابع و فناوری های مختلف را در تقویت همگرایی فناوری ها نشان می‌دهد. در این مطالعه، از داده‌های حاصل از پروژه‌های تحقیق و توسعه مورد حمایت دولت کره استفاده شده و پنت‌هایی که صاحبانی از چند حوزه‌ی تحقیق و توسعه داشتند<sup>۱</sup> به عنوان پنت‌های همگرا ارزیابی شده‌است. نتایج به‌دست آمده حاکی از آن هستند که قرار داشتن در مراحل ابتدایی چرخه عمر فناوری، پایین بودن سطح آمادگی فناوری، طولانی بودن دوره زمانی فرایندهای تحقیق و توسعه و یا پایین بودن بودجه موجود برای این فرایندها، منجر به تولید فناوری‌های همگرا می‌شود. این نتایج، نحوه حمایت سیاسی از همگرایی فناوری‌ها را مشخص کرده و بر رابطه متناقض میان وفور منابع موجود برای فعالیت‌های تحقیق و توسعه و همگرایی فناوری‌ها تأکید می‌کنند.

کلمات کلیدی: میان‌رشته‌ای - راهبردهای تحقیق و توسعه - همگرایی فناوری‌ها - تخصیص منابع

## ۱. معرفی

پس از رنسانس، توسعه دانش فنی و علمی در حوزه‌های مختلف آغاز شد. ولی با گذشت زمان و پیچیده‌تر شدن مشکلات اجتماعی-اقتصادی و مدیریتی، دانش و اطلاعات موجود بر مبنای یک رشته خاص برای حل این مشکلات کافی به نظر نمی‌رسید. به‌علاوه، توسعه سریع و جهانی فناوری‌ها، واحدهای تحقیق و توسعه را بر آن داشت تا مزایای رقابتی صنایع نوظهور را به کار گیرند.

تصمیمات راهبردی در زمینه فناوری‌های همگرا و محصولات مرتبط با آن‌ها، بر میزان رقابت میان شرکت‌ها و مؤسسات بازرگانی و نیز ملت‌های مختلف، تأثیر به‌سزایی دارد. فناوری‌های همگرا، امکان توسعه فناوری‌های بدیع و بنیادی را فراهم آورده و از این رهگذر، زمینه مناسب را برای یافتن گستره وسیعی از راه‌حل‌های فنی ایجاد می‌کنند. زیرپا گذاشتن مرزهای میان رشته‌های مختلف توسط همگرایی، محققان را قادر می‌سازد تا به پیشرفت‌های هوشمندانه‌ای دست یابند. به همین دلیل فناوری‌های همگرا، رهبر نوآوری‌های فنی نسل آینده خواهند بود. این ویژگی همگرایی، واحدهای تحقیق و توسعه را در افزایش توانایی‌های خود برای نوآوری، یاری خواهد کرد.

از این رو، تعدادی از دانشمندان بر اهمیت همگرایی و تحقیقات میان‌رشته‌ای تأکید کرده‌اند و مدیران و محققان واحدهای تحقیق و توسعه نیز به اهمیت آن واقف‌اند. از دهه ۱۹۸۰ به بعد، تعدادی از شرکت‌ها، ملاحظات مربوط به همگرایی را نیز در برنامه‌های راهبردی خود لحاظ کرده‌اند. همچنین بیش از ۸۰ درصد محققان اسپانیایی شرکت‌کننده در ارزیابی، از دانش و روش‌های مورد استفاده در دیگر حوزه‌های علمی و فنی بهره گرفته‌اند. به‌علاوه، بیش از نیمی از دانش و اطلاعات موجود در مجله‌های آکادمیک، طبیعتی میان‌رشته‌ای دارند.

در حقیقت، کشورهای توسعه‌یافته با درک اهمیت فرصت‌های برخاسته از همگرایی، مقدماتی را جهت ارتقای همگرایی، به‌ویژه همگرایی فنی، برپا ساخته‌اند. برای مثال، بنیاد ملی علوم<sup>۲</sup> ایالات متحده آمریکا، توجه ویژه‌ای به همگرایی زیست‌فناوری، نانوفناوری، فناوری اطلاعات و علوم شناختی<sup>۳</sup> داشته و در تلاش جهت تسهیل فعالیت‌های انجام شده در این زمینه می‌باشد. به‌طور مشابه، کمیسیون اروپا<sup>۴</sup> نیز سیاست‌ها مشابهی را در رابطه با همگرایی فناوری‌ها اتخاذ کرده‌است. سیاست‌گذاران در کره جنوبی و ژاپن نیز برنامه‌های مشابهی را با برنامه‌های آمریکا و اتحادیه اروپا آغاز کرده‌اند.

با این وجود، نحوه ادغام دانش رشته‌های مختلف توسط واحدهای تحقیق و توسعه و شرایط لازم برای ارتقای همگرایی فناوری‌ها، به‌وضوح مشخص نشده‌است. به‌طور کلی، عدم قطعیت فنی و بی‌ثباتی میزان تقاضا، به صورت نظری تعیین‌کننده همگرایی فناوری‌ها می‌باشند. همچنین محققان با اتخاذ رویکردی کاوشی، موانع اجتماعی موجود بر سر راه آمیزش واحدهای تحقیق و توسعه در حوزه‌های مختلف علمی-فنی را توضیح دادند. برخی از تحقیقات نیز گرایش طبیعی پژوهشگران برای مشارکت در تحقیقات میان‌رشته‌ای را صراحتاً

نشان داده و رابطه میان ساختارهای مختلف همگرایی را در تحقیق و توسعه و استانداردسازی بررسی کرده‌اند. ولی با همه این اوصاف، در زمینه عوامل محرک همگرایی فناوری‌ها، مطالعات تجربی زیادی انجام نشده‌است.

این مطالعه، به بررسی اثرات تخصیص منابع و فناوری‌ها در همگرایی فناوری‌ها پرداخته و نقش آن‌ها را در حوزه‌های علمی-فنی متمایز در سطح ماکرو، نشان می‌دهد. میزان ثمربخشی برنامه‌های مشوق همگرایی فناوری‌ها سؤال برانگیز است، ولی با این وجود، شناسایی زمینه‌هایی که منجر به وقوع همگرایی فناوری‌ها می‌شوند و تسهیل آن‌ها، درک ما را از همگرایی وسعت داده و جامعه را در اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی و سیاسی سودمند جهت پرورش فناوری‌های همگرا، یاری خواهد کرد. به علاوه، با توجه به نقش کلیدی همگرایی فناوری‌ها در به‌پیش راندن همگرایی بازار مصرف/صنعت، با به‌کارگیری درک عمیق‌تری که از این مطالعه حاصل می‌شود، می‌توان آینده همگرایی را در بازارهای تجاری و فعالیت‌های صنعتی پیش‌بینی کرد.

این مطالعه، مدارک تجربی بدیعی را در زمینه تأثیر تخصیص منابع و فناوری‌ها در همگرایی ارائه می‌دهد. مطالعات تجربی گذشته به دلیل عدم دسترسی به داده‌های مرتبط و مطلوب، بیشتر به تعیین هویت پدیده همگرایی پرداخته و به‌ویژه به تمرکز بر روی همگرایی صنعتی تمایل داشته‌اند. در این مطالعات، فرضیه‌هایی در زمینه عوامل محرک همگرایی به‌صورت تجربی بیان نشده‌است، ولی با این وجود، بررسی‌ها نشانگر اهمیت این مسئله بوده و تمایز راهبردها در حوزه شرایط فنی و شرایط منابع در دسترس را نشان می‌دهند. در این مطالعه به‌عنوان قدم اول در درک عوامل محرک همگرایی، تحقیقات بیشتری در زمینه همگرایی فناوری‌ها انجام شده‌است و در درجه اول، نگرانی‌های نظری و تجربی در این حوزه‌ها مورد بررسی و کاوش قرار گرفته‌است. سپس بر اساس دسته‌ای از داده‌های شمارشی کامل، ویژگی‌های فعالیت‌های تحقیق و توسعه به‌عنوان زمینه‌ای کلیدی برای همگرایی فناوری‌ها ارائه شده‌است. تغییر فناوری‌ها از تصمیمات اتخاذ شده در زمینه سرمایه‌گذاری در واحدهای تحقیق و توسعه و مشخصات فنی ناشی می‌شود، ولی با این وجود، داده‌های فهرست‌شده‌ای که عموماً در مطالعات مشابه در زمینه همگرایی علمی به کار گرفته می‌شوند، قادر به برقراری ارتباط میان ویژگی‌های فعالیت‌های تحقیق و توسعه و دانش حاصل از آن‌ها نمی‌باشند. داده‌های به‌دست آمده از بررسی‌ها می‌توانند این ضعف را تا حدودی جبران کنند ولی این داده‌های فهرست شده ممکن است نقاط ضعف مهم دیگری نظیر عدم اعتبار و قابلیت تعمیم‌پذیری داشته‌باشند. برای مثال، یکی از مطالعات گذشته در زمینه تحقیقات میان‌رشته‌ای، از داده‌های به‌دست آمده از بررسی یک مؤسسه در یک بازه زمانی کوتاه استفاده کرده‌است. اما ما در این مطالعه، از داده‌های حاصل از پتنت‌های تولید شده توسط برنامه‌های تحقیق و توسعه مورد حمایت دولت به مدت ۹ سال، استفاده کرده‌ایم. این داده‌ها، ویژگی‌های استاندارد شده فناوری و پروژه‌های تحقیق و توسعه مرتبط با آن را شامل می‌شوند. در نتیجه، این مطالعه توسط به‌کارگیری مدارک معتبر و قابل تعمیم، درک وسیعی از آغاز پدیده همگرایی فناوری‌ها را فراهم می‌آورد.

بخش‌های بعدی این مقاله به شکل زیر طبقه‌بندی شده‌اند: بخش "پیش‌زمینه نظری و فرضیه‌ها"، مفهوم همگرایی فناوری‌ها را به‌صورت خلاصه مورد بحث قرار داده و چارچوب کاوشی همگرایی را در میان حوزه‌های

علمی-فنی مختلف معرفی می کند و سپس، فرضیه‌هایی را ارائه می‌دهد. داده‌ها و روش‌شناسی تجربی در بخش "داده‌ها و روش‌ها" ارائه می‌شود. نتایج به‌دست آمده نیز در بخش "نتایج" مورد بحث قرار گرفته و نتیجه‌گیری نهایی نیز در بخش "بحث و نتیجه‌گیری" ارائه می‌شود.

## ۲. پیش‌زمینه نظری و فرضیه‌ها

### ۲-۱. تعریف همگرایی فناوری‌ها

همگرایی از جمله موضوعاتی است که به‌وفور مورد بحث قرار گرفته و اثرات اقتصادی قابل توجهی دارد. ولی با این وجود، به دلیل کاربردهای مختلف در علوم و فناوری، مفهوم واقعی این عبارت در عین رایج بودن آن، مبهم باقی مانده‌است. همگرایی فناوری‌ها غالباً به‌اشتباه، مترادف آمیزش فناوری‌ها<sup>۵</sup> در نظر گرفته می‌شود. در حالت کلی، محصول آمیزش فناوری‌ها، زیربخشی واقع در مکان اجزای سازنده می‌باشد (به‌عبارتی یک ترکیب ساده)، در حالی که همگرایی، حالتی را توصیف می‌کند که در آن، اجزای متمایز به‌سوی وحدت و یکپارچگی حرکت می‌کنند. به‌عبارتی دیگر، همگرایی بیانگر ادغام فناوری‌ها، ابزارها و صنایع متمایز و ایجاد یک کلیت یکپارچه می‌باشد. اصلی‌ترین ویژگی همگرایی که آن را از دیگر مفاهیم متمایز می‌کند این است که همگرایی به‌طور خاص، تلفیق دو حوزه از دانش، فناوری، محصول و یا صنعت را نشان می‌دهد که پیش از همگرایی از یکدیگر متمایز بوده‌اند. در نتیجه، مفهوم واقعی همگرایی با آمیزش متفاوت است. برای مثال، همگرایی میان فناوری ارتباط تلفنی و ارتباط رادیویی، منجر به توسعه فناوری ارتباط از راه دور (مخابرات) و در نهایت، بازار تلفن‌های همراه شخصی شد. در این میان، عبارت میان‌رشته‌ای<sup>۶</sup>، بیانگر پیوستگی و یکپارچگی در سطح رشته‌ای می‌باشد و تحقیقات میان‌رشته‌ای در حالت کلی به همگرایی علمی اطلاق می‌شود.

در حالت کلی، همگرایی به شکل‌های زیر طبقه‌بندی می‌شود: (۱) همگرایی علمی<sup>۷</sup> که توسط آن، رشته‌های علمی مختلف با یکدیگر ادغام می‌شوند. (۲) همگرایی فنی<sup>۸</sup> که توسط آن، فناوری‌هایی با زمینه‌های کاربردی مختلف با یکدیگر ترکیب می‌شوند. (۳) همگرایی صنعتی<sup>۹</sup> که توسط آن، دسته‌ای از شرکت‌های مختلف با وجود تفاوت در پایه‌های فنی، زمینه‌های کاربردی، گروه‌های مورد هدف و بازار مصرف، با یکدیگر متحد می‌شوند. با ورود به هر مرحله جدید از همگرایی، مراحل قبلی به‌عنوان جرقه‌ای برای تداوم همگرایی عمل می‌کنند. این آغازگرها شامل یافته‌های علمی و توسعه‌های فنی می‌باشند که هر یک از آن‌ها در همگرایی علمی و همگرایی فنی پرورش یافته‌اند و می‌توان از آن‌ها در محصولات و فرایندهای مرتبط با همگرایی بهره گرفت. چرا که همگرایی فناوری‌ها از طریق ادغام عناصر فنی مختلف، کاربرد و عملکرد جدیدی را تولید می‌کند. همچنین با ظهور نوآوری‌ها و پیشرفت در بخش تولید، در بخش تقاضا نیز تغییراتی اعم از تغییر در ساختار و رفتار مشتریان ایجاد شده‌است و مشتریان، به رفع نیازهای چندگانه خود توسط یک معامله‌گرایش پیدا کرده‌اند. این عوامل و تغییرات نیز منجر به همگرایی صنعتی می‌شوند. در طی این فرایند، واحدهای تحقیق و

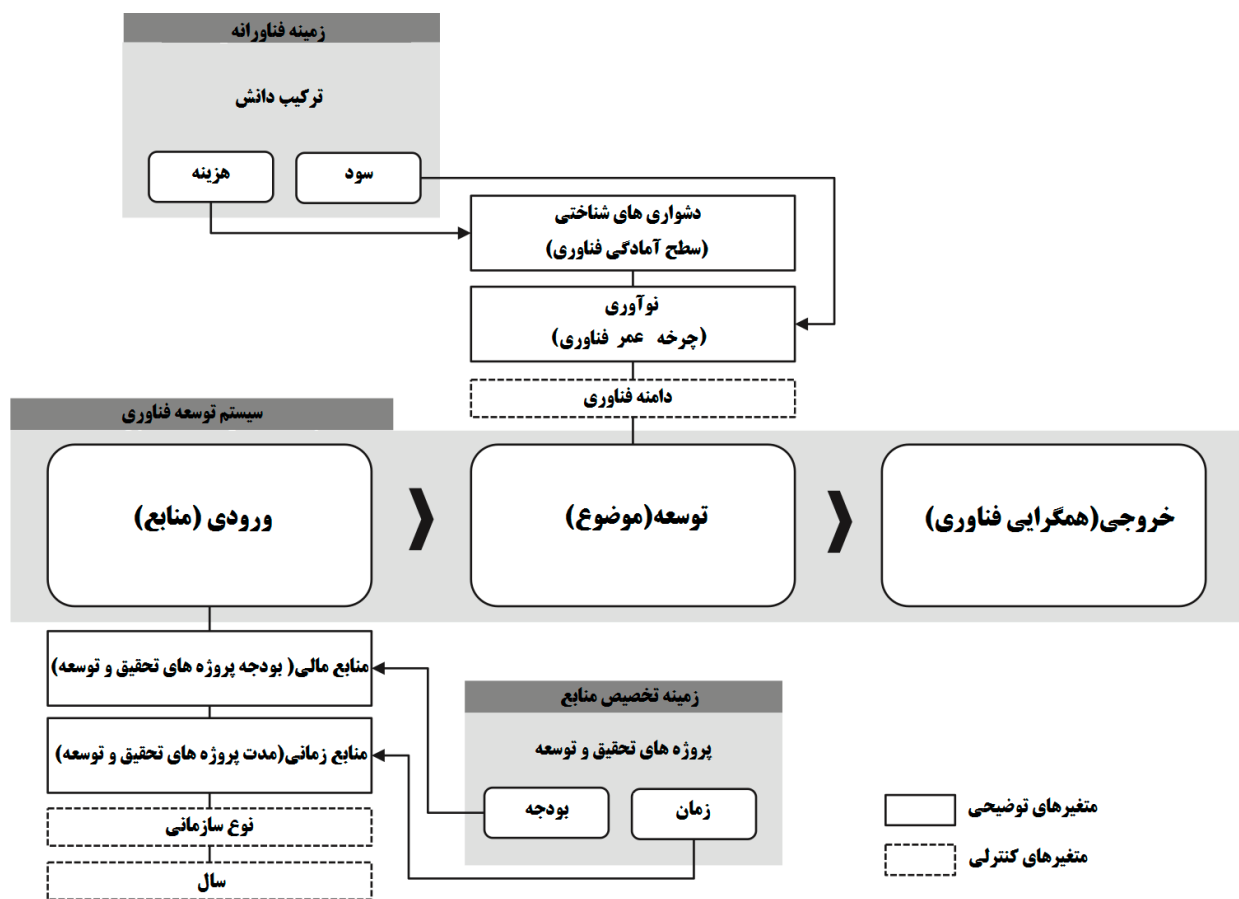
توسعه ناگزیرند تا جهت جایگزینی بخش‌های صنعتی/فنی، هماهنگ با جهت پیشروی همگرایی حرکت کنند و برای این منظور، به رویکردهای راهبردی نیازمندند.

در نتیجه، همگرایی فناوری‌ها به‌عنوان آغازگر همگرایی صنعتی و منشأ صلاحیت فنی، توجه ویژه‌ای به خود اختصاص داده‌است. البته در حال حاضر، اطلاعات اندکی در زمینه فرایند واقعی همگرایی فناوری‌ها در دسترس بوده و یا این اطلاعات به‌صورت تجربی به دست آمده‌است. به‌علاوه، تدوین فناوری‌هایی که به ثبت پتنت منجر می‌شوند، یکی از اهداف پایه‌ای برنامه‌های مدیریتی فرایندهای تحقیق و توسعه بوده و مظهر یک خروجی چشمگیر می‌باشد. به همین دلیل، در ضرورت مدیریت همگرایی در سطح فنی توسط شرکت‌ها و دولت‌ها، تردیدی وجود ندارد.

## ۲-۲. زمینه همگرایی فناوری‌ها

فعالیت‌های پایه برای توسعه همگرایی (فعالیت‌های تحقیق و توسعه) در زمینه‌های متنوعی انجام می‌شوند. در نتیجه، زمینه‌های همگرایی نیز از دیدگاه‌های مختلفی مورد بحث قرار گرفته‌اند. به همین دلیل، دانشمندان به عوامل فنی، موانع مؤسساتی، جنبه‌های ساختاری نظیر مشکلات ارزیابی و تأمین بودجه توجه ویژه‌ای داشته و بر این باورند که این عوامل دست به دست هم داده و توسعه همگرایی را تحت تأثیر قرار داده و میزان موفقیت آن را تعیین می‌کنند.

ما با در نظر گرفتن عوامل و مسائل مذکور، فرایند کوتاهی برای بیان توسعه فناوری طراحی کرده‌ایم. این فرایند مطابق شکل ۱، از سه بخش ورودی، توسعه و خروجی تشکیل شده‌است. در قسمت‌های بعدی، هر یک از این بخش‌ها ارزیابی خواهد شد. به زبان ساده، واحدهای تحقیق و توسعه از منابع موجود به‌صورت بهینه استفاده کرده و به توسعه فناوری‌های جدید می‌پردازند. در ابتدا، منابع پروژه‌های تحقیق و توسعه به‌عنوان ورودی اصلی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. منابع به‌عنوان ورودی، خروجی‌ها را تولید می‌کنند. پروژه‌های تحقیق و توسعه نیز نماد منابع رسمی فعالیت‌های تحقیق و توسعه می‌باشند. در نتیجه عملکرد آن‌ها، عنصری کلیدی در ارزیابی‌های ابتدایی انجام شده توسط سازمان‌های دولتی می‌باشد.



شکل ۱- چارچوب نظری توسعه همگرایی فناوری ها

این زمینه تخصیص منابع، به‌ویژه منابع اولیه (بودجه و زمان)، احتمالاً نحوه پیگیری همگرایی فناوری‌ها را توسط واحدهای تحقیق و توسعه تحت تأثیر قرار می‌دهد. این منابع و دیگر عوامل نظیر سال و نوع سازمان‌دهی، به‌عنوان عوامل ورودی سیستم ما در نظر گرفته شده‌اند. مرحله بعدی سیستم ما (توسعه) در زمینه فنی رخ می‌دهد که در آن، واحدهای تحقیق و توسعه در حین بررسی ابزارهای فنی جدید، با فرصت‌ها و مشکلات فنی روبرو می‌شوند. طبق نظریه‌های ارائه شده، فرایند ترکیب دوباره دانش متعلق به حوزه‌های متمایز که یکی از ویژگی‌های همگرایی فناوری‌ها می‌باشد، سود و زیان معینی را به‌همراه دارد. در این مطالعه، هر یک از این عوامل ناسازگار، به‌عنوان یکی از نگرانی‌های اصلی در زمینه همگرایی فناوری‌ها (دشواری‌های ادراکی و بدعت‌گذاری)، در حوزه فنی مشخص می‌شوند.

## ۲-۳. زمینه فنی

دانشمندان فعال در زمینه بررسی‌های مربوط به ساختار و توسعه فناوری‌ها به این نتیجه رسیده‌اند که یک فناوری پس از ظهور، به‌تنهایی قادر به تکامل نبوده و برای این کار به برقراری ارتباط و ترکیب با حوزه‌های

دیگر نیازمند است. یکی از مزایای چنین ترکیبی میان حوزه‌های مختلف، کشف راه‌حل‌های بدیع و مبتکرانه می‌باشد. در حال حاضر، این فرایند با مشکلات متعددی مواجه است که از جمله آن‌ها می‌توان به تفاوت در زبان‌ها و روش‌های برقراری ارتباط، اختلاف در روش‌ها و نظریه‌های منحصر به هر رشته و هزینه‌های غلبه بر این مشکلات شناختی اشاره کرد. این مشکلات در نهایت منجر به افزایش احتمالی هزینه دادوستدهای انجام شده در زمینه همگرایی فناوری‌ها خواهند شد.

هرچه فاصله میان حوزه‌های علمی-فنی بیشتر باشد، نرخ افزایش مزایای حاصل از ترکیب اطلاعات به‌دست آمده از این حوزه‌ها کاهش یافته و نرخ افزایش هزینه‌ها بیشتر خواهد شد. نتیجه‌گیری فوق بر پایه این فرضیه می‌باشد که هرچه فاصله فنی میان حوزه‌ها بیشتر باشد، نتایج حاصل از ادغام آن‌ها احتمالاً سودمند بوده و در عین حال، مشکلات مرتبط با برقراری ارتباط، تکمیل‌گری مشترک و تقاطع اهداف بیشتر خواهد بود. به‌علاوه، در یکی از چارچوب‌های تحلیلی ارائه شده که شامل فاکتورهای دونمایی (هزینه و سود) می‌باشد، نویسندگان مدعی‌اند که واحدهای تحقیق و توسعه در صورتی که هزینه‌های احتمالی بیشتر از سود احتمالی باشد، تمایل چندانی به مشارکت در توسعه همگرایی فناوری‌ها از خود نشان نمی‌دهند. این چارچوب، علت عدم مشارکت اکثر واحدهای تحقیق و توسعه را در توسعه فناوری‌های همگرا و یا دانش‌میان‌رشته‌ای در سطح ماکرو، توضیح می‌دهد. هنگامی که فاصله و تفاوت میان حوزه‌ها اندک است، هزینه‌های موردنیاز جهت حل دشواری‌های مرتبط، عموماً کمتر از سود حاصل از توسعه همگرایی فناوری‌ها می‌باشد. اما با افزایش فاصله میان حوزه‌ها، احتمالاً میزان هزینه از میزان سود به‌دست آمده بیشتر خواهد بود.

نکته مهم‌تر این است که توابع هزینه و سود، به زمینه‌های مختلف بستگی دارند. یکی از زمینه‌های مهم، سطح آمادگی فناوری می‌باشد. سطح آمادگی فناوری، اساساً بیانگر فاصله میان خروجی واحد تحقیق و توسعه از کاربردی‌شدن است. هنگامی که واحد تحقیق و توسعه به‌جای توسعه راهبردی ایده‌های جدید، به کاربردی‌سازی یک فناوری می‌پردازد، هزینه معاملات انجام شده جهت ترکیب دوباره اطلاعات افزایش می‌یابد. سطح آمادگی بالا در توسعه فناوری به مفهوم فاصله بیشتر آن از تحقیقات پایه‌ای و ابتدایی بوده و در نتیجه، تعیین خروجی‌های قابل‌تصور آن نظیر مالکیت معنوی، به دقت و کنترل بیشتری نیاز دارد. به‌علاوه، درجه پیچیدگی فنی و تنوع در این سطح احتمالاً از سطوح ابتدایی بیشتر است. در واقع، با توجه به هزینه‌های معاملاتی نسبتاً زیاد جهت شبکه‌بندی و برقراری ارتباط در سطوح آمادگی بالا، محققان عموماً به مشارکت با دیگر حوزه‌های تهیه‌کننده اطلاعات (حتی در یک سازمان مشترک) تمایلی ندارند. همچنین با استناد به مطالعه انجام شده در زمینه سازندگان لیزرهای پزشکی، همگرایی میان حوزه‌های متفاوت عموماً در سطوح تحقیقاتی پایه رخ می‌دهد. بنابراین، احتمال وقوع همگرایی فناوری‌ها زمانی بیشتر است که فناوری حاصل از واحد تحقیق و توسعه سطح آمادگی پایینی داشته‌باشد.

### فرضیه ۱- هرچه سطح آمادگی فناوری پایین‌تر باشد، احتمال وقوع همگرایی فناوری‌ها بیشتر است.

یکی دیگر از زمینه‌های فنی مهم، چرخه عمر فناوری می‌باشد. در این قسمت با تشبیه الگوهای مختلف

چرخه عمر فناوری‌ها به چرخه عمر موجودات زنده، تکامل فنی را بر مبنای نظریه پخش و پذیرش نوآوری، بیان خواهیم کرد.

میزان نوآوری در فناوری‌های معمولی و فناوری‌های همگرا با یکدیگر متفاوت است. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که فرصت‌های به‌دست‌آمده از همگرایی فناوری‌ها، به فاز توسعه‌ای فناوری در چرخه عمر آن وابسته است. در مراحل ابتدایی چرخه عمر فناوری، نرخ رشد وابسته به "تازگی" است. تازگی و نوپایی فنی، یکی از اصلی‌ترین مزایای ترکیب دانش و اطلاعات ناهمگون بوده و تعیین‌کننده سرعت رشد فناوری و محصولات مرتبط با آن می‌باشد. همگرایی نیز صورتی خاص از نوآوری فنی بوده و در نتیجه، امکان کشف راه‌های جدیدی را جهت مقابله با چیزهای جدید، فراهم می‌آورد. بنابراین، در صورتی که همگرایی فناوری‌ها در مراحل ابتدایی از چرخه عمر فناوری باشد، واحدهای تحقیق و توسعه را به آغاز فعالیت‌های تحقیق و توسعه ترغیب و تشویق خواهد کرد. از سویی دیگر، در مراحل انتهایی چرخه عمر فناوری، نوآوری از توانایی کافی برای بهبود عملکرد فناوری و افزایش فروش محصولات مرتبط با آن برخوردار نمی‌باشد.

بنابراین می‌توان اینگونه پنداشت که فعالیت‌های تحقیق و توسعه مرتبط با مراحل مختلف چرخه عمر فناوری، از منحنی سود نمایش داده‌شده در چارچوب تحلیلی Llerena و Meyer-Krahmer تبعیت می‌کنند. در نتیجه، می‌توان این چنین فرضیه‌سازی کرد که وقوع همگرایی فناوری‌ها با مرحله چرخه عمر فناوری رابطه معکوس دارد.

**فرضیه ۲- هر چه فناوری در مراحل ابتدایی تری از چرخه عمر خود قرار داشته باشد، احتمال وقوع همگرایی فناوری‌ها بیشتر است.**

## ۲-۴. زمینه تخصیص منابع تحقیق و توسعه

مدیریت بودجه واحدهای تحقیق و توسعه، یکی از ابزارهای سیاسی مهم به‌شمار می‌آید، چرا که منجر به افزایش و بهبود نتایج فعالیت‌های تحقیق و توسعه می‌شود. بودجه مناسب همچنین در جنبه کیفی فعالیت‌های تحقیق و توسعه مؤثر است. تمامی مطالعات گذشته حاکی از آن هستند که بودجه مناسب با ثمربخشی تحقیقات انجام‌شده رابطه مستقیم دارد.

بنابراین می‌توان اینگونه پنداشت که احتمال بالای ثمربخش بودن تحقیقات، احتمال وقوع همگرایی فناوری‌ها را نیز افزایش می‌دهد. همگرایی فناوری‌ها نیز همان‌گونه که ذکر شد، بیانگر ظهور فناوری جدید از ترکیب حوزه‌های علمی-فنی مختلف می‌باشد. از آنجایی که ثمربخشی تحقیقات به‌صورت تأثیر واقعی فعالیت‌های تحقیقاتی در مجاورت حوزه‌های علمی-فنی تعریف می‌شود، در نتیجه خروجی‌های ثمربخش واحدهای تحقیق و توسعه را می‌توان در زمینه‌های گسترده‌تری به‌کار گرفت. به‌عبارت دیگر، هرچه میزان ثمربخشی فناوری بیشتر باشد، احتمال مراجعه به آن و به‌کارگیری آن در دیگر حوزه‌ها بیشتر است.



دورنمای فعالیت‌های عملی تحقیق و توسعه، نقش مستقیم میزان بودجه را در ظهور همگرایی فناوری‌ها حمایت می‌کند. در نهایت، میزان حمایت مالی، محدوده فعالیت‌های تحقیق و توسعه را تعیین کرده و در نتیجه، احتمال گسترش دامنه کاربرد فناوری را در زمینه‌های مختلف افزایش می‌دهد. همچنین، بودجه مناسب سبب جلب توجه محققان شده و سرمایه انسانی (مجموعه دانش علمی، فنی و اجتماعی تجمع یافته در یک گروه کاری) واحد تحقیق و توسعه را افزایش می‌دهد. این سرمایه انسانی نیز به نوبه خود، واحد تحقیق و توسعه را در تشخیص فرصت‌های موجود جهت ادغام فناوری‌های مختلف یاری خواهد کرد.

بنابراین فرضیه بعدی به صورت زیر خواهد بود:

**فرضیه ۳- هرچه میزان بودجه پروژه‌های تحقیق و توسعه بیشتر باشد، احتمال وقوع همگرایی فناوری‌ها بیشتر خواهد بود.**

یکی دیگر از مسائل مهم در زمینه تخصیص منابع تحقیق و توسعه، بازه زمانی تأمین بودجه برای انجام فعالیت‌ها می‌باشد. ممکن است دولت‌ها تمایل داشته باشند تا بازده فرایندهای تحقیق و توسعه را از طریق سرعت بخشیدن به آن‌ها (کاهش بازه زمانی انجام فعالیت‌ها) افزایش داده و در عین حال، هدف مورد نظر از تحقیقات را ثابت نگاه دارند. اما در زمینه اجرای عملی فعالیت‌های تحقیق و توسعه، اکثر افراد معتقدند که کاهش بازه زمانی انجام پروژه‌های تحقیق و توسعه، محققان را از انجام فعالیت‌های عمیق جهت شبکه‌بندی و تولید دانش جدید بازداشته و آن‌ها را وادار به تمرکز بر روی نتایجی می‌کند که به سادگی قابل پیش‌بینی هستند. کاهش بازه زمانی تأمین بودجه، موجب تشویش و نگرانی پژوهشگران شده و آن‌ها را وادار می‌کند تا برای تمدید تأمین بودجه، نتایج مورد انتظار را تولید کنند.

به همین دلیل، محققانی که در جستجوی راه‌حل‌های بدیع و اکتشافات جدید از طریق همگرایی هستند، به بودجه فراوان و طولانی‌مدت برای فعالیت‌های خود نیاز دارند. در حقیقت، فعالیت‌های تحقیق و توسعه مرتبط با همگرایی، ریسک بالایی داشته و به بازه زمانی طولانی‌تری نیاز دارند. بنابراین، از نظر کاوشی نیز منطقی به نظر می‌رسد که در دوره‌های طولانی‌مدت فعالیت‌های تحقیق و توسعه، امکان به‌کارگیری روش‌ها و رویکردهای متنوع جهت توسعه راه‌حل‌های فنی، بیشتر است. در نتیجه فرضیه بعدی به صورت زیر خواهد بود:

**فرضیه ۴- هرچه بازه زمانی پروژه تحقیق و توسعه تولیدکننده فناوری بیشتر باشد، احتمال وقوع همگرایی فناوری‌ها بیشتر خواهد بود.**

### ۳. داده‌ها و روش‌ها

#### ۳-۱. منابع داده‌ها

در این مطالعه از داده‌های حاصل از مرکز ملی ارائه اطلاعات علمی و فنی<sup>۱۰</sup> استفاده شده است. این داده‌ها، اطلاعاتی را در زمینه ویژگی‌های برنامه‌های تحقیق و توسعه مورد حمایت دولت در کره جنوبی و نتایج آن‌ها دربر دارند. محققانی که پروژه‌های تحقیق و توسعه مورد حمایت دولت را بر عهده می‌گیرند، می‌بایست نتایج حاصل از آن‌ها مانند پتنت‌ها را به‌عنوان خروجی پروژه به ثبت برسانند.

داده‌های موجود در این بانک اطلاعاتی بدیع، در بازه زمانی گسترده و حوزه‌های فنی مختلف جمع‌آوری شده است و به‌وسیله‌ی آن‌ها می‌توان رفتارهای عمومی واحدهای تحقیق و توسعه را در رابطه با همگرایی فناوری‌ها نمایش داد. این بانک اطلاعاتی به‌ویژه در زمینه واحدهایی که از منابع عمومی تحقیق و توسعه استفاده می‌کنند، سودمند است. از سال ۲۰۱۰، تعداد کل پتنت‌های حاصل از پروژه‌های تحقیق و توسعه مورد حمایت دولت در کره جنوبی، ۶۶،۲۴۴ عدد می‌باشد. تعدادی از این پتنت‌ها حاوی اطلاعات کافی در زمینه‌هایی نظیر حوزه فنی-ماکرو مربوطه، مرحله‌ای از چرخه عمر که فناوری در آن قرار داشته است، نوع واحد تحقیق و توسعه و کد شناسایی پروژه مربوطه نمی‌باشند و در نتیجه نمی‌توان از آن‌ها در این مطالعه بهره گرفت. با صرف نظر از این موارد، ۵۱۸۳۷ پتنت در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است که بازه زمانی کاربرد آن‌ها از سال ۲۰۰۱ تا سال ۲۰۰۹ بوده است. تعدادی از پتنت‌ها فعلاً از سوی اداره حقوق فکری کره<sup>۱۱</sup>، مجوز ثبت دریافت نکرده‌اند. منطقی است که این پتنت‌ها را حاصل از فعالیت‌های تحقیق و توسعه بدانیم کما اینکه بعضی از این پتنت‌ها در حین فرایند ثبت همچنان در حال بررسی هستند. بنابراین ما در این مطالعه از پتنت‌های فاقد شماره ثبت، صرف نظر نکرده‌ایم.

#### ۳-۲. سنجش همگرایی فناوری‌ها

با توجه به کمبود مطالعات تجربی در زمینه همگرایی در سطح فنی، جهت سنجش شناساگرهای همگرایی فناوری‌ها، ابتدا می‌بایست روش‌های مورد استفاده برای سنجش همگرایی علمی را ارزیابی کنیم. دانشمندان در زمینه مناسب‌ترین شناساگرها جهت سنجش تحقیقات میان‌رشته‌ای و همگرایی با یکدیگر اختلاف نظر دارند. ولی با این وجود، عموماً ساختار همگرایی علمی را از طریق روش‌های کتاب‌سنجی به نمایش می‌گذارند. تعدادی از مطالعات، پیوستگی میان رشته‌های مختلف را توسط روش‌های متنوعی نظیر تحلیل ارجاعات نشریات و مقاله‌ها، طبقه‌بندی مشابه زیرشاخه‌های نشریات و واژه‌بندی مشترک میان مقالات منتشر شده در نشریات، بررسی کرده‌اند. به‌ویژه، تعدادی از مطالعات دیگر در زمینه همگرایی علمی که کانون تحقیقات آن‌ها مشابه این مطالعه است، با استفاده از تحلیل ارجاعات نشریات منتشر شده در شش حوزه تحقیقاتی در سطح ماکرو، بر روی تحقیقات میان‌رشته‌ای در سطح ماکرو متمرکز شده‌اند. به‌طور مشابه، برخی از مطالعات به دلیل

چندمالکی<sup>۱۲</sup> بودن نشریات منتشرشده در زمینه مباحث در سطح ماکرو، تحلیل همگرایی علوم در سطح ماکرو را اصل دانسته و به این نتیجه رسیده‌اند که میل به همگرایی، به حوزه تحقیقاتی در سطح ماکرو بستگی دارد. با این وجود، چنین روش‌های کتاب‌سنجی و مقاله‌سنجی را نمی‌توان بدون ایجاد تغییرات، در این مطالعه به کار برد. چراکه نشریات دانشگاهی قادر به ارائه دانش فنی و تجاری و فعالیت‌های ابتکاری نیستند. با توجه به تفاوت‌های موجود، مطالعات انجام شده در زمینه همگرایی صنعتی، از روش‌های مشابه استفاده می‌کنند اما معیارهای سنجش آن‌ها متفاوت است. بهترین نمونه در این زمینه، در کار Curran and Leker و Curran et al. قابل مشاهده است. این محققان، روش‌های مختلف را بر اساس طبقه‌بندی‌های مشابه موجود در رده‌بندی بین‌المللی پتنت‌ها<sup>۱۳</sup>، تعریف و اصلاح کرده و آن‌ها را با دسته‌های صنعتی مربوطه هماهنگ ساخته‌اند. Kassi و Karvonen نیز که در جستجوی شواهد همگرایی در میان ارجاعات پتنت‌ها بودند، فعالیت‌های خود را بر پایه رده‌بندی بین‌المللی پتنت‌ها قرار داده و آن‌ها را با دسته‌های صنعتی مربوطه هماهنگ ساخته‌اند.

به همین دلیل، ما روشی جایگزین برای سنجش همگرایی فناوری‌ها پیشنهاد می‌دهیم که بر اساس اسناد پتنت‌های چند مالکی است. مسلماً پتنت‌ها قادر به سنجش تمامی اطلاعات موجود در واحدهای تحقیق و توسعه نمی‌باشند، چراکه این دانش و اطلاعات، شکل‌های مختلفی نظیر مقالات آکادمیک، پتنت‌ها، کپی‌رایت، گزارش و دانش علمی و عملی غیر مستند را به خود می‌گیرند. ولی با این وجود، اسناد پتنت‌ها، منابع وسیعی برای توصیف و ارائه نوآوری‌های فنی می‌باشند که هدف اصلی در این مطالعه می‌باشد. اکثر تحقیقات گذشته، از پتنت‌ها به‌عنوان مظهر نوآوری فنی و نمایش نقاط قوت واحدهای تحقیق و توسعه استفاده کرده‌اند. ما نیز در این راستا حرکت کرده و در این مطالعه از پتنت‌ها به‌عنوان مظهر نوآوری فنی استفاده می‌کنیم.

یکی دیگر از مسائل بنیادی در تعیین هویت همگرایی فناوری‌ها، طبقه‌بندی حوزه‌های فنی می‌باشد. عملاً می‌توان گفت که رده‌بندی حوزه‌های فنی، هم‌اکنون نیز به شکل‌های مختلفی نظیر رده‌بندی بین‌المللی پتنت‌ها و سیستم ملی آرایه‌شناسی استاندارد علوم و فناوری<sup>۱۴</sup> وجود دارد. اما یک چارچوب آرایه‌شناسی جهت حصول پیامدهای عملی بهتر، می‌بایست نقطه‌نظرات سیاست‌های دولتی را در رابطه با همگرایی فناوری‌ها در نظر بگیرد. به همین دلیل ما به صورت خلاصه، نمادهای مختلفی را که سازمان‌های دولتی مهم برای همگرایی فناوری‌ها تعریف کرده‌اند، مورد ارزیابی قرار می‌دهیم.

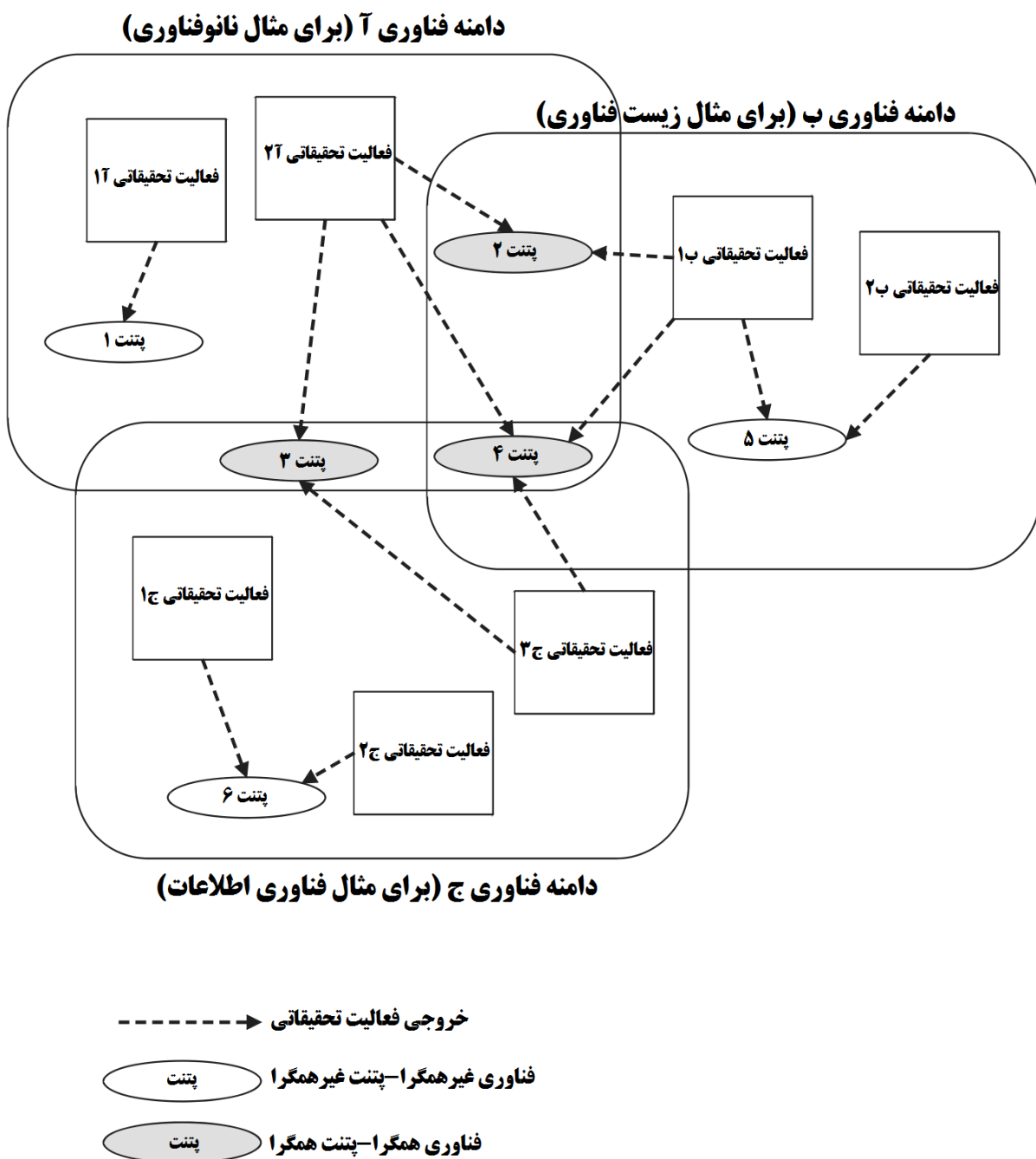
بر اساس نوآوری‌های دولتی در کشورهای توسعه‌یافته اصلی، فناوری‌ها را می‌توان در حوزه‌های متمایزی طبقه‌بندی کرد. بنیاد ملی علوم<sup>۱۵</sup> در ایالات متحده آمریکا، چهار حوزه اصلی را در زمینه فناوری‌های همگرا اعلام کرده‌است: نانوفناوری، زیست‌فناوری، فناوری اطلاعات و علوم شناختی. کمیسیون اروپا نیز طبقه‌بندی مشابهی را به‌صورت نانوفناوری، زیست‌فناوری، فناوری اطلاعات، علوم شناختی و علوم انسانی<sup>۱۶</sup> انجام داده‌است. دولت ژاپن نیز در سومین برنامه‌ریزی بنیادی علوم و فناوری، این طبقه‌بندی را به‌صورت نانوفناوری، زیست‌فناوری، فناوری اطلاعات و فناوری محیط‌زیست<sup>۱۷</sup> انجام داده‌است. در کره جنوبی نیز اداره نوآوری‌های

علمی و فنی<sup>۱۸</sup>، از توسعه فناوری‌های جدید در آینده خبر داده‌است که شش حوزه فنی اصلی برای همگرایی یعنی فناوری نانو، زیست‌فناوری، فناوری اطلاعات، فناوری انرژی<sup>۱۹</sup>، فناوری فضایی<sup>۲۰</sup> و فناوری فرهنگی<sup>۲۱</sup> را شامل می‌شوند. اکثر پروژه‌های تحقیق و توسعه نیز در این شش حوزه طبقه‌بندی شده‌اند. پروژه‌هایی که در این شش حوزه نمی‌گنجند، در دسته‌ای به نام ETC قرار می‌گیرند.

این نمادگذاری‌ها، حاوی دسته‌های مختلفی از فناوری‌ها در سطح ماکرو می‌باشند که تعریف آن‌ها از کشوری به کشور دیگر متفاوت بوده ولی در عین حال، شباهت‌هایی نیز دارند. تعدادی از متخصصان جهت درک این نمادگذاری‌ها، نمونه‌هایی اجرا شده و یا قابل اجرا از همگرایی فناوری‌ها در میان حوزه‌های فنی ماکرو را طراحی و معرفی کرده‌اند. به‌علاوه، طبقه‌بندی و تعیین انواع فناوری‌های همگرا در کره جنوبی، بسیار رایج بوده و از این نوع‌شناسی در برنامه‌ریزی راهبردهای عملی در زمینه همگرایی فناوری‌ها و همچنین فرایندهای برنامه‌ریزی، سرمایه‌گذاری و ارزیابی برنامه‌های تحقیق و توسعه ملی استفاده می‌شود. بنابراین، منطقی به نظر می‌رسد که نوع‌شناسی و طبقه‌بندی فناوری‌های همگرا را حداقل در کره جنوبی، یکی از چارچوب‌های بنیادی جهت تحلیل همگرایی فناوری‌ها بدانیم.

مسئله کلیدی در سنجش همگرایی فناوری‌ها، تعیین سرچشمه اصلی دانش فنی می‌باشد. با پذیرش این فرضیه که دانش فنی، حاصل از فرایندهای توسعه و تحقیق است، یکی از روش‌های منطقی برای این کار این است که پروژه‌های تحقیق و توسعه را منبع حوزه‌های علمی-فنی بدانیم. علی‌رغم وجود مسیرهای متنوعی که در نهایت منجر به ظهور فناوری‌های جدید می‌شوند، هر فناوری در حال رشد، با دانشی همراه است. در واقع، برخی از دانشمندان معتقدند که همگرایی را می‌توان بر پایه پروژه‌ها و پروپوزال‌ها سنجید.

همان‌طور که در شکل ۲ قابل مشاهده است، فعالیت‌های تحقیق و توسعه، فناوری‌های جدید (برای مثال، پتنت‌ها) را به‌عنوان خروجی به ارمغان می‌آورند. با این فرض که پروژه‌های تحقیق و توسعه یکی از واسطه‌های کلیدی جهت تولید خروجی‌های فنی می‌باشند، مالکیت چندگانه پروژه‌های تحقیق و توسعه برای دریافت پتنت، نشان از همگرا بودن فناوری‌های تولیدی دارد. محققان در حین برنامه‌ریزی پروژه‌های تحقیق و توسعه، حوزه‌هایی از فناوری‌های ماکرو را که پروژه بر پایه آن‌ها بنا شده‌است مشخص کرده و سپس طرح مذکور را جهت دریافت بودجه به آژانس‌های مختلف ارسال می‌کنند. در صورت تأیید شدن طرح ارائه‌شده، محققان پروژه را بر عهده گرفته و آغاز می‌کنند. این محققان می‌بایست در حین انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه و یا پس از اتمام آن‌ها، پتنت‌های تولیدشده را ثبت کرده و اطلاعات مربوط به پروژه‌های استفاده‌شده را در آن‌ها لحاظ کنند. با توجه به مسائل قانونی مرتبط با مالکیت پتنت‌ها و توزیع سود حاصل از آن‌ها مانند هزینه مجوز پتنت، محققان به‌دقت و بر اساس نسبت همکاری، به پروژه‌های تحقیق و توسعه مشارکت‌کننده در تولید پتنت اشاره می‌کنند.



شکل ۲- چارچوب تعریف فناوری های همگرا

برخی از پتنت های حاصل از پروژه های تحقیق و توسعه، تنها در یک حوزه خاص از فناوری های ماکرو بوده و مالکیت چندگانه (پتنت های ۵ و ۶ در شکل ۲) و یا تکی (پتنت ۱ در شکل ۲) دارند. ولی برخی دیگر در حوزه های متنوعی بوده و مالکیت چندگانه دارند (پتنت های ۲ الی ۴ در شکل ۲). این نوع مالکیت چندگانه، نشان دهنده همگرایی فناوری است، چراکه محققان، دانش فنی مرتبط با حوزه های فنی مختلف را با یکدیگر ادغام کرده و به کار گرفته اند. بنابراین از این پس، ما این نوع پتنت ها را "پتنت های همگرا" می نامیم. به عنوان

مثال، پتنت شماره ۵ در شکل ۲، خروجی مشترک فعالیت‌های تحقیقاتی آ ۱ و آ ۲ واقع در حوزه فنی ب می‌باشد. بنابراین طبق تعریف ارائه‌شده، پتنت شماره ۵ علی‌رغم چندمالکی بودن پروژه‌های تحقیق و توسعه بنیان‌گذار آن، یک پتنت همگرا محسوب نمی‌شود. در مقابل، پتنت شماره ۲ در شکل ۲، به‌طور همزمان از فعالیت‌های تحقیقاتی آ ۲ و ب ۱ که به‌ترتیب در حوزه‌های فنی آ و ب واقعند، حاصل شده‌است. در نتیجه پتنت شماره ۲ به‌دلیل چندمالکی بودن پروژه‌های تحقیق و توسعه بنیان‌گذار آن و قرار داشتن آن‌ها در حوزه‌های متمایز از فناوری‌های ماکرو، یک پتنت همگرا محسوب می‌شود.

جهت درک عوامل تأثیرگذار در توسعه فناوری‌های همگرا، ما بر اساس فرضیه ارائه‌شده در زمینه تولید پتنت‌های همگرا، تأثیرات متغیرهای مختلف را به‌صورت تجربی تحلیل کرده‌ایم. در تحلیل تجربی زیر، متغیر  $y_i^*$  یک متغیر پنهان بوده و توسط معادله (۱) تعیین می‌شود:

$$y_i^* = x_i'\beta + u_i \quad (1)$$

در رابطه بالا:

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{اگر } y_i^* > 0 \\ 0 & \text{اگر } y_i^* \leq 0 \end{cases}$$

در این معادله،  $x_i'\beta$ ، تابع اشاره نامیده می‌شود.

در این مطالعه، متغیر  $y_i^*$  بررسی نمی‌شود، اما متغیر  $y_i$  جهت تحلیل پتنت‌های حاصل از برنامه‌های تحقیق و توسعه ملی، بررسی شده و هر بررسی، تحلیل یک پتنت را نشان می‌دهد. با به‌کارگیری آرایه‌شناسی فنی و روش چندمالکی بحث‌شده در بخش "سنجش همگرایی فناوری‌ها"، هر یک از متغیرها در دو حالت بررسی می‌شوند: در صورت همگرا بودن پتنت مقدار متغیر برابر با یک و در غیر این‌صورت برابر با صفر می‌باشد. به‌عبارت دیگر، هر یک از متغیرهای وابسته تعریف‌شده در این تحلیل (برای مثال، همگرایی)، تنها قادرند دو مقدار صفر و یک را اختیار کنند. همچنین در این مطالعه با فرض اینکه خطای عبارت  $u_i$  از یک توزیع استاندارد و نرمال تبعیت می‌کند، از مدل پروبیت استفاده شده‌است<sup>۲۲</sup>.

در معادله (۱)،  $x_i$  نشان‌دهنده متغیرهای مستقلی است که احتمال تولید پتنت‌های همگرا را تحت تأثیر قرار می‌دهند. متغیر مستقل Tech\_RD\_Level، بیانگر سطح آمادگی فناوری بوده و از ویژگی‌های ثابت‌شده پروژه‌های تحقیق و توسعه مرتبط به‌دست می‌آید. سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی<sup>۲۳</sup>، انواع برنامه‌های تحقیق و توسعه مورد حمایت دولت را به سه دسته تحقیقات پایه، تحقیقات کاربردی و توسعه تجربی تقسیم‌بندی می‌کند. طبق قوانین مرکز ملی ارائه اطلاعات علمی و فنی، محققان نیز می‌بایست نوع پروژه تحقیق و توسعه خود را بر مبنای این تقسیم‌بندی گزارش کرده و به ثبت برسانند. همانند مطالعات گذشته، در این مطالعه نیز مدل نوآوری‌های فنی را پیوسته در نظر گرفته و مقدار این متغیر را به‌صورت خطی و متناسب با

سطوح مختلف تحقیقات، در حال افزایش فرض می‌کنیم. برای مثال، مقدار "۱" را برای تحقیقات پایه، مقدار "۲" را برای تحقیقات کاربردی و مقدار "۳" را برای توسعه تجربی در نظر می‌گیریم. در صورت چندمالکی بودن پتنت‌ها، سطح آمادگی فنی آن دسته از پروژه‌های تحقیق و توسعه را به کار خواهیم گرفت که نسبت مشارکت آن‌ها در مقایسه با دیگر پروژه‌های تحقیق و توسعه مرتبط با پتنت، از همه بیشتر باشد و از آن‌ها به‌عنوان واسطه‌ای برای مشخصات پروژه‌های تحقیق و توسعه منبع استفاده خواهیم کرد.

متغیر Tech\_Life\_Cycle نشانگر فاز فعلی چرخه عمر فناوری بوده و مشابه متغیر Tech\_RD\_Level به‌دست می‌آید. در مطالعات گذشته، چرخه عمر فناوری بر مبنای سطح بالیدگی آن (آغازین، رشد، بلوغ و سالخورده‌گی) تعیین می‌شود. جهت سازگاری با مطالعات گذشته، مقدار متغیر Tech\_Life\_Cycle نیز به‌صورت خطی و متناسب با سطوح مختلف بالیدگی در حال افزایش در نظر گرفته می‌شود. برای مثال، مقدار "۱" برای دوره آغازین، مقدار "۲" برای دوره رشد، مقدار "۳" برای مرحله بلوغ و مقدار "۴" برای دوره سالخورده‌گی در نظر گرفته می‌شود. در صورت چندمالکی بودن پتنت‌ها، قوانین به کار رفته مشابه متغیر Tech\_RD\_Level خواهد بود.

متغیر RND\_Budget نشانگر مقدار متوسط بودجه سالانه در مقیاس لگاریتمی و بر حسب میلیون وون<sup>۲۴</sup> می‌باشد که صرف پروژه‌های تحقیق و توسعه مرتبط با پتنت شده‌است. جهت خنثی‌سازی تأثیر تورم نیز از مقادیر بودجه سالانه پروژه‌های تحقیق و توسعه، بدون احتساب تورم استفاده کرده‌ایم. قطعاً بودجه کلی پروژه‌های تحقیق و توسعه متناسب با بازه زمانی انجام پروژه می‌باشد. در نتیجه با استفاده از میزان بودجه سالانه این پروژه‌ها می‌توان تأثیر واقعی حمایت مالی را تعیین کرد. به‌علاوه، جهت انعکاس میزان مشارکت واقعی منابع در تولید پتنت‌های چندمالکی، از میانگین وزنی مقدار متوسط بودجه سالانه بر مبنای نسبت مشارکت آن در پروژه‌های تحقیق و توسعه، در متغیر RND\_Budget استفاده شده‌است.

متغیر RND\_Period نشانگر مدت زمان تأمین بودجه پروژه‌های تحقیق و توسعه مرتبط با پتنت بر حسب سال می‌باشد. این متغیر نیز بر اساس قوانینی مشابه با قوانین تعیین میانگین وزنی متغیر RND\_Budget، سنجیده می‌شود.

حوزه‌های فنی ماکرو، به‌عنوان کنترل در این مطالعه معرفی می‌شوند. همگرایی و نوآوری فنی، هیچ یک به صورت یکپارچه در تمامی حوزه‌های علمی-فنی رخ نمی‌دهد. به‌علاوه، تمام حوزه‌های فنی، هادی وقوع همگرایی نمی‌باشند. در نتیجه، مطابق با بحثی که در بخش "سنجش همگرایی فناوری‌ها" انجام شد، ما متغیرهای ساختگی را به‌عنوان کنترل و بر پایه تقسیم‌بندی شش‌گانه حوزه‌های فنی ماکرو تعیین خواهیم کرد. در این راستا، ما حوزه‌ای را که سهم آن در مشارکت برای تولید پتنت از همه بیشتر است، حوزه فنی پتنت در نظر می‌گیریم و از این پس، آن را "حوزه فنی کلیدی" می‌نامیم. در این حالت، شرایطی که در آن فناوری مورد نظر در دسته ETC طبقه‌بندی شده‌باشد، به‌عنوان خط مبنای متغیرهای ساختگی فنی در نظر گرفته می‌شود.

از آنجایی که بافت سازمانی، محیط شکوفایی همگرایی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد، ما کنترل‌هایی را برای

نوع سازمان در نظر گرفته ایم. متغیرهای بیانگر سازمان‌های دخیل در توسعه فناوری‌ها، منحصرأ توسط متغیرهای ساختگی زیر مشخص می‌شوند: Indu نشانگر این است که بخش صنعتی به‌تنهایی و بدون کمک از جانب دانشگاه‌ها و مؤسسات تحقیقاتی دولتی، به توسعه فناوری می‌پردازد. به این ترتیب، در صورتی که بخش صنعتی به‌تنهایی این کار را انجام دهد، مقدار متغیر Indu برابر ۱ و در غیر این صورت برابر ۰ خواهد بود. به‌طور مشابه، ما متغیر Univ را برای دانشگاه‌ها و متغیر Gov را برای مؤسسات تحقیقاتی دولتی در نظر می‌گیریم. برای حالت‌های مشارکتی نیز متغیرهایی از ترکیبات این سه متغیر به‌صورت Univ-Indu، Gov-Indu و Gov-Indu-Univ تعریف می‌شوند، زیرا واحدهای تحقیق و توسعه گروهی می‌توانند با انگیزه‌های راهبردی و تحت شرایط مختلف، بر روی پروژه‌های تحقیق و توسعه کار کنند. در این حالت، شرایطی که در آن تمامی انواع واحدهای تحقیق و توسعه (دانشگاه، دولت و صنعت) به‌صورت گروهی فعالیت می‌کنند، به‌عنوان خط مبنای متغیرهای ساختگی سازمانی در نظر گرفته می‌شود.

در پایان، ما دسته‌ای از متغیرهای ساختگی را نیز برای سال درخواست پتنت‌ها، از سال ۲۰۰۲ تا سال ۲۰۰۹ در نظر می‌گیریم، زیرا همگرایی تنها تابع وضع موجود نمی‌باشد. بلکه فرایندی تکاملی بوده و می‌تواند توسط عوامل محیطی دوره‌های مختلف، تحت تأثیر قرار بگیرد. برای مثال، در صورتی که درخواست پتنت در سال ۲۰۰۲ رخ داده باشد، مقدار متغیر Y2002 برابر ۱، و در غیر این صورت برابر با صفر خواهد بود. پتنت‌های تعیین شده در سال ۲۰۰۱، به‌عنوان خط مبنای این دسته از متغیرهای ساختگی در نظر گرفته می‌شوند. تعاریف متغیرها در جدول ۱ خلاصه شده است.

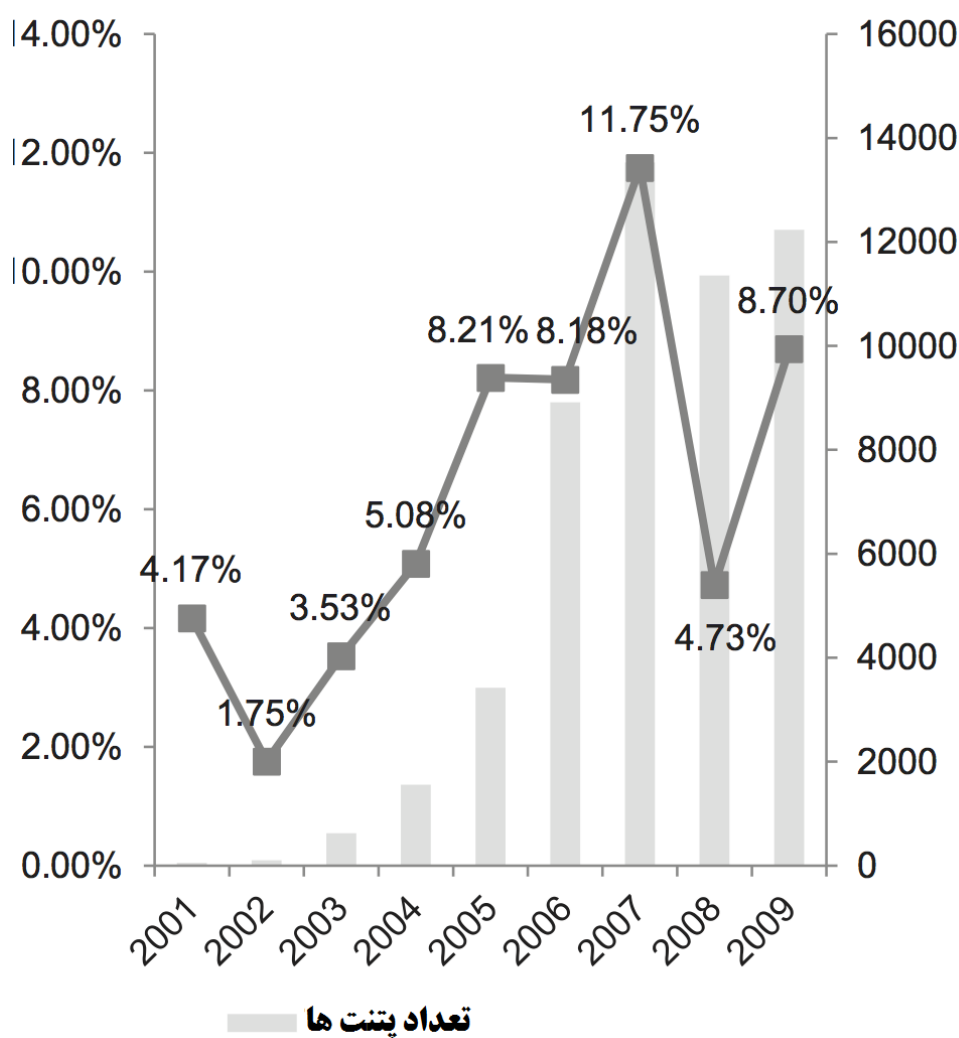
جدول ۱، تعاریف متغیرهای مستقل و وابسته		
نام متغیر	نوع متغیر	تعریف
Convergence	وابسته	در صورتی که پروژه تحقیق و توسعه تولیدکننده پتنت، از حوزه‌های متنوعی از فناوری‌های ماکرو بهره گرفته باشد، برابر با ۱، و در غیر این صورت برابر ۰ است.
Tech_RD_Level	مستقل (بافت فنی)	سطح آمادگی فناوری در پروژه‌های تحقیق و توسعه شرکت‌کننده در اختراع پتنت ۱: تحقیقات پایه ۲: تحقیقات کاربردی ۳: توسعه تجربی
Tech_Life_cycle	مستقل (بافت فنی)	فاز چرخه عمر فناوری که پروژه‌های تحقیق و توسعه در آن به پتنت اختصاص داده شده‌اند. ۱: آغاز ۲: رشد ۳: بلوغ ۴: سالخوردگی
RND_Budget	مستقل (بافت توزیع منابع تحقیق و توسعه)	میانگین وزنی بودجه متوسط سالانه برای پروژه‌های تحقیق و توسعه مرتبط با پتنت (بدون احتساب تورم)، در مقیاس لگاریتمی و برحسب میلیون وون
RND_Period	مستقل (بافت توزیع منابع تحقیق و توسعه)	میانگین وزنی مدت زمان تأمین بودجه پروژه‌های تحقیق و توسعه مرتبط با پتنت بر حسب سال
IT	کنترلی	در صورتی که حوزه فنی کلیدی، فناوری اطلاعات باشد برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر با ۰ است.
BT	کنترلی	در صورتی که حوزه فنی کلیدی، زیست‌فناوری باشد برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر با ۰ است.
ST	کنترلی	در صورتی که حوزه فنی کلیدی، فناوری فضایی باشد برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر با ۰ است.
CT	کنترلی	در صورتی که حوزه فنی کلیدی، فناوری فرهنگی باشد برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر با ۰ است.



		با ۰ است.
NT	کنترلی	در صورتی که حوزه فنی کلیدی، نانوفناوری باشد برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر با ۰ است.
ET	کنترلی	در صورتی که حوزه فنی کلیدی، فناوری محیطزیست باشد برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر با ۰ است.
Indu	کنترلی	در صورتی که بخش صنعتی به تنهایی به توسعه فناوری پردازش، برابر ۱ و در غیر این صورت برابر ۰ است.
Univ	کنترلی	در صورتی که دانشگاه به تنهایی به توسعه فناوری پردازش، برابر ۱ و در غیر این صورت برابر ۰ است.
Gov	کنترلی	در صورتی که مؤسسه تحقیقاتی دولتی به تنهایی به توسعه فناوری پردازش، برابر ۱ و در غیر این صورت برابر ۰ است.
Indu-Univ	کنترلی	در صورتی که بخش صنعتی و دانشگاه منحصراً با یکدیگر در توسعه فناوری همکاری کنند، برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر ۰ است.
Univ-Gov	کنترلی	در صورتی که مراکز تحقیقاتی دولتی و دانشگاه منحصراً با یکدیگر در توسعه فناوری همکاری کنند، برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر ۰ است.
Indu-Gov	کنترلی	در صورتی که بخش صنعتی و مراکز تحقیقاتی دولتی منحصراً با یکدیگر در توسعه فناوری همکاری کنند، برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر ۰ است.
Indu-Univ-Gov	کنترلی	در صورتی که مراکز تحقیقاتی دولتی، بخش صنعتی و دانشگاه با یکدیگر در توسعه فناوری همکاری کنند، برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر ۰ است.
Y2002	کنترلی	در صورتی که سال درخواست پتنت، ۲۰۰۲ باشد برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر با ۰ است.
Y2003	کنترلی	در صورتی که سال درخواست پتنت، ۲۰۰۳ باشد برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر با ۰ است.
Y2004	کنترلی	در صورتی که سال درخواست پتنت، ۲۰۰۴ باشد برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر با ۰ است.
Y2005	کنترلی	در صورتی که سال درخواست پتنت، ۲۰۰۵ باشد برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر با ۰ است.
Y2006	کنترلی	در صورتی که سال درخواست پتنت، ۲۰۰۶ باشد برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر با ۰ است.
Y2007	کنترلی	در صورتی که سال درخواست پتنت، ۲۰۰۷ باشد برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر با ۰ است.
Y2008	کنترلی	در صورتی که سال درخواست پتنت، ۲۰۰۸ باشد برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر با ۰ است.
Y2009	کنترلی	در صورتی که سال درخواست پتنت، ۲۰۰۹ باشد برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر با ۰ است.

شکل ۳، تعداد پتنت‌ها و درصد پتنت‌های همگرا را نسبت به دیگر پتنت‌ها در هر سال نشان می‌دهد. نکته جالب این است که الگوی افزایش تدریجی این نسبت، با الگوی افزایشی بیان شده در مطالعه گذشته Curran و Leker در زمینه همگرایی صنعتی میان صنایع داروسازی و شیمیایی، یکسان می‌باشد. این پدیده حاکی از آن

است که سطح فعالیت‌های تحقیق و توسعه مرتبط با همگرایی فناوری‌ها افزایش یافته و شاید، میزان تقاضا برای این فناوری‌ها نیز بیشتر شده‌است. همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود، نسبت مذکور در سال ۲۰۰۸، در خلال بحران مالی جهانی، سیری نزولی داشته‌است ولی این کاهش در سال ۲۰۰۹ جبران شده‌است. از دیدگاه مدیریت خطر، می‌توان چنین پنداشت که در دوره رکود اقتصادی، واحدهای تحقیق و توسعه به مشارکت در توسعه فناوری‌های همگرا با ریسک بالا تمایل چندانی نداشته و گرایش آن‌ها (به‌ویژه شرکت‌ها) به سمت نتایج بارز تحقیق و توسعه متمایل است تا خطرات مالی و مدیریتی نهفته در فعالیت‌های تحقیق و توسعه را در طول دوران رکود کاهش دهند. البته اظهار نظر قطعی در این زمینه، به تحقیقات و بررسی‌های تجربی بیشتری نیازمند است.



شکل ۳- تعداد پتنت‌ها و سهم پتنت‌های همگرا در هر سال

جدول ۲، مقادیر میانگین، انحراف معیار<sup>۲۵</sup>، بیشینه و کمینه متغیرهای توضیحی را نشان می‌دهد. قابل درک است که میانگین سطح آمادگی فناوری بیشتر از ۲ می‌باشد. این امر حاکی از آن است که اکثر فناوری‌ها در

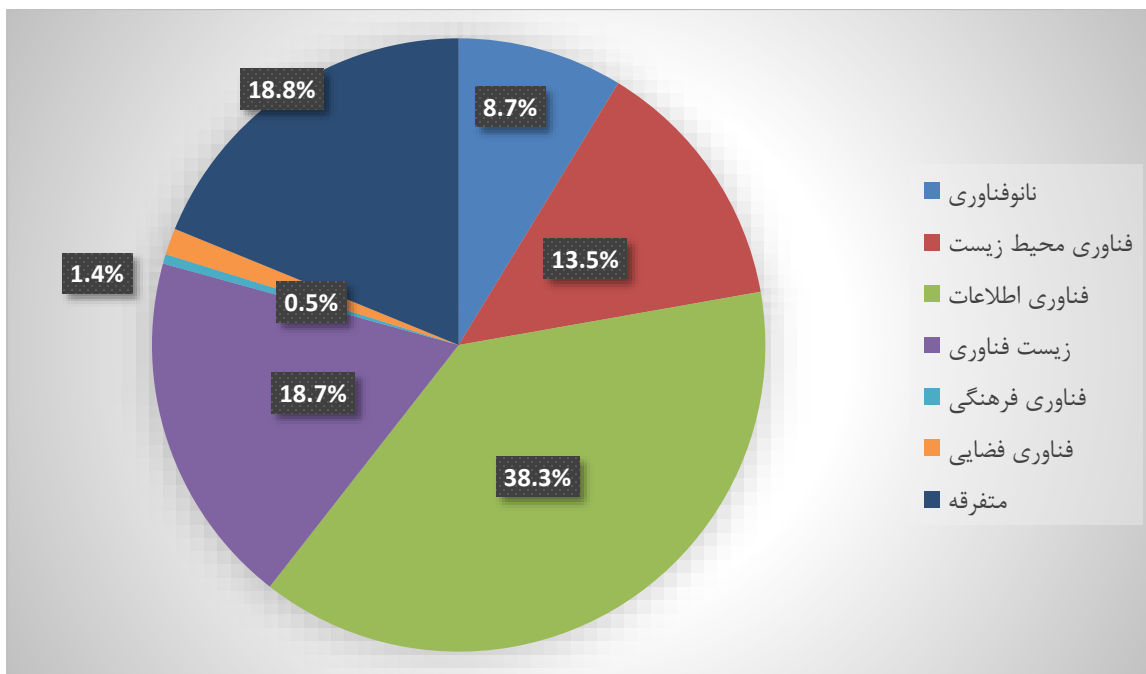
بخش تحقیقات کاربردی و توسعه تجربی ابداع شده‌اند. به‌علاوه، میانگین مرحله چرخه عمر فناوری (۱/۷۸۴) بر گرایش فعالیت‌های تحقیق و توسعه به وقوع در مراحل نسبتاً ابتدایی از چرخه عمر فناوری، تأکید می‌کند.

متغیر	میانگین	انحراف معیار	مینیمم	ماکسیمم
Tech_RD_Level	۲/۳۱۸	۰/۷۵۷	۱	۳
Tech_Life_Cycle	۱/۷۸۴	۰/۶۸۴	۱	۴
RND_Budget	۶/۶۱۸	۱/۴۹۵	-۰/۰۴۸	۱۱/۹۲۳
RND_Period	۲/۲۶۳	۱/۰۸۶	۱	۴

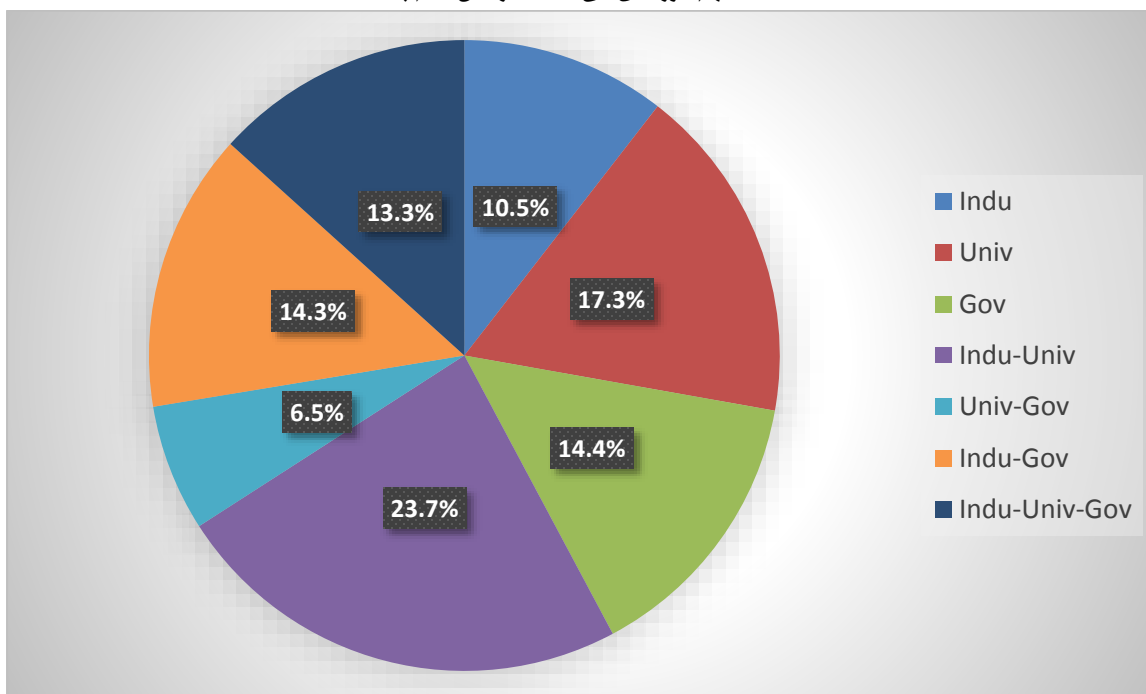
جدول ۳ نشان می‌دهد که هیچ رابطه حساسی میان متغیرهای توضیحی وجود ندارد. به‌علاوه، عوامل تورم واریانس<sup>۲۶</sup> که برای بررسی احتمال هم خطی چندگانه محاسبه می‌شوند، کمتر از ۱۰ به‌دست آمده‌اند.

	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	VIF
(۱) Tech_RD_Level	۱				۱/۰۸۶
(۲) Tech_Life_Cycle	۰/۲۶۱	۱			۱/۰۷۶
(۳) RND_Budget	۰/۲۳۳	-۰/۰۱۴	۱		۱/۰۱۲
(۴) RND_Period	۰/۰۲۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸	۱	۱/۰۰۰

شکل ۴ و ۵ به ترتیب، سهم حوزه‌های فنی و انواع سازمان‌های تحقیق و توسعه را نشان می‌دهند. در داده‌های ما، فناوری اطلاعات، ۳۸/۳ درصد از پتنت‌ها را به خود اختصاص داده‌است. پس از آن، ۱۸/۸ درصد مربوط به فناوری‌های متفرقه، ۱۸/۷ درصد مربوط به زیست‌فناوری و ۱۳/۵ درصد مربوط به فناوری محیط‌زیست می‌باشد که منعکس‌کننده روند فعالیت‌های تحقیق و توسعه بین سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۹ است. در رابطه با نوع سازمان‌های تحقیق و توسعه، سازمان‌های تکی (برای مثال، Univ، Indu و Gov) در کمتر از نصف پتنت‌ها (۴۲/۲ درصد) مشاهده می‌شوند. این امر حاکی از آن است که مشارکت میان سازمان‌های متمایز تحقیق و توسعه، رایج‌تر است.



شکل ۴- سهم حوزه‌های فنی مختلف در میان تمام پتنت‌ها



شکل ۵- سهم انواع سازمان‌ها در میان دارندگان پتنت

#### ۴. نتایج

جدول ۴ بیانگر نتایج تجربی می‌باشد. جهت نمایش استحکام نتایج تخمینی، ما سه مشخصه طراحی کرده‌ایم که هر یک، دسته‌ای از متغیرهای مربوط به خود را دارند. ضرایب هر یک از متغیرها، در سه مشخصه متمایز دسته‌بندی شده‌است که هر یک، دسته‌ای متفاوت از زمینه‌های نظری را در خود دارند. مشخصه اول،

تنها شامل متغیرهای توضیحی و کنترل‌های مرتبط با بافت فنی می‌باشد (Tech\_RD\_Level و Tech\_Life\_Cycle). مشخصه دوم، شامل متغیرهای توضیحی و کنترل‌های مرتبط با زمینه تخصیص منابع می‌باشد (RND\_Budget و RND\_Period). مشخصه سوم نیز متغیرهای مرتبط با هر دو زمینه را توسط تمام متغیرهای مستقل به یکدیگر مربوط می‌سازد. خطای استاندارد مربوط به هر ضریب نیز در پارانتزی در زیر ضریب نمایش داده شده‌است. منظور از ۱، ۲ و ۳ ستاره در جلوی هر ضریب به ترتیب احتمال کمتر ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۱ است.

در حالت کلی، نتایج ارائه‌شده در مشخصه‌های ۱، ۲ و ۳، از نظر علائم تخمینی و اهمیت، هماهنگی زیادی با یکدیگر دارند که این امر، استحکام مدل نظری ما را در زمینه همگرایی فناوری‌ها نشان می‌دهد. نتایج تخمینی، فرضیه اول را شدیداً حمایت می‌کنند: ضرایب متغیر Tech\_RD\_Level در مشخصه ۱ و ۳ در سطح ۱ درصد، چشمگیر بوده و علامت منفی دارند. هر چه میزان این متغیر در فعالیت‌های تحقیق و توسعه کاهش می‌یابد، احتمال همگرایی فناوری‌ها افزایش می‌یابد: هرچه تحقیقات، پایه‌ای‌تر و ابتدایی‌تر باشند، امکان پرورش و شکوفایی فناوری‌های همگرا بیشتر خواهد بود. به‌طور مشابه، فرضیه دوم نیز به‌وضوح تأیید می‌شود: ضرایب متغیر Tech\_Life\_Cycle در مشخصه‌های ۱ و ۳ در سطح ۱۰ درصد چشمگیر بوده و علامت منفی دارند. هر چه میزان این متغیر در فعالیت‌های تحقیق و توسعه کاهش می‌یابد، احتمال همگرایی فناوری‌ها افزایش می‌یابد: هرچه فناوری در فاز ابتدایی‌تری از چرخه عمر خود قرار داشته‌باشد، احتمال پرورش همگرایی فناوری‌ها بیشتر خواهد بود.

	مشخصه ۱	مشخصه ۲	مشخصه ۳
Tech_RD_Level	-۰/۱۴۷ (۰/۰۱۳)***		-۰/۱۴۵ (۰/۰۱۳)***
Tech_Life_Cycle	-۰/۰۲۶ (۰/۰۱۴)*		-۰/۰۲۴ (۰/۰۱۴)*
RND_Budget		-۰/۰۲۵ (۰/۰۰۷)***	-۰/۰۱۵ (۰/۰۰۷)**
RND_Period		۰/۰۱۳ (۰/۰۰۸)*	۰/۰۱۴ (۰/۰۰۸)*
IT	-۰/۵۹۵ (۰/۰۲۵)***	-۰/۵۸۸ (۰/۰۲۵)***	-۰/۵۹۲ (۰/۰۲۵)***
BT	-۰/۲۷۱ (۰/۰۲۶)***	-۰/۲۴۷ (۰/۰۲۶)***	-۰/۲۸۱ (۰/۰۲۶)***
ST	-۰/۰۷۲ (۰/۰۷۵)	-۰/۰۷۰ (۰/۰۷۵)	-۰/۰۶۲ (۰/۰۷۶)
CT	۰/۲۳۷ (۰/۰۹۴)**	۰/۱۸۵ (۰/۰۹۴)*	۰/۲۳۰ (۰/۰۹۴)**
NT	۰/۱۶۵ (۰/۰۲۹)***	۰/۲۱۳ (۰/۰۲۹)***	۰/۱۵۹ (۰/۰۲۹)***
ET	۰/۰۳۱ (۰/۰۲۷)	۰/۰۱۶ (۰/۰۲۷)	۰/۰۲۳ (۰/۰۲۸)

Indu	-۰/۳۸۹ (۰/۰۴۵) * * *	-۰/۴۷۶ (۰/۰۴۶) * * *	-۰/۴۱۲ (۰/۰۴۷) * * *
Univ	۰/۳۶۲ (۰/۰۳۳) * * *	۰/۴۱۸ (۰/۰۳۴) * * *	۰/۳۳۴ (۰/۰۳۵) * * *
Gov	-۰/۱۱۱ (۰/۰۳۷) * * *	-۰/۰۶۶ (۰/۰۳۶) *	-۰/۱۲۱ (۰/۰۳۷) * * *
Indu-Univ	۰/۲۹۷ (۰/۰۳۰) * * *	۰/۲۷۹ (۰/۰۳۲) * * *	۰/۲۷۷ (۰/۰۳۲) * * *
Univ-Gov	۰/۴۱۰ (۰/۰۳۸) * * *	۰/۴۶۸ (۰/۰۳۸) * * *	۰/۴۰۶ (۰/۰۳۸) * * *
Indu-Gov	-۰/۲۸۴ (۰/۰۴۲) * * *	-۰/۳۰۷ (۰/۰۴۲) * * *	-۰/۲۸۹ (۰/۰۴۲) * * *
Year dummy	لحاظ شده است	لحاظ شده است	لحاظ شده است
_cons	-۱/۰۰۰ (۰/۰۴۷) * * *	-۱/۲۳۰ (۰/۰۶۶) * * *	(۰/۰۷۲) * * * -۰/۹۲۴
Number of obs.	۵۱۸۳۷	۵۱۸۳۷	۵۱۸۳۷

در رابطه با زمینه تخصیص منابع تحقیق و توسعه، نتایج حاصل، فرضیه چهارم را تأیید کرده ولی با فرضیه سوم مغایرت دارند: ضرایب متغیر RND\_Period در مشخصه‌های ۲ و ۳ در سطح ۱۰ درصد چشمگیر بوده و علامت مثبت دارند. اما ضرایب متغیر RND\_Budget در هر دو مشخصه ۲ و ۳ در سطح ۱ درصد چشمگیر بوده و علامت منفی دارند که فرضیه سوم را تأیید نمی‌کند. به عبارت دیگر، میزان بودجه فرایندهای تحقیق و توسعه، با احتمال تولید فناوری‌های همگرا رابطه معکوس داشته و مدت زمان فعالیت‌های تحقیق و توسعه، با این احتمال رابطه مستقیم دارد.

متغیرهای مربوط به شش حوزه متمایز فناوری، ماهیت کنجکاوکننده همگرایی فناوری‌ها را نشان می‌دهند. در مقایسه با گروه مینا (گروه فناوری‌های متفرقه)، احتمال حضور زیست‌فناوری و فناوری اطلاعات در همگرایی فناوری‌ها اندک است. در حالی که این احتمال برای نانوفناوری و فناوری فرهنگی نسبت به فناوری‌های متفرقه، بیشتر می‌باشد. به این ترتیب، با ترکیب این نتایج می‌توان نظریه‌ای به این صورت ارائه کرد که احتمال اینکه فعالیت‌های تحقیق و توسعه انجام شده در حوزه‌های نانوفناوری و فناوری فرهنگی، منجر به همگرایی فناوری‌ها شوند، بیشتر از حوزه‌های زیست‌فناوری و فناوری اطلاعات می‌باشد.

تخمین ضرایب مربوط به متغیرهای سازمانی نیز اهمیت دانشگاه‌ها را در همگرایی فناوری‌ها نشان می‌دهند. در مقایسه با گروه مینا (Indu-Univ-Gov)، هر متغیری که مستقل از دانشگاه است (Indu، Gov و Indu-Gov)، در تمامی مشخصه‌ها در سطح ۱ درصد نامحسوس می‌باشد. اما الگوی مشابهی در رابطه با مؤسسات تحقیقاتی دولتی مشاهده نمی‌شود: Gov در تمام مشخصه‌ها در سطح ۱ درصد نامحسوس است.

به طور خلاصه می‌توان گفت، همگرایی فناوری‌ها احتمالاً زمانی رخ می‌دهد که (۱) سطح آمادگی فناوری پایین باشد، (۲) فناوری در مراحل ابتدایی چرخه عمر خود باشد، (۳) بودجه تحقیق و توسعه پایین باشد و یا (۴) مدت زمان فعالیت‌های تحقیق و توسعه طولانی باشد.

## ۵. بحث و نتیجه گیری

### ۵-۱. بحث در زمینه تأثیرات سیاست

این مطالعه چارچوبی متشکل از چندین بافت مختلف در زمینه فنی و تخصیص منابع تحقیق و توسعه بوده و این پرسش را پاسخ می‌دهد: نیروی محرک همگرایی فناوری‌ها چیست؟

ما بر اساس تحلیل‌های چندگانه انجام‌شده بر روی حوزه‌های فنی مختلف، از غنی‌ترین و بدیع‌ترین بانک اطلاعاتی که از بررسی تک‌تک برنامه‌های توسعه و تحقیق موردحمایت دولت در کره جنوبی از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۹ به دست آمده‌است، استفاده کردیم. در حالت کلی، نتایج تجربی ذکرشده در بالا، چارچوب چندبافتی ما برای ارائه فرضیه‌ها را به‌استثنای توضیحات و فرضیه‌های مرتبط با میزان بودجه، تا حد زیادی حمایت می‌کند. یک روش مفید برای ارائه خلاصه‌ای از یافته‌های ما، بحث در زمینه تأثیرات آن‌ها در افزایش فرصت‌های موجود برای توسعه همگرایی فناوری‌ها و نیز نقش فعالیت‌های سیاسی برای تسریع این فرایند است. در این رابطه، تحلیل‌ها و بررسی‌های ما، نتایج زیر را به همراه داشته است.

اولاً، همان‌طور که نقش سطح آمادگی فناوری و مرحله چرخه عمر فناوری در احتمال وقوع همگرایی فناوری‌ها مشخص شد، همگرایی فناوری‌ها در بافتی متشکل از هزینه‌ها و سودهای احتمالی رخ می‌دهد. بنابراین، سیاست‌های سودمند جهت ارتقای همگرایی فناوری‌ها می‌بایست با هدف کاهش هزینه‌ها و افزایش سودها تنظیم شوند.

به‌عنوان مثال، شبکه‌های مؤسساتی پیشرفته و مدل‌های جدید تأمین هزینه‌ها و ارزیابی معیارها، ابزارهای مدیریتی-سیاسی مؤثری جهت ارتقای همگرایی فناوری‌ها خواهند بود. به‌ویژه، شبکه‌بندی برخاسته از همگرایی، می‌تواند هزینه‌های معاملاتی را از طریق برقراری ارتباط قدرتمند میان حوزه‌های علمی-فنی مختلف، کاهش دهد. سازمان‌های دولتی و نیمه‌دولتی نظیر آژانس‌های تأمین بودجه می‌توانند نشست‌هایی برگزار کرده و امکان درک دیگر رشته‌ها و برقراری ارتباط با آن‌ها را برای محققان فراهم آورند. البته برخی از افراد با توجه به غیاب نتایج بارز، نسبت به اینگونه فعالیت‌های شبکه‌ای و گروهی تردید دارند. در پاسخ به این تردید، ما معتقدیم که چنین فعالیت‌های شبکه‌ای قادرند فواصل ادراکی و شناختی را کاهش داده و احتمالاً هزینه همگرایی فناوری‌ها را در سطح اجتماعی تقلیل بخشند.

یکی دیگر از یافته‌های این مطالعه این است که مقدار بودجه و بازه زمانی تأمین آن، احتمال وقوع همگرایی فناوری‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. عقیده رایج این است که بودجه بزرگ‌مقیاس، محققان را قادر می‌سازد تا به حوزه‌های فنی بیشتری دسترسی پیدا کنند. اما نتایج حاصل از مطالعه ما خلاف این عقیده بوده و نشان می‌دهد که زیاد بودن بودجه، محیط همگرایی فناوری‌ها را دشوار می‌کند. این تأثیر منفی میزان بودجه بر همگرایی فناوری‌ها، یکی از جنبه‌های منفی وفور منابع تحقیق و توسعه را روشن می‌سازد: منبع زمانی، تأثیری

مثبت در احتمال تولید همگرایی فناوری‌ها دارد، در حالیکه منابع مالی، در این زمینه تأثیر منفی دارند. از یکی از علل این امر می‌توان به انتظارات بسیار واحدهای حامی و تغییرات ایجاد شده در فعالیتهای واحدهای تحقیق و توسعه متناسب با این انتظارات اشاره کرد. میزان بودجه اختصاص یافته به یک پروژه، عموماً معیاری از میزان اهمیت آن محسوب می‌شود و میزان تعهد مدیران در قبال پروژه‌های متمایز دارای بودجه، با میزان اهمیت آن رابطه مستقیم دارد. در نتیجه، آن دسته از فعالیتهای تحقیق و توسعه که سازمان‌های دولتی به میزان قابل توجهی در آن‌ها سرمایه‌گذاری می‌کنند، عموماً به مأموریت‌های دقیق و سرسخت با اهداف راهبردی مبدل می‌شوند. در حالیکه دیگر فعالیتهای عموماً ناگهانی بوده و مسیر حرکت آن به سوی تشویق خلاقیت و فعالیتهای گروهی و شبکه‌ای متمایل است.

تبادل دانش و اطلاعات ضروری میان حوزه‌های علمی-فنی مختلف، برای مدیریت موفقیت‌آمیز نوآوری، شبکه‌بندی و جهت‌گیری خلاقانه پروژه‌های تحقیق و توسعه، امری حیاتی می‌باشد. چنین پروژه‌هایی به بودجه اندکی نیاز داشته و توسعه فناوری‌های همگرا نیز توسط آن‌ها ساده‌تر است. به عبارت دیگر، آن دسته از پروژه‌های تحقیق و توسعه که بودجه قابل توجهی به آن‌ها اختصاص یافته و تحت شرایط بسیار دقیق و سختگیرانه انجام می‌شوند، احتمال گسترش مرزهای حوزه‌های فنی را از بین می‌برند. در واقع، مطالعات در زمینه همگرایی علمی نیز فرضیه مشابهی دارند: محققان در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی کوچک، تمایل بیشتری به فعالیت در حوزه‌های تحقیقاتی مختلف دارند، در حالیکه محققان در آزمایشگاه‌های بزرگ عموماً بر روی زمینه‌های محدودی تمرکز می‌کنند.

این نتایج نشان می‌دهند که در صورتی که واحدهای دولتی جهت افزایش نرخ نوآوری، بازه زمانی فعالیتهای تحقیق و توسعه را کاهش دهند، چه اتفاقی رخ خواهد داد. این واحدها تمایل دارند تا سرعت تحقیق و توسعه را به نام بهبود راندمان، افزایش دهند و بر این امیدند تا از این رهگذر، سود اقتصادی بیشتری کسب کنند. ولی در بلندمدت، کاهش بازه زمانی تحقیق و توسعه، احتمال همگرایی فناوری‌ها را که سرچشمه احتمالی رقابت‌های آینده می‌باشد، کاهش می‌دهد. به طور مشابه، در یک بازه زمانی مشخص، منابع مالی وافر میزان نتایج حاصل از فعالیتهای تحقیق و توسعه را افزایش داده ولی وقوع همگرایی فناوری‌ها را با مشکل مواجه می‌کند. بنابراین مدیران و سیاست‌گذاران دخیل در پرورش و شکوفایی همگرایی فناوری‌ها می‌بایست میان نتایج بلندمدت و کوتاه‌مدت حاصل از فعالیتهای خود برای مدیریت منابع، تعادلی در نظر بگیرند.

یک سیاست‌گذار یا مدیر، چگونه می‌بایست با این رابطه متناقض برخورد کند؟ یک راه‌حل برای جبران اثرات منفی تأمین بودجه، بنیان‌گذاری برنامه‌های تحقیق و توسعه‌ای در راستای همگرایی فناوری‌ها در مقیاس بزرگ می‌باشد. تأثیر چنین برنامه‌هایی احتمالاً اندک خواهد بود، زیرا حوزه فعالیت چنین برنامه‌هایی در نهایت محدود خواهد شد و برنامه‌های تحقیق و توسعه عمومی، غالب خواهند بود. سیاست مناسب به‌عنوان راه‌حلی دائمی، بهبود سیستم‌های نوآوری و کاهش موانع موجود بر سر راه نوآوری در همگرایی فناوری‌ها می‌باشد. تکامل درونی یک سیستم، نه تنها ظرفیت و بازده تولید دانش سیستم، بلکه احتمال گسترش مرزهای



فعالیت‌های خلاقانه را نیز افزایش می‌دهد.

در رابطه با تفاوت‌های موجود میان حوزه‌های فنی مختلف، نتایج به‌دست آمده، باور رایج در زمینه نانوفناوری را تأیید می‌کند. عقیده رایج این است که "فناوری ساخت" است که در صورت همگرا شدن با فناوری‌های دیگر حوزه‌ها، منجر به کشف راه‌های ساخت جدید و کاربردهای بدیع می‌شود. اینگونه به نظر می‌رسد که فناوری فرهنگی نیز رابطه مثبتی با همگرایی فناوری‌ها دارد، در حالیکه زیست‌فناوری و فناوری اطلاعات، رابطه‌ای منفی دارند. این نتایج با باور رایج در رابطه با فناوری اطلاعات به‌عنوان "توانمندساز"، همخوانی ندارد. ولی با این وجود، اثبات اعتبار این حدسیات به جستجو و تفحص بیشتری نیاز دارد. این نتایج، احتمال وقوع همگرایی فناوری‌ها را گزارش می‌کنند، نه فرکانس وقوع آن را. مهمتر از همه، نباید احتمال وقوع نمونه‌های خاص را به کلی نادیده بگیریم. احتمال به‌سادگی با تغییر گرایش و روند فنی، تغییر می‌کند.

در زمینه تفاوت‌های سازمانی، به‌سادگی می‌توان پنداشت که دانشگاه‌ها و مؤسسات تحقیقاتی دولتی با توجه به عامی‌تشان، ویژگی‌های مشترک بسیاری دارند. اما نتایج حاکی از آن هستند که این دو مؤسسه، تفاوت‌های چشمگیری در زمینه گرایش برای توسعه فناوری‌های همگرا دارند. با این وجود، استدلالی عمیق در این زمینه، به درکی عمیق از تفاوت‌های موجود میان بافت‌های سازمانی مختلف نیاز دارد.

## ۵-۲. محدودیت‌ها و تحقیقات آینده

این مطالعه تحقیقاتی، محدودیت‌هایی دارد. اولاً بانک اطلاعاتی بدیع و منحصربه‌فرد استفاده‌شده در این مطالعه، دید محدودی داشته و تنها داده‌های مربوط به فناوری‌های همگرای حاصل از مجموعه‌ای از پروژه‌های تحقیق و توسعه در حوزه‌های فنی متمایز را در اختیار ما قرار می‌دهد. درحالی‌که احتمال همگرایی فناوری‌ها از طریق تنها یک پروژه تحقیقاتی نیز وجود داشته و می‌تواند به‌شکل پتنت نیز در آید. البته دانش فنی می‌تواند در دیگر محیط‌ها نیز ظاهر شده و از طریق تجمع فناوری‌های مرتبط موجود، تکامل یابد. بنابراین رویکردهای متنوعی (مشابه مطالعات انجام‌شده در زمینه همگرایی علمی) می‌بایست در پی این مطالعه انجام شده و صحت یافته‌های ما را تأیید کنند. ثانیاً با وجود اینکه بانک اطلاعاتی مورد استفاده ما، تمامی پروژه‌های تحقیق و توسعه مورد حمایت دولت در طول یک دهه را پوشش می‌دهد، اما این بانک اطلاعاتی، قادر به نمایش فعالیت‌های فاقد حمایت دولتی (برای مثال، برنامه‌های تحقیق و توسعه مستقل و بخش خصوصی) نمی‌باشد. تحلیل‌ها ممکن است با توجه به انگیزه‌های یک شرکت برای شرکت در برنامه‌های تحقیق و توسعه مورد حمایت دولت، تحریف شوند. به‌علاوه، هر چند که شناساگرهای ما برای سنجش همگرایی، از پروژه‌های تحقیق و توسعه مورد حمایت دولت سرچشمه گرفته و اطلاعاتی را در زمینه ظهور همگرایی فناوری‌ها فراهم می‌کنند، اما این شناساگرها قادر به ارائه تصویر قاطع و مسلمی از ماهیت همگرایی فناوری‌ها که در بخش خصوصی رخ می‌دهند، نمی‌باشند. در پایان، ویژگی‌های منطقه‌ای می‌توانند عوامل تعیین‌کننده را تحت‌تأثیر قرار داده و نتایج مطالعه را تغییر دهند. کره جنوبی، چهارمین کشور در زمینه تولید پتنت‌ها در سراسر جهان بوده و حاوی

صنایع قدرتمندی است که از نزدیک در دارایی‌های معنوی و فکری ( نظیر فناوری اطلاعات و صنایع سازنده) سهیم می‌باشند. ولی با این وجود، تعمیم یافته‌های ما از پدیده‌های منطقه‌ای به پدیده‌های جهانی، به شواهدی از دیگر مناطق نیازمند است. به‌عنوان مثال، اختلافات ملیتی در قوانین مربوط به منع همگرایی در سطح صنعتی و یا فنی، نقش مهمی در شکوفایی همگرایی فناوری‌ها ایفا می‌کند. چنین مسائلی داده‌محوری، در زمینه یافته منحصر به فرد این مطالعه یعنی رابطه معکوس میان منابع مالی موجود برای فعالیت‌های تحقیق و توسعه و احتمال تولید فناوری‌های همگرا نیز تردید ایجاد می‌کند. با وجود اینکه در این تحلیل از ۵۰,۰۰۰ پتنت مختلف استفاده شده‌است، اما زمینه نظری این رابطه همچنان توسط مطالب منتشرشده گذشته درک نشده و توسط دیگر مطالعات تجربی نیز حمایت نشده‌است. بنابراین، این رابطه یک رابطه مسلم نبوده و می‌بایست جهت کلیت یافتن در مطالعات آینده بررسی شود.

این مطالعه می‌تواند مسیرهای معینی را برای تحقیقات آینده پیشنهاد دهد. اولاً، سود اقتصادی واقعی حاصل از همگرایی فناوری‌ها را می‌توان مورد مطالعه قرار داد. مطالعات انجام‌شده در زمینه همگرایی علوم، در راستای سنجش مزایای مشارکت‌های علمی، از روش تحلیل استنادی بهره گرفته‌اند. به‌طور مشابه، ارزیابی و تحلیل استنادی کیفیت پتنت‌ها می‌تواند درک ما را از ماهیت همگرایی فناوری‌ها و راهبردهای واحدهای توسعه و تحقیق گسترش دهد. ثانیاً، فناوری‌ها مکمل یکدیگر هستند و نمایش کامل و تجربی این ویژگی آن‌ها می‌تواند موضوع یکی از مطالعات بعدی باشد. در پایان، همان‌طور که در بخش محدودیت‌های این مطالعه ذکر شد، می‌بایست مطالعه‌ای مشابه با استفاده از داده‌های کلی‌تر انجام شود تا کلیت مطالعه ما را تقویت کند. این داده‌های کلی باید در مناطق مختلف و از رویکردهای متنوع برای همگرایی فناوری‌ها حاصل شوند.

#### منبع:

Seongkyoon Jeong, Sungki Lee, "What drives technology convergence? Exploring the influence of technological and resource allocation contexts", *Journal of Engineering and Technology Management*, Vol. 36, pp. 78-96, 2015

## پی‌نوشت

- 
- <sup>۱</sup> Multi-assigned R&D domains
  - <sup>۲</sup> National Science Foundation (NSF)
  - <sup>۳</sup> Nano-Bio-Information-Cognitive technologies (NBIC)
  - <sup>۴</sup> European Commission
  - <sup>۵</sup> Technology fusion
  - <sup>۶</sup> Interdisciplinarity
  - <sup>۷</sup> Science convergence
  - <sup>۸</sup> Technology convergence
  - <sup>۹</sup> Industry convergence
  - <sup>۱۰</sup> National Science and Technology Information Service (NTIS)
  - <sup>۱۱</sup> Korean Intellectual Property Office (KIPO)
  - <sup>۱۲</sup> multi-assignment
  - <sup>۱۳</sup> International Patent Classification (IPC)
  - <sup>۱۴</sup> National Science and Technology Standard Taxonomic System
  - <sup>۱۵</sup> National Science Foundation
  - <sup>۱۶</sup> Humanities
  - <sup>۱۷</sup> Environment-Technology (ET)
  - <sup>۱۸</sup> Office of Science and Technology Innovation
  - <sup>۱۹</sup> Energy-technology (ET)
  - <sup>۲۰</sup> Space-technology (ST)
  - <sup>۲۱</sup> Culture-technology (CT)
- برخلاف دیگر حوزه‌های فنی، فناوری فرهنگی تعریف رایجی نداشته و به‌ندرت در دیگر ملت‌ها استفاده می‌شود. این فناوری را می‌توان به‌صورت فناوری‌های توسعه یافته برای مسائل فرهنگی نظیر واقعیت مجازی، ارتباطات سایبری و مضامین چند رسانه‌ای تعریف کرد.
- <sup>۲۲</sup> مدل پروبیت توسط نرم‌افزار STATA 12 تخمین زده شده‌است.
- <sup>۲۳</sup> Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)
- <sup>۲۴</sup> از مارس ۲۰۱۲، هر یک میلیون وون کره جنوبی تقریباً معادل با ۸۸۴/۱۷ دلار آمریکا می‌باشد.
- <sup>۲۵</sup> standard deviations
  - <sup>۲۶</sup> Variance Inflation Factors (VIFs)