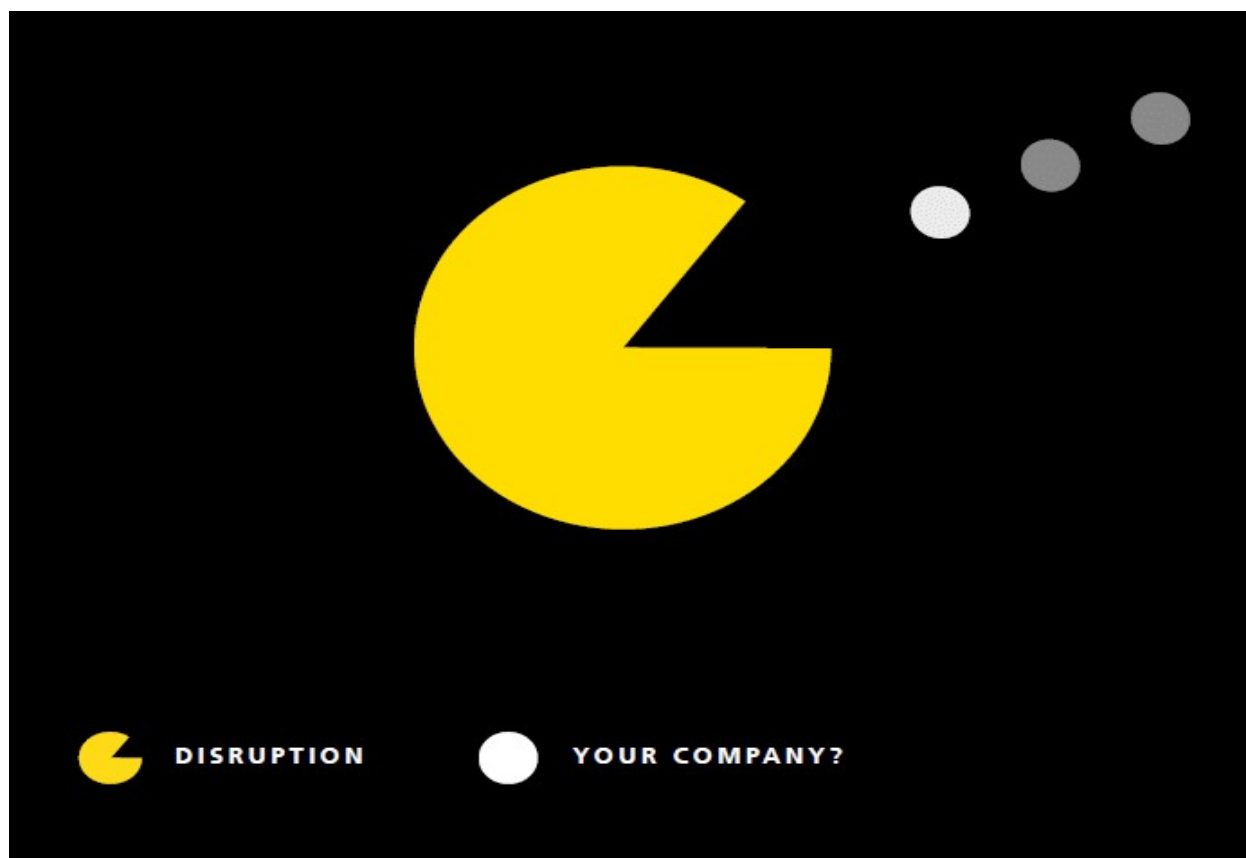




عنوان پروژه:

بررسی روش‌های پیش‌بینی فناوری‌های برهم‌زننده با داده‌های ثبت اختراع

کارفرما:

کانون پتنت ایرن

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

مجری:

مریم لطفی زاده

خرداد ۱۴۰۱

فهرست مطالب

فصل اول: تعاریف و مفاهیم ۴

۱-۱- مقدمه‌ای بر پیش‌بینی فناوری؛ تعریف، تاریخچه و روش‌ها ۵

۱-۱-۱- تعریف ۵

۱-۱-۲- گام‌های پیش‌بینی فناوری ۵

۱-۱-۳- داده‌های مورد استفاده در پیش‌بینی فناوری ۶

۱-۱-۴- روش‌های پیش‌بینی ۷

۱-۱-۵- چارچوب زمانی برای پیش‌بینی فناوری ۹

۱-۲- فناوری برهم‌زننده؛ تعریف، مفاهیم و معیارها ۱۱

۱-۲-۱- تعریف فناوری برهم‌زننده و مفاهیم مربوطه ۱۱

۱-۲-۲- جایگاه فناوری برهم‌زننده در فرآیند برهم‌زندگی ۱۵

۱-۲-۳- ویژگی‌های فناوری‌های برهم‌زننده ۱۸

۱-۲-۴- دسته‌بندی فناوری‌های برهم‌زننده ۲۰

۱-۳- جایگاه استفاده از داده‌های پتنت در پیش‌بینی فناوری‌های برهم‌زننده ۲۲

فصل دوم: روش‌های پیش‌بینی فناوری‌های برهم‌زننده با داده‌های ثبت اختراع ۲۷

۲-۱- مقدمه ۲۸

۲-۲- جعبه ابزار پیشنهادی دفتر مالکیت فکری انگلیس ۳۲

۲-۳- روش مبتنی بر مسیر توسعه ثبت اختراع و مدلسازی موضوعی ۳۹

۲-۴- مدل پیش‌بینی پتانسیل برهم‌زندگی فناوری با مدل همه‌گیری SIRS ۴۶

۲-۵- پیش‌بینی فناوری برهم‌زننده بر پایه چرخه هایپ گارتنر با استفاده از روش یادگیری ماشینی ۵۰

۲-۶- پیش‌بینی فناوری‌های برهم‌زننده بر پایه شناسایی فناوری‌های مرزی و فناوری‌های شکافنده ۵۵

۲-۷- شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده بر پایه منابع و شاخص‌های چندگانه ۶۴

۲-۸- شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده بر پایه اطلاعات‌کاوی علمی و فناوریانه و نظر خبرگان ۷۴

۲-۹- نفوذ فناوری برهم‌زننده براساس پژوهش دفتر ملی پژوهش اقتصادی ایالات متحده امریکا ۸۳

۲-۱۰- جمع‌بندی ۸۷

پیوست‌ها ۹۰

پیوست ۱؛ ابهام در مفهوم نوآوری برهم‌زننده ۹۱

پیوست ۲؛ لیست برخی از فناوری‌های برهم‌زننده معرفی شده توسط کریستنسن ۹۳

پیوست ۳؛ جمع‌بندی پژوهش‌های انجام شده برای پیش‌بینی فناوری‌های برهم‌زننده ۹۵

منابع ۹۷

فصل اول

تعاریف و مفاهیم

۱-۱- مقدمه‌ای بر پیش‌بینی فناوری؛ تعریف، تاریخچه و روش‌ها

۱-۱-۱- تعریف

پیش‌بینی فناوری عبارت است از پیش‌بینی اختراع، زمان‌بندی، ویژگی‌ها، ابعاد، عملکرد یا سرعت انتشار یک ماشین، ماده، تکنیک یا فرآیند که در خدمت اهداف مفیدی باشد. پیش‌بینی فناوری بیش از یک قرن به یک شکل وجود داشته است، اما بعد از جنگ جهانی دوم بود که به عنوان یک رشته ساختار یافته شروع به تکامل کرد. انگیزه این تحول، تمایل دولت ایالت متحده آمریکا برای شناسایی حوزه‌های فناوری بود که اهمیت نظامی قابل توجهی داشتند. کما اینکه ادبیات پیش‌بینی فناوری به معنای امروزی آن، پس از جنگ جهانی دوم رایج شده است. در اواخر دهه ۱۹۴۰، شرکت رند^۱ به منظور کمک به نیروی هوایی در زمینه‌های مختلف از جمله پیش‌بینی فناوری تاسیس شد. این شرکت در سال‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰، روش دلفی را توسعه داد. در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰، استفاده از پیش‌بینی فناوری در بخش خصوصی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. در سال‌های بعد، ظهور سخت‌افزار و نرم‌افزارهای رایانه‌ای قوی‌تر، پردازش مجموعه داده‌های بزرگ‌تر را امکان‌پذیر کرد و استفاده از روش‌های پیش‌بینی را که بر تجزیه و تحلیل داده‌ها متکی هستند، تسهیل کرد. از طرفی توسعه اینترنت و شبکه به طور کلی، میزان داده‌های در دسترس برای متخصصان پیش‌بینی را افزایش داده و سهولت دسترسی به این داده‌ها را بهبود بخشیده است [1].

۱-۱-۲- گام‌های پیش‌بینی فناوری

به طور کلی، پیش‌برد پیش‌بینی فناوری را می‌توان به سه گام اساسی تقسیم کرد [1]:

۱- چارچوب بندی مساله و تعریف نتیجه مطلوب مورد انتظار از پیش‌بینی

۲- جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش‌های مختلف

¹ RAND Corporation

۳- تفسیر نتایج، جمع‌بندی نهایی و ارائه پیش‌بینی با استفاده از اطلاعات موجود

۱-۳-۱- داده‌های مورد استفاده در پیش‌بینی فناوری

داده‌های مورد استفاده در پیش‌بینی فناوری را می‌توان به دو دسته کلی ۱- آماری و ۲- کارشناسی تقسیم کرد [1].

در مورد هر کدام از این دو دسته داده، معیارهایی وجود دارد که توجه به آن‌ها برای حاصل شدن یک پیش‌بینی دقیق و صحیح الزامی است.

برای داده‌های به دست آمده از نظر کارشناسان، معیارها به شرح زیر است:

صلاحیت کارشناسان^۲؛ کارشناسان باید به دقت انتخاب شوند تا بر اساس دانش خود در زمینه مرتبط با پیش‌بینی، ورودی‌های درستی برای پیش‌بینی ارائه دهند. لازم به ذکر است که برخی از بهترین کارشناسان ممکن است کسانی نباشند که تخصص یا اعتبار آن‌ها به خوبی تبلیغ می‌شود.

جانب‌داری^۳؛ نظرات کارشناسی ممکن است دارای سوگیری باشند.

تعادل^۴؛ طیفی از تخصص‌ها برای ارائه دیدگاه‌های مختلف و در صورت لزوم چند رشته‌ای و بین فرهنگی ضروری است.

معیارهایی که باید در مورد داده‌های آماری، در نظر گرفته شوند، به شرح زیر است:

جاری بودن داده‌ها^۵؛ آیا داده‌ها از نظر زمانی با دامنه و نوع پیش‌بینی مطابقت دارند؟ داده‌های تاریخی^۶ برای بسیاری از پیش‌بینی‌ها ارزشمند هستند، اما باید مراقب بود که داده‌ها به اندازه کافی جاری باشند، این مساله به

² Qualifications of the experts

³ Bias

⁴ Balance

⁵ Currency

⁶ Historical data

ویژه در مورد پیش‌بینی در بخش‌های پویا مانند فناوری اطلاعات، اهمیت دارد.

کامل بودن^۷؛ آیا داده‌ها به اندازه کافی کامل هستند که کارشناسان پیش‌بینی، تمام اطلاعات مربوط به یک پیش‌بینی آگاهانه را در نظر بگیرند.

سوگیری بالقوه^۸؛ سوگیری یک مساله رایج است و باید دقت کرد که داده‌ها چگونه تولید می‌شوند و اینکه چه سوگیری‌هایی ممکن است وجود داشته باشد، درک کرد. به عنوان مثال، هنگام جمع‌آوری داده‌های ارائه شده توسط منابعی که علاقه خاصی به تفسیر داده‌ها دارند، می‌توان انتظار سوگیری داشت.

روش جمع‌آوری داده‌ها^۹؛ روش مورد استفاده برای جمع‌آوری داده‌ها می‌تواند بر محتوا تاثیر بگذارد. به عنوان مثال، تغییرات ظریف در جمله‌بندی سوالات در نظرسنجی‌ها ممکن است نتایج متفاوتی ایجاد کند.

ارتباط^{۱۰}؛ آیا یک بخش مشخص از داده‌ها بر نتیجه پیش‌بینی تاثیر دارد؟ اگر نه، نباید در آن گنجانده شود. به این معنی که فقط داده‌های مرتبط و مؤثر بر نتیجه پیش‌بینی باید در نظر گرفته شوند.

۱-۴-۱ روش‌های پیش‌بینی

روش‌های پیش‌بینی چهار نوع هستند [1]:

۱- روش‌های قضاوتی یا شهودی^{۱۱}؛ روش دلفی در این دسته قرار دارد

۲- برون‌یابی و تحلیل روند^{۱۲}

۳- مدل‌ها^{۱۳}

⁷ Completeness

⁸ Potential bias

⁹ Gathering technique

¹⁰ Relevancy

¹¹ Judgmental or intuitive methods

¹² Extrapolation and trend analysis

¹³ Models

۴- سناریوها و شبیه‌سازی‌ها^{۱۴}

در مقالات مربوط به پیش‌بینی فناوری با استفاده از داده‌های پتنت، بیشتر با دو روش برون‌یابی و تحلیل روند و مدل‌سازی روبرو هستیم. اگرچه در تعداد قابل توجهی از مقالات، استفاده از تلفیقی از دو یا حتی چند روش دیده می‌شود. به عنوان مثال استفاده از روش‌های قضاوتی و شهودی در کنار روش‌های مبتنی بر برون‌یابی و تحلیل روند رایج است.

روش‌های برون‌یابی و تحلیل روند

برون‌یابی و تحلیل روند به داده‌های تاریخی برای دستیابی به بینش در مورد تحولات آینده متکی است. این نوع پیش‌بینی فرض می‌کند که آینده نشان‌دهنده گسترش منطقی گذشته است و می‌توان با شناسایی و برون‌یابی روندهای مناسب از داده‌های موجود، آینده را پیش‌بینی کرد. با استفاده از این پیش‌فرض می‌توان پیش‌بینی را به چهار روش برون‌یابی روند^{۱۵}، تجزیه و تحلیل جایگزینی^{۱۶}، قیاس^{۱۷} و تجزیه و تحلیل مورفولوژیکی^{۱۸} انجام داد. همچنین یکی از معروف‌ترین روش‌های تجزیه و تحلیل جایگزینی، تجزیه و تحلیل جایگزینی گومپرتز و فیشر-پری^{۱۹} است. تجزیه و تحلیل گومپرتز و فیشر-پری بر اساس این مشاهدات است که فناوری‌های جدید در حین استقرار، توسعه و رسیدن به بلوغ یا اشباع بازار، تمایل به پیروی از یک روند خاص دارند. این روند را منحنی رشد یا منحنی S شکل می‌نامند. تحلیل‌های گومپرتز و فیشر-پری دو تکنیک مناسب برای تطبیق روندهای تاریخی برای پیش‌بینی، از جمله، زمانی که محصولات به بلوغ نزدیک می‌شوند و احتمالاً با فناوری جدید جایگزین می‌شوند. قابل ذکر است که روش پرکاربرد TRIZ نیز در دسته تجزیه و تحلیل مورفولوژیکی قرار می‌گیرد.

¹⁴ Scenarios and simulations

¹⁵ Trend extrapolation

¹⁶ Substitution analysis

¹⁷ Analogies

¹⁸ Morphological analysis

¹⁹ Gompertz and Fisher-Pry Substitution Analysis

مدل سازی

کلمنت وانگ و همکارانش در سال ۱۹۹۹ پیشنهاد می کنند که یک رابطه قوی بین نظریه آشوب و تکامل فناوری وجود دارد. آن ها ادعا می کنند که تکامل فناوری را می توان به عنوان یک فرآیند غیرخطی مدل کرد که دارای دو شاخه، هرج و مرج گذرا و حالت منظم است. آنچه تئوری آشوب، به ویژه از طریق الگوهای دوشاخه بر آن تاکید می کند، این است که عملکرد آینده یک سیستم، اغلب از یک الگوی پیچیده و تکراری پیروی می کند تا یک فرآیند خطی. آن ها همچنین ادعا می کنند که تکنیک های پیش بینی سنتی عمدتاً شکست می خورند زیرا بر پایه این فرض هستند که ساختار منطقی وجود دارد که به موجب آن می توان گذشته را به آینده تعمیم داد. به عبارتی ساده تر، روش های موجود برای پیش بینی فناوری در مواجهه با دنیای پرتلاطم واقعی بسیار آسیب پذیر هستند. بر اساس این مفهوم، روش های مبتنی بر این نظریه و بخصوص روش های مبتنی بر هوش مصنوعی بهترین گزینه ها برای پیش بینی فناوری های برهم زننده به دلیل ماهیت غیرخطی این فناوری ها، هستند.

۱-۱-۵- چارچوب زمانی برای پیش بینی فناوری

درک این نکته مهم است که چارچوب زمانی یک پیش بینی^{۲۰} به نوع فناوری و همچنین به افق برنامه ریزی تصمیم گیرنده بستگی دارد. به عنوان مثال، تصمیم گیری در زمینه نرم افزار به دلیل سرعت توسعه آن و چرخه عمر کوتاه آن، باید بسیار سریعتر از تصمیم گیری در مورد تحقیقات ژنتیکی کشاورزی انجام شود. همچنین به طور کلی، هرچه بازه زمانی تحت پوشش یک پیش بینی فناوری طولانی تر باشد، پیش بینی نامطمئن تر است.

پیش بینی های کوتاه مدت^{۲۱}؛ پیش بینی های کوتاه مدت، پیش بینی هایی هستند که روی آینده نزدیک (در عرض ۵ سال از زمان حال) تمرکز می کنند تا بر اساس تصویری نسبتاً واضح از فناوری های موجود، درک درستی از آینده نزدیک به دست آورند. اکثر عناصر زیربنایی حیاتی درک شده اند و در بخش بزرگی از موارد این پیش بینی ها از

²⁰ Time Frame for Technology Forecasts

²¹ Short-term forecasts

پیاده‌سازی^{۲۲} پشتیبانی می‌کنند. به عنوان مثال، تصمیم برای سرمایه گذاری در تاسیسات ساخت نیمه هادی مبتنی بر درک روشنی از فناوری‌های موجود در یک بازه زمانی کوتاه است [1].

پیش‌بینی‌های میان مدت^{۲۳}؛ پیش‌بینی‌های میان مدت برای آینده میان مدت (معمولاً در عرض ۵ تا ۱۰ سال از زمان حال) است و می‌توان آن‌ها را، هر چند با برخی شکاف‌های اطلاعاتی، با استفاده از یک دانش نسبتاً خوب از روندهای فناوری، شرایط محیطی و محیط‌های رقابتی مشخص کرد. این پیش‌بینی‌ها ممکن است از برنامه‌های تحقیقاتی جاری ناشی شوند و می‌توانند برای درک سرمایه‌گذاری‌های جاری در تأسیسات تولیدی یا نتایج مورد انتظار از تلاش‌های کوتاه مدت تحقیق و توسعه در نظر گرفته شوند. مفروضات به دست آمده از درک محیط برای یک فناوری خاص را می‌توان در یک پیش‌بینی کمی برای صنعت ادغام کرد تا در ارزیابی درآمد و تصمیمات سرمایه گذاری استفاده شود [1].

پیش‌بینی‌های بلند مدت^{۲۴}؛ پیش‌بینی‌های بلند مدت، پیش‌بینی‌های آینده دور هستند. مشخصه آینده دور، عدم قطعیت زیاد در چگونگی تحول چشم‌اندازها، نشانه‌ها، رویدادها و احتمال پیشرفت‌های پیش‌بینی نشده در فناوری و کاربردهای آن است. این پیش‌بینی‌ها حیاتی هستند، زیرا سناریوهایی را برای کمک به چارچوب‌بندی تلاش‌ها و تصمیم‌های برنامه‌ریزی استراتژیک بلندمدت ارائه می‌کنند و می‌توانند به توسعه رویکرد پورتفولیو برای تخصیص منابع بلندمدت کمک کنند. در حالی که پیش‌بینی‌های بلندمدت طبیعتاً بسیار نامشخص هستند، به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کنند درباره آینده‌های بالقوه، انتخاب‌های استراتژیک و پیامدهای فناوری‌های برهم‌زننده فکر کنند [1].

²² Implementations

²³ Medium-term forecasts

²⁴ Long-term forecasts

۲-۱ فناوری برهم‌زننده؛ تعریف، مفاهیم و معیارها

۱-۲-۱ تعریف فناوری برهم‌زننده و مفاهیم مربوطه

مفهوم فناوری برهم‌زننده، برای اولین بار توسط استاد مدرسه کسب و کار هاروارد^{۲۵} (مدرسه عالی کسب و کار دانشگاه هاروارد)، کریس کلایتون کریستنسن^{۲۶} در مقاله “Disruptive Technologies: Catching the Wave” و کتاب “The innovator’s dilemma: when new technologies cause great firms to fail” مطرح شده است [2, 3]. تا قبل از سال ۱۹۹۷ که کریستنسن The Innovator’s Dilemma را منتشر کرد، تعداد مقالات حاصل از جستجو در گوگل اسکولار برای “فناوری‌های برهم‌زننده” و “نوآوری‌های برهم‌زننده” به ترتیب ۵۸ و ۵۱ مقاله بوده است. کتاب کریستنسن بحث‌های زیادی در مورد ماهیت برهم‌زندگی ایجاد کرد. تعداد مقالاتی که در مورد نوآوری‌های برهم‌زننده بحث می‌کنند، از سطح ده مقاله در سال در اواسط دهه نود به تقریباً ۳۰۰۰ مقاله در سال ۲۰۱۵ افزایش یافت. بدیهی است که کریستنسن توانست ماهیت یک ایده مهم را شناسایی و روشن کند [4].

مانند سایر نظریه‌های مدیریت، نظریه نوآوری برهم‌زننده با مشاهده‌ای آغاز شد که یک سوال پژوهشی را ایجاد کرد: این که در صنایع مختلف از کامپیوتر گرفته تا خرده فروشی تا فولاد، شرکت‌های پیشرو نتوانستند در بازارهای مربوط به خود مسلط باقی بمانند. این شرکت‌هایی که ظاهراً به خوبی مدیریت می‌شدند به طور گسترده توسط تحلیلگران و مطبوعات تجاری مورد تحسین قرار گرفتند، اما هر یک از آنها مورد مهمی را نادیده گرفتند که باعث افت آن‌ها شد. بیشتر تحلیل‌ها، پیچیدگی فناوری، درک مدیریتی ناقص و اینرسی سازمانی را مقصر می‌دانستند. اما مشاهدات اولیه یک چارچوب تفسیری و یک برنامه پژوهشی مرتبط را فراهم کرد که در پی آن بود تا روش متفاوتی برای کشمکش‌های شرکت‌های پیشرو در مواجهه با انواع خاصی از بازار و تغییرات فناوری ارائه دهد.

برای بررسی عوامل این شکست، کریستنسن (۱۹۹۷) ابتدا صنعت دیسک درایو را بررسی کرد. نتایج این مطالعه

²⁵ Harvard Business School

²⁶ Clayton Magleby Christensen

چند روشی نشان داد که وقتی نوآوری، عملکرد را در ابعادی که مشتریان از نظر تاریخی برای آن‌ها ارزش قائل بودند (مانند ظرفیت و تراکم ضبط درایوهای دیسک) بهبود بخشید، متصدیان فعلی تمایل به تجاری‌سازی و حفظ موقعیت خود در بازار داشتند. با این حال، زمانی که نوآوری، بهبود عملکرد را در مسیر ترجیحی مشتری همراه نداشت، بلکه مجموعه‌ای از ویژگی‌های منحصر به فرد را معرفی کرد (به عنوان مثال، کوچک، سبک وزن، محکم)، شرکت‌های تازه وارد توسعه را هدایت کردند در حالی که متصدیان فعلی دچار ضعف یا شکست شدند. این الگو به طور مداوم در چندین نسل فناوری و چرخه عمر محصول مشاهده شد.

کریستنسن (۱۹۹۷) از مطالعه خود در مورد صنعت دیسک درایو، شرحی از نوآوری برهم‌زننده را ارائه کرد که شامل سه جزء اصلی بود:

اولاً، در بسیاری از صنایع، سرعت پیشرفت فناوری از تقاضای مشتریان برای فناوری‌های با عملکرد بالاتر پیشی می‌گیرد. در نتیجه، شرکت‌های جا افتاده می‌توانند با تولید محصولات پیشرفته‌تر و با ویژگی‌های فراتر از نیاز مشتریان، بر بازار نظارت داشته باشند. انجام این کار باعث ایجاد شکافی در گوشه بازار بین نیازهای مشتریان و عملکرد ارائه شده توسط شرکت‌ها می‌شود، شکافی که فرصتی را برای بازیگران جدید فراهم می‌کند.

دوم، برای شرکت‌ها، یک تمایز حیاتی بین انواع مختلف نوآوری (در فناوری یا در مدل کسب و کار)، می‌تواند در یک صنعت ظهور کند. بیشتر آن‌ها نوآوری‌های پایداری هستند که محصولات و خدمات را از بعد عملکردی که مشتریان اصلی به آن اهمیت می‌دهند و بازارها از نظر تاریخی نیز برای آنها ارزش قائل بوده‌اند، بهبود می‌بخشد. چنین نوآوری‌هایی به شرکت‌های فعلی امکان می‌دهد تا محصولات بیشتری را به بهترین مشتریان فعلی خود با حاشیه سود بیشتر بفروشند. نوع نادرتر، یک نوآوری برهم‌زننده است. هنگامی که در ابتدا معرفی می‌شوند، نوآوری‌های برهم‌زننده نسبت به محصولات فعلی که از بعد عملکرد قابل قبول هستند، جایگاه پایین‌تری دارند، اما آن‌ها مجموعه جدیدی از ویژگی‌ها را ارائه می‌دهند که برای مشتریان حاشیه‌ای، به ویژه آن‌هایی که نزدیک به پایین‌ترین سطح بازار هستند، جذاب است. به عنوان مثال، آنها ممکن است کوچک‌تر، ارزان‌تر، در دسترس‌تر یا راحت‌تر

باشند.

سومین جزء مدل کریستنسن این بود که مشتریان موجود و مدل‌های سود تعیین شده، سرمایه‌گذاری شرکت‌های موجود را در نوآوری‌های جدید محدود می‌کنند. بنابراین، سرمایه‌گذاری‌هایی که برای شرکت‌های جاافتاده جذاب نیستند، ممکن است برای شرکت‌کنندگانی که فاقد مشتری (یا مشتری زیاد) هستند و از فرصت‌های سرمایه‌گذاری رقابتی کمتری برخوردار هستند، جذاب باشد. در نتیجه، شرکت‌های موجود معمولاً انگیزه‌ای برای توسعه نوآوری-های برهم‌زننده ندارند که حاشیه‌های سود کمتر، بازارهای کوچک‌تر و محصولات و خدمات پایین‌تری را همراه دارند به طوری که مشتریان فعلی نمی‌توانند از آن‌ها استفاده کنند!

در واقع گام‌های لازم برای به وقوع پیوستن برهم‌زندگی به شکل زیر است [5]:

۱. کسب‌وکارهای جا افتاده، محصولات یا خدمات خود را نوآوری کرده و توسعه می‌دهند تا بدون توجه به نیازهای آن دسته از مشتریان بخش پایین بازار بتوانند برای سودآورترین مشتریان خود جذابیت داشته باشند

۲. بازیگران جدید، این بخش نادیده گرفته شده بازار را هدف قرار می‌دهند و با برآورده کردن نیازهای این بخش بازار با هزینه کمتر (در مقایسه با آنچه که توسط شرکت جا افتاده ارائه می‌شود)، جذب آن می‌شوند

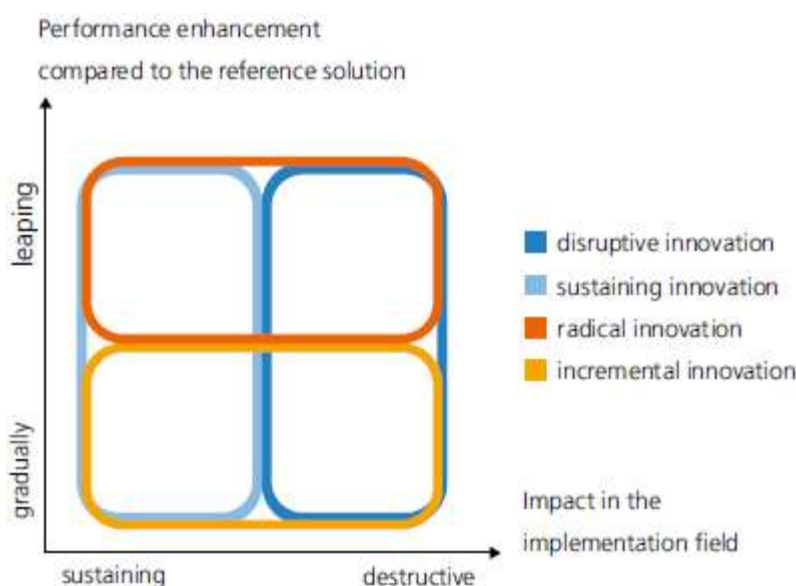
۳. شرکت‌های جا افتاده به شرکت‌های تازه وارد پاسخی نمی‌دهند و همچنان بر بخش‌های سودآورتر خود تمرکز می‌کنند

۴. بازیگران جدید در نهایت با ارائه راه‌حلی که برای مشتریان «جریان اصلی» شرکت جا افتاده جذاب است، به سمت بخش‌های بالای بازار حرکت می‌کنند و عملکردهای خود را بهبود می‌بخشند

۵. هنگامی که شرکت جدید شروع به جذب انبوه مشتریان جریان اصلی کسب و کار جا افتاده کرده است، برهم‌زندگی ایجاد شده است

قابل ذکر است که شیب بهبود عملکرد (گام ۴)، به طور قابل توجهی برای صنایع مختلف، متفاوت است. به عنوان

مثال، در صنعت درایو دیسک، فناوری به سرعت بهبود یافت و یک مسیر عملکرد با شیب بالا را ایجاد کرد. از طرفی در صنعت دیگری، مانند فولاد، مسیر عملکرد، شیب تدریجی تری را نشان می‌دهد و فرآیند برهم‌زنندگی در طی چندین دهه آشکار شد. در برخی صنایع نیز، به نظر می‌رسد مسیر بهبود عملکرد تقریباً مسطح است و به نظر نمی‌رسد برهم‌زنندگی اصلاً رخ دهد. به عنوان مثال، شرکت‌های ارزان‌قیمت در صنعت هتل‌داری در طول تاریخ برای به چالش کشیدن زنجیره‌های گران‌قیمت Four Seasons، تلاش کرده‌اند تا بازار را ارتقا دهند. این مفهوم‌سازی مجدد از نظریه برهم‌زنندگی کلاسیک، نشان می‌دهد که برهم‌زنندگی در همه جا اتفاق نمی‌افتد و همچنین با سرعت یکسانی در بین صنایع انجام نمی‌شود. بنابراین یک نوآوری برهم‌زننده را می‌توان از نظر بهبود عملکرد^{۲۷} به عنوان رادیکال^{۲۸} یا افزایشی^{۲۹} طبقه‌بندی کرد. همچنین در مقابل نوآوری برهم‌زننده، نوآوری پایدار^{۳۰} قرار دارد که روابط قدرت موجود را تقویت و یا حفظ می‌کند (شکل ۱-۱) [6].



شکل ۱-۱- جایگاه نوآوری برهم‌زننده در بین انواع نوآوری

فناوری برهم‌زننده؛ پیشرفت‌های فناورانه اغلب محرک یا توانمندسازهای ضروری برای نوآوری‌های برهم‌زننده

²⁷ Performance improvement

²⁸ Radical

²⁹ Incremental

³⁰ Sustaining

هستند. این می‌تواند بر ساختارهای های سیستم جدید یا توسعه‌یافته‌تر و همچنین عملکردهای جدید یا بهبودیافته تاثیر بگذارد [6]. فناوری‌های پایدار یا تقویت‌کننده، معمولا نرخ بهبود مشخصی ایجاد می‌کنند که منجر به ارائه بیشتر و بهتر ویژگی‌های مورد نظر مشتریان می‌شود. در مقابل، فناوری‌های برهم‌زننده، مجموعه بسیار متفاوتی از ویژگی‌ها را نسبت به آنچه که مشتریان سابقا ارزش می‌نهادند ارائه کرده و معمولا این فناوری‌ها در یک یا دو بعد از مسائلی که مشخصا برای مشتریان مهم است، بسیار ضعیف‌تر از راهکارهای موجود بودند. به عنوان یک قانون می‌توان گفت: مشتریان اصلی به استفاده از محصولات برهم‌زننده در حوزه‌های کاربردی که می‌شناسند و درک می‌کنند تمایلی ندارند. بنابراین در ابتدا فناوری‌های برهم‌زننده تنها در بازارهای جدید یا کاربردهای جدید مورد استفاده قرار گرفته و ارزشمند شناخته می‌شوند. در واقع، این فناوری‌ها معمولا ظهور بازارهای جدید را ممکن می‌کنند. برای مثال: رادیوهای ترانزیستوری شرکت سونی کیفیت صدا را قربانی ایجاد یک بازار برای رادیوهای قابل حمل کرد. این محصول، مجموعه‌ای جدید و متفاوت از ویژگی‌ها را به مشتریان پیشنهاد داد که شامل اندازه کوچک، وزن کم و قابلیت حمل بود [2]. نمونه‌هایی از فناوری‌های برهم‌زننده در پیوست ۲ لیست شده است.

۱-۲-۲- جایگاه فناوری برهم‌زننده در فرآیند برهم‌زندگی

مدل شش لایه‌ای برای ارزیابی پویایی نوآوری‌های برهم‌زننده در شکل (۱-۲)، نشان داده شده است. برهم‌زندگی‌های علمی که توسط توماس کوهن (۱۹۶۲) تغییر پارادایم نامیده می‌شود، در لایه دانش رخ می‌دهد. کشف نظریه تکامل^{۳۱} نمونه بارز آن است. حتی بدون تغییر پارادایم و برهم‌زندگان بزرگ، انباشت دانش علمی، اختراعات فنی را در واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های خصوصی و سازمان‌های دولتی ممکن می‌سازد. در این لایه، تصمیمات مهم بسیاری در سطح مدیران میانی گرفته می‌شود که ابتدا پتانسیل یک اختراع را شناسایی می‌کند. در نتیجه، یک مدیر می‌تواند با تخصیص منابع از فناوری‌های قدیمی برای توسعه یک اختراع موفق تجاری، یعنی یک نوآوری، به یک برهم‌زننده در یک شرکت تبدیل شود. در لایه شرکت‌ها، تصمیم‌گیرنده کلیدی زمانی که

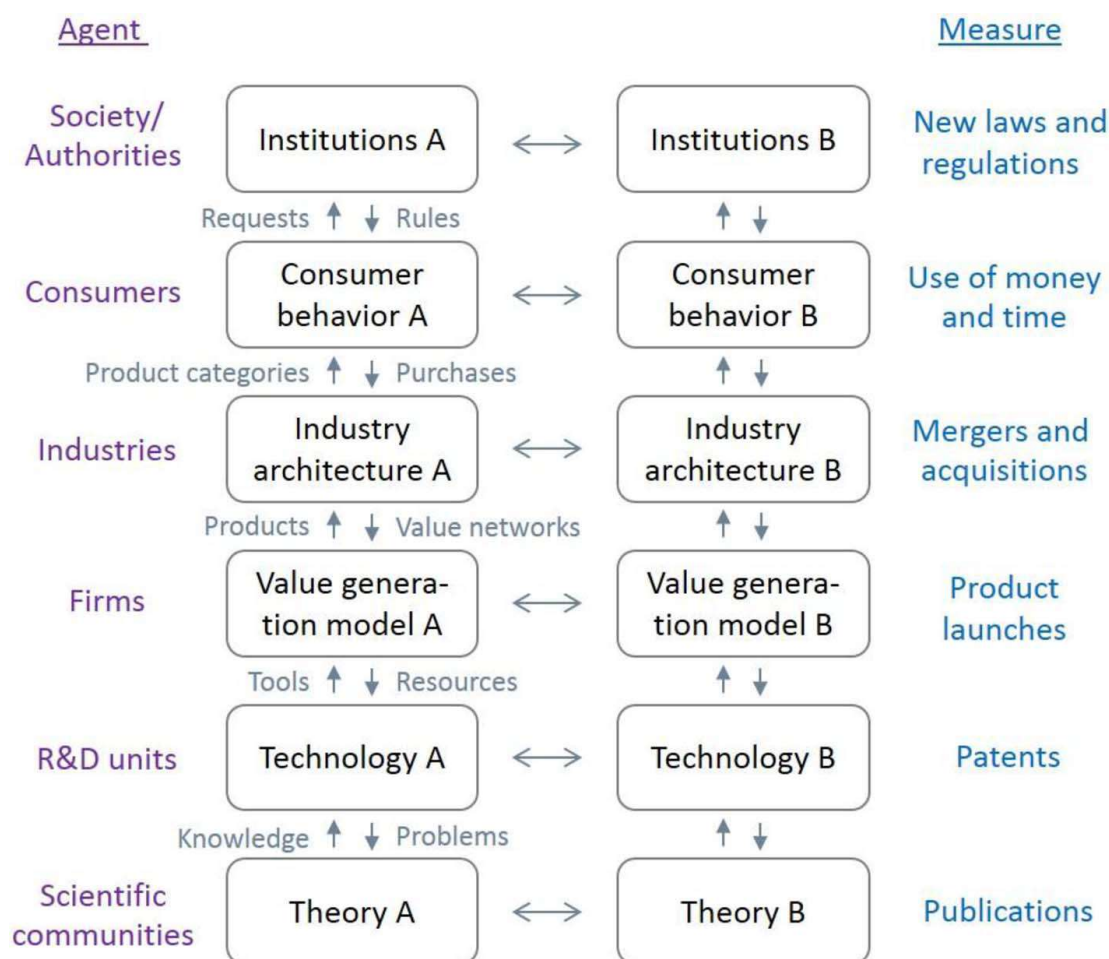
³¹ Theory of evolution

یک نوآوری به بازار ارائه می‌شود، مدیر عامل به همراه سایر مدیران ارشد است. در داخل یک شرکت، فناوری‌های برهم‌زننده معمولاً به مهارت‌های جدید نیاز دارند و فشاری را برای تغییر مدل‌های تولید ارزش شرکت ایجاد می‌کنند. برهم‌زنندگی‌ها همچنین ممکن است به دلیل پذیرش یک فناوری تثبیت شده در داخل یک بخش تجاری جدید یا به دلیل ترکیب جدیدی از دو یا چند فناوری قدیمی رخ دهد. اثرات برهم‌زنندگی ممکن است از طریق چندین لایه از جمله فناوری، کسب و کار و مصرف‌کنندگان منتشر شود. برهم‌زنندگی ایجاد شده توسط یک فناوری جدید بر مدل تولید ارزش یک شرکت تأثیر می‌گذارد که سپس قادر به ارائه محصولات جدید است. محصول جدید ممکن است بدون هیچ اثر برهم‌زنندگی فوری بر ساختار صنعت، از لایه صنعت عبور می‌کند. با این حال، اگر محصول تقاضای قابل توجهی در بین مصرف‌کنندگان ایجاد کند، فشار فناوری ممکن است به کشش بازار تبدیل شود و برهم‌زنندگی می‌تواند به صنعت و لایه‌های شرکت با عواقب قابل توجهی سرایت کند. به عنوان مثال، سرویس پیام کوتاه (SMS)، توسط مصرف‌کنندگان بسیار سریع‌تر از آنچه ارائه‌دهندگان خدمات انتظار داشتند، پذیرفته شد. پیامک نیاز فوری به تعامل اجتماعی آنلاین را نشان داد که بعداً منجر به ظهور اپلیکیشن‌های رسانه‌های اجتماعی شد [4].

در لایه‌های پایین‌تر (دانش، تحقیق و توسعه و شرکت‌ها)، اغلب می‌توان عامل برهم‌زنندگی را شناسایی کرد، یعنی یک فرد یا گروهی از افراد که با یک مقاله، پتنت یا محصول جدید، برهم‌زنندگی را شروع می‌کنند. از این دستاوردها می‌توان برای اندازه‌گیری اهمیت یک برهم‌زنندگی استفاده کرد. در لایه‌های بالایی، وضعیت مبهم‌تر است. در لایه صنعت، محصولات جدید ممکن است باعث تغییر در ساختار شبکه‌های ارزش شوند، برهم‌زنندگی‌ها با تغییر روابط بین بازیگران مختلف، صنعت را تحت تأثیر قرار می‌دهد و ممکن است منجر به ادغام، تملک و ورشکستگی شود، بررسی و تحلیل این روابط، می‌تواند به عنوان معیار قدرت یک برهم‌زنندگی مورد استفاده قرار بگیرد [4].

محصولات برهم‌زننده همچنین می‌توانند باعث تغییر اساسی در رفتار مصرف‌کننده شوند. به عنوان مثال اخیر، بسیاری از مصرف‌کنندگان در حال حاضر حداقل چندین ساعت در روز را صرف استفاده از تلفن‌های هوشمند

خود می‌کنند. علاوه بر این، جنبه‌های دیگر نوآوری گوشی‌های هوشمند نیز بر زندگی روزمره تاثیر می‌گذارد. به عنوان مثال، اپلیکیشن‌های گوشی‌های هوشمند، حجم زیادی از اطلاعات خصوصی را جمع‌آوری و استفاده می‌کنند. بنابراین، نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی کاربر را برانگیخت. این نگرانی‌ها، منجر به درخواست‌هایی برای کنترل و نظارت بر رفتار شرکت‌ها و سایر سازمان‌ها با استفاده از قوانین جدید می‌شود. بنابراین، تغییرات قابل توجه در مقررات را می‌توان نشانه قوی از برهم‌زنندگی در برخی از لایه‌های زیرین در شکل (۲-۱) در نظر گرفت. در موارد شدید، یک فناوری برهم‌زننده همراه با سایر تغییرات اجتماعی حتی می‌تواند نظم اجتماعی کشورها را مختل کند. بهار عربی در سال ۲۰۱۰ نمونه قابل توجهی است [4].



شکل ۲-۱- مدل شش لایه‌ای برای ارزیابی پویایی نوآوری‌های برهم‌زننده

۱-۲-۳- ویژگی‌های فناوری‌های برهم‌زننده

برای اینکه یک فناوری برهم‌زننده باشد، لازم نیست که از نقطه نظرمهندسی یا فنی، رادیکال یا حتی جدید باشد. بسیاری از آن‌ها، صرفاً به دلیل عبور از یک نقطه اوج در قیمت یا عملکرد یا افزایش چشمگیر دسترسی و /یا قابلیت‌ها نسبت به فناوری‌های فعلی، برهم‌زننده می‌شوند. گاهی اوقات، فراگیر بودن می‌تواند مشخصه یک فناوری برهم‌زننده باشد. فناوری‌های برهم‌زننده به طور کلی در دو دسته مشاهده می‌شوند [1]:

دسته اول فناوری‌های برهم‌زننده، فناوری فعلی را در یک انتقال فاز جابجا می‌کنند که در طی آن کاربران، فناوری جدید را در طی یک دوره زمانی اتخاذ می‌کنند. نمونه اولیه این انتقال از اسب و کالسکه به اتومبیل بود که بعدها انقلابی در حمل و نقل ایجاد کرد و نه تنها وسایل حمل و نقل قدیمی، بلکه چندین وسیله جانبی را نیز مختل کرد. نمونه مدرن‌تر، انتقال فیلم‌های خانگی از فرمت VHS به DVD است که در کمتر از پنج سال نسبت استفاده از DVD از ۱/۹ به ۹/۱ تغییر کرد. پذیرش فرمت DVD، همراه با رویدادهای دیگری مانند رشد سریع فناوری‌های اینترنت پهن‌بند، منجر به توزیع فیلم‌های دیجیتالی در سراسر جهان شده است.

دسته دوم از فناوری‌های برهم‌زننده، بازار یا قابلیت جدیدی را در جایی ایجاد می‌کنند که قبلاً هیچ کدام وجود نداشته است. کامپیوتر شخصی نمونه‌ای از این دسته است. قبل از اختراع رایانه شخصی، منابع محاسباتی فقط در اختیار کسب و کارهای بزرگ، موسسات و دولت‌ها بود. اکثر خانواده‌ها کامپیوتر نداشتند و نیازی به محاسبات فراتر از محاسباتی که توسط ماشین‌حساب‌های ساده انجام می‌شد، وجود نداشت. امروزه رایانه‌های شخصی تقریباً به اندازه وسایل دیگر مانند تلویزیون، یخچال و تلفن در خانه‌ها رایج هستند.

به نظر می‌رسد چندین ویژگی، نشان‌دهنده تولد بسیاری از فناوری‌های برهم‌زننده باشد [1]:

اول، زمانی که یک عامل کلیدی در برابر زمان ترسیم می‌شود، ناپیوستگی وجود دارد. عامل کلیدی می‌تواند عملکرد، هزینه، قابلیت اطمینان، نرخ پذیرش یا هر یک از ویژگی‌هایی باشد که معمولاً یک فناوری را توصیف می‌کنند. این

ناپیوستگی ممکن است مربوط به یک حوزه کاربردی جدید باشد و نه لزوماً تغییر در خود فناوری. وارد کردن یک فناوری تثبیت شده به یک کاربرد جدید، می‌تواند در آن کاربرد، برهم‌زننده باشد، حتی زمانی که خود فناوری کاملاً فرسوده شده باشد.

یکی دیگر از ویژگی‌هایی که باید در هنگام شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده، در نظر گرفته شود، به تاثیر آن‌ها بر سایر فناوری‌ها مربوط می‌شود. تصادفی بودن کاربرد کافی نیست و باید تاثیرگذاری دیده شود. نقش VisiCalc، اولین صفحه گسترده و ابزار پردازش مهم، اغلب در تاریخ رایانه شخصی نادیده گرفته می‌شود. در واقع قبل از معرفی VisiCalc، بسیاری از صاحب‌نظران، فناوری رایانه شخصی را یک مد گذرا می‌نامیدند.

سومین پدیده‌ای که در ظهور بسیاری از فناوری‌های برهم‌زننده مشاهده می‌شود، همگرایی بیش از یک رشته واحد در هنگام ظهور یک فناوری است. برای مثال، شبکه جهانی وب (WWW)، شاهد گرد هم آمدن فناوری‌های رایانه، ارتباطات و مرورگر بود.

آخرین و شاید مهم‌ترین ویژگی مربوط به چشم‌انداز شرکت است. کیفیت رهبری در یک بخش، یک نیروی قوی در سرعت ظهور یک فناوری برهم‌زننده است. رهبری که بر نوآوری، آینده‌نگری و تمایل به پاسخگویی به بازارهای نوظهور و نه قدیمی (و اغلب غالب) تاکید دارد، باعث ایجاد برهم‌زندگی می‌شود که در هر صورت اجتناب‌ناپذیر است. با این حال، برهم‌زندگی تنها در صورتی می‌تواند رخ می‌دهد که به جای اینکه شرکت را تهدید کند، منفعت داشته باشد. رهبری استیو جابز و توانایی او در تبدیل کردن اپل از یک شرکت کامپیوتری به یک شرکت سبک زندگی فناورانه، مثال خوبی است.

یک پیش‌بینی کننده، هنگام ارزیابی تاثیر برهم‌زندگی یک فناوری، باید وقوع یکی از موارد زیر را بررسی کند [1]:

- قابلیت را در سطحی که قبلاً در دسترس نبود، ارائه می‌دهد که ممکن است نیروهای برهم‌زننده ایجاد کند.

- با فناوری‌های دیگر ترکیب می‌شود تا هم‌افزایی ایجاد کند که ممکن است برهم‌زننده نیز باشد.
- از پیوند فناوری‌های به ظاهر نامرتبط تکامل می‌یابد.
- هنگامی که با چندین فناوری موجود ترکیب شود، نیروی کار، جامعه یا اقتصاد را برهم می‌زند.
- محصولاتی با ویژگی‌های عملکردی جدید تولید می‌کند که ممکن است قبلاً توسط کاربران سطوح پایینی بازار فعلی، ارزش‌گذاری نشده باشند.
- از کاربران می‌خواهد که رفتار خود را به طور قابل توجهی تغییر دهنده تا از آن بهره ببرند.
- الگوهای معمول محصول و فناوری را برای ارائه مزیت رقابتی تغییر می‌دهد.
- به طور تصاعدی ارزش دریافتی توسط کاربر را بهبود می‌بخشد.
- رشد صنعت را از طریق نفوذ یا ایجاد کردن صنایع کاملاً جدیدی از طریق معرفی کالاها و خدمات، فراهم می‌کند (اگر به طور چشمگیری ارزان‌تر، بهتر و راحت‌تر باشد).
- به جریان اصلی یک منطقه، یک کشور یا یک جامعه تبدیل می‌شود.

۱-۲-۴- دسته‌بندی فناوری‌های برهم‌زننده

هنگام ارزیابی اینکه آیا یک فناوری ممکن است برهم‌زننده باشد، لازم است به این سوال پاسخ داده شود که چگونه ممکن است برهم‌زندگی ایجاد کند. در بسیاری از موارد، این فناوری نیست که برهم‌زننده است، بلکه نحوه ترکیب آن با عوامل دیگر یا به‌کارگیری آن است که برهم‌زندگی ایجاد می‌کند. در یک دسته‌بندی، شش دسته متمایز از فناوری برهم‌زننده شناسایی شده است که هر فناوری برهم‌زننده باید به یکی از آن‌ها تعلق داشته باشد [1]:

۱. توانمندسازها^{۳۲}؛ فناوری که یک یا چند فناوری، فرآیند یا کاربرد جدید را ممکن می‌سازد. به عنوان مثال، مدار مجتمع، ترانزیستور، پیوند ژن و فناوری سلولی.

³² Enablers

۲. کاتالیزورها^{۳۳}؛ فناوری که سرعت تغییر یک پیشرفت فنی یا سرعت بهبود یک یا چند فناوری را افزایش می‌دهد. به عنوان مثال، محاسبات ابری و در زیست‌شناسی مولکولی، روش‌های واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (PCR) برای تقویت توالی DNA.
۳. شکل‌دهنده‌ها^{۳۴}؛ فناوری که وقتی با فناوری دیگری ترکیب می‌شود، یک یا چند فناوری جدید را ایجاد می‌کند. به عنوان مثال، فناوری‌های بی‌سیم و ریزپردازنده‌ها.
۴. تقویت‌کننده‌ها^{۳۵}؛ فناوری که فناوری‌های موجود را اصلاح می‌کند. مانند باتری‌های یون لیتیوم، فناوری نانو و غیره.
۵. جانشینان^{۳۶}؛ فناوری که یک فناوری موجود را منسوخ می‌کند و آن را با فناوری برتر (بهتر، سریع‌تر، ارزان‌تر یا توانمندتر) جایگزین می‌کند. به عنوان مثال می‌توان به موتور جت، نمایشگرهای LCD و رسانه‌های دیجیتال فشرده اشاره کرد.
۶. شکافنده‌ها^{۳۷}؛ اکتشاف یا فناوری که درک اساسی از طبیعت را تغییر می‌دهد یا چیزی را که غیرممکن به نظر می‌رسید (اگر نه غیرمحتمل) را امکان‌پذیر می‌کند. به عنوان مثال، محاسبات کوانتومی و قدرت همجوشی.

در انتها، ذکر این نکته الزامی است که از آنجا که طبق تعریف و تاکید کریستنسن، برهم‌زندگی یک فرآیند است، نه یک فناوری، محصول یا خدمت. بهتر است فناوری‌های برهم‌زننده را فناوری‌هایی تعریف کنیم که پتانسیل تبدیل شدن به یک نوآوری برهم‌زننده را دارند.

³³ Catalysts

³⁴ Morphers

³⁵ Enhancers

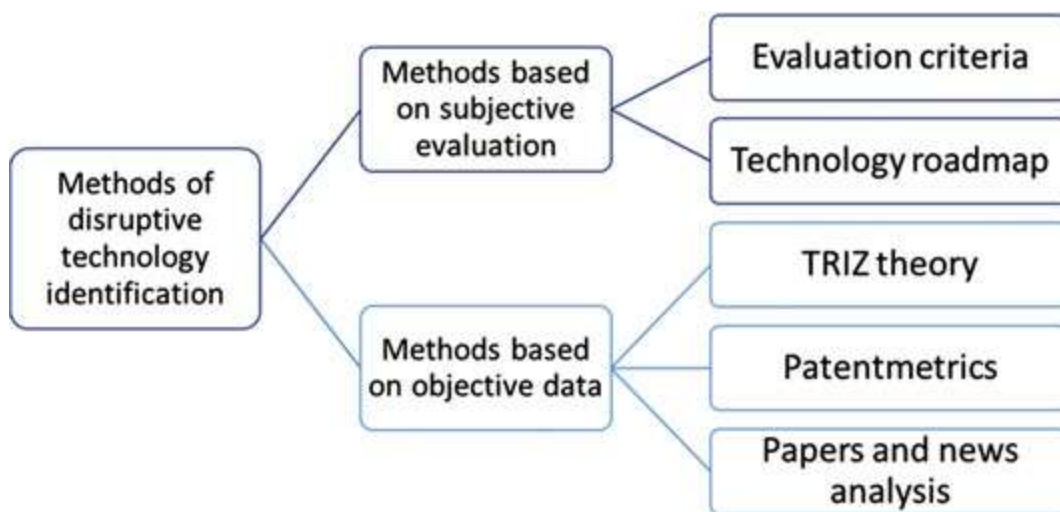
³⁶ Superseders

³⁷ Breakthroughs

۳-۱ جایگاه استفاده از داده‌های پتنت در پیش‌بینی فناوری‌های برهم‌زننده

روش‌های پیش‌بینی فناوری‌های برهم‌زننده به دو گروه اصلی ذهنی^{۳۸} و عینی^{۳۹} تقسیم می‌شوند. همانطور که در

شکل (۳-۱) مشاهده می‌شود، استفاده از داده‌های پتنت در دسته پیش‌بینی‌های عینی قرار دارد [7].



شکل ۳-۱- دسته‌بندی روش‌های پیش‌بینی و جایگاه استفاده از پتنت

همچنین در دسته‌بندی دیگری که برای روش‌های مختلف پیش‌بینی فناوری‌های برهم‌زننده در جدول (۱-۱) ارائه

شده است، اگر روش‌های پیش‌بینی فناوری را به دو دسته کیفی^{۴۰} و کمی^{۴۱} تقسیم کنیم، استفاده از داده‌های

ثبت اختراع، در دسته روش‌های کمی قرار می‌گیرد [8].

³⁸ Subjective

³⁹ Objective

⁴⁰ Qualitative/

⁴¹ Quantitative

جدول ۱-۱- روش‌های مورد استفاده برای پیش‌بینی فناوری‌های برهم‌زننده و جایگاه استفاده از داده‌های ثبت اختراع

Method	Qualitative/ quantitative	Input	Output	Applicability	Technical tool
Literature analysis (bibliometric analysis of literatures and patent analysis)	Quantitative	Technology search items, references, and patent database	Key technology fields identified through data extraction, data analysis, and selection by experts	Used to quantitatively and visually reflect the hotspot fields and trends of technology development	Knowledge graph and cluster analysis
Technology definition	Qualitative/ quantitative combination	Technology selection criteria	Selected key technology fields	Used to identify technologies with standard criteria	Consulting and evaluation
Questionnaire survey	Qualitative	Questionnaire and experts' comments	Collective judgement results of experts	Used to identify dedicated technologies	Online questionnaire and interviews with experts
Scenario simulation	Qualitative	Future scenarios	Obstacles and methods of technology implementation	Used to identify demand-driven technologies	Consulting and evaluation
Technology roadmap	Qualitative	Systematic research on the future society, economy, and technology development	Development priorities, implementation time, and development approaches of technologies in a specific field	Used to identify technologies in a specific field	Consulting and evaluation

مدل شش لایه‌ای که در بخش قبل، برای ارزیابی پویایی نوآوری‌های برهم‌زننده ارائه شد، نشان می‌دهد که برهم‌زندگی اثر خود را در پایگاه‌های اطلاعاتی شامل انتشارات، پتنت‌ها، فروش محصولات، قیمت سهام، ادغام‌ها و اکتساب‌ها^{۴۲}، تصمیمات نظارتی و غیره بر جای می‌گذارد. برهم‌زندگی در لایه فناوری، از طریق تحلیل اطلاعات پتنت قابل شناسایی است. بنابراین شناسایی برهم‌زندگی توسط اطلاعات پتنت، یک شناسایی زودهنگام^{۴۳} به شمار می‌رود. اگرچه به همان اندازه، عدم قطعیت بالایی دارد [4]. همچنین از جمله مهم‌ترین چالش‌هایی که در مورد استفاده از پتنت برای شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده با آن مواجه هستیم این است که همه اختراعات ثبت نمی‌شوند و یا ممکن است قابلیت ثبت نداشته باشند و یا معیارهای لازم برای ثبت اختراع را نداشته باشند. این مشکل در مورد بعضی از فناوری‌ها، مانند فناوری‌های دفاعی و نظامی و غیره چشمگیرتر است.

گروه تحقیقات نوآوری فرانهور^{۴۴} در سال ۲۰۲۰، مطالعه‌ای در مورد نحوه برخورد شرکت‌های مختلف با فناوری‌های برهم‌زننده بالقوه انجام داده است [6]. در این مطالعه، یک نظرسنجی آنلاین در فاصله بین سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ انجام شده است. در این بین، ۴۰ درصد شرکت‌ها، شامل شرکت‌های کوچک و متوسط با کمتر از ۲۵۰ کارمند

⁴² Mergers and acquisitions

⁴³ Early Stage

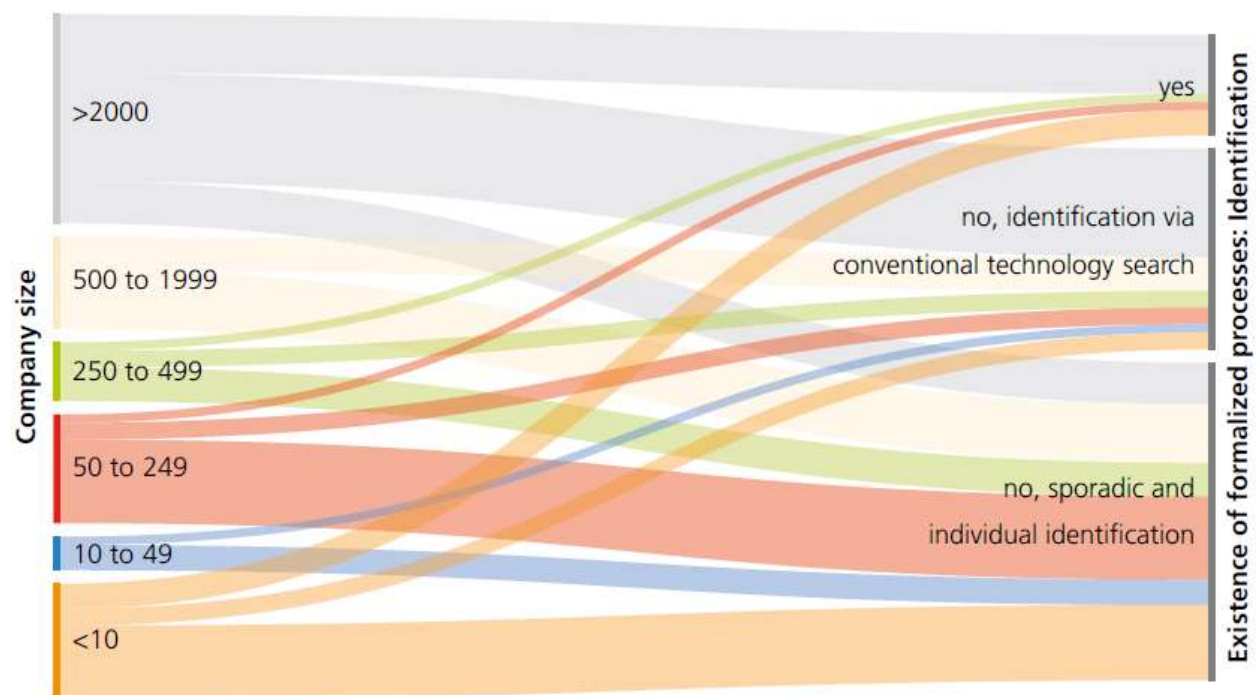
⁴⁴ Fraunhofer Group for Innovation Research

هستند. سوالات اصلی این نظرسنجی این است که شرکت‌ها چگونه می‌توانند فناوری‌های برهم‌زننده بالقوه را شناسایی کنند، آن‌ها را در یک زمینه کارآفرینانه ارزیابی کنند و در نهایت آن‌ها را در محصولات، فرآیندها، خدمات یا راه‌حل‌ها، توسعه و پیاده‌سازی کنند. ۲۰ منبع اطلاعاتی که اغلب برای شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده توسط شرکت‌های مختلف، استفاده می‌شود، در جدول (۲-۱) نشان داده شده است. در ستون دوم جدول نیز، ۲۰ منبعی که برای شناسایی سایر فناوری‌ها استفاده می‌شود. همانطور که مشاهده می‌شود، پتنت‌ها با ۱۵/۳٪، هفدهمین منبع برای شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده و با ۲۰/۰٪، دوازدهمین منبع برای شناسایی سایر فناوری‌ها است. نکات جالب توجه جایگاه استارت‌آپ‌ها با ۴۳/۱ و یافتن تصادفی^{۴۵} با ۳۴/۷٪ به ترتیب به عنوان اولین و پنجمین منبع برای شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده است. از طرف دیگر، همانطور که در نمودار شکل (۱-۴)، مشخص است، بین اندازه شرکت (بر اساس تعداد کارکنان) و وجود فرآیندهای رسمی برای شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده، رابطه متقابلی دیده می‌شود. به عبارتی، شرکت‌های کوچک، فرآیندهای رسمی برای شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده ندارند و بعضاً بر حسب مورد و به صورت پراکنده، این کار را انجام می‌دهند. شرکت‌های متوسط نیز، معمولاً فرآیندهای رسمی برای شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده ندارند. اما شرکت‌های بزرگ غالباً، فرآیندهای تعریف شده و واحدهای رسمی برای شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده دارند.

⁴⁵ Serendipity

جدول ۲-۱-۲۰ منبع اطلاعاتی که اغلب برای شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده توسط شرکت‌های مختلف، استفاده می‌شود

Rank	The 20 most frequently cited sources of information for identifying potentially disruptive technologies		The 20 most frequently cited sources of information for identifying other technologies	
01	Start-ups	43.1%	Trade fairs	63.1%
02	Trade fairs	41.7%	Conferences	46.2%
03	Conferences	41.7%	Market analyses	33.8%
04	Market analyses	38.9%	Customer / user analysis	32.3%
05	Chance (serendipity)	34.7%	Competitors	32.3%
06	Technical research institutes	31.9%	Universities and colleges	30.8%
07	Studies	31.9%	Expert network	30.8%
08	Expert network	29.2%	Suppliers	30.8%
09	Universities and colleges	26.4%	Product research	29.2%
10	Product research	25.0%	Technical research institutes	29.2%
11	Journals	25.0%	Journals	26.2%
12	Customer / user analysis	22.2%	Patent analysis	20.0%
13	Competitors	22.2%	Seminars	18.5%
14	(New) employees	19.4%	Federations	18.5%
15	Market / technology scouts	18.1%	(New) employees	18.5%
16	Context analyses	16.7%	Chance (serendipity)	18.5%
17	Patent analysis	15.3%	Context analyses	16.9%
18	Companies from other sectors	15.3%	Studies	16.9%
19	Social media	13.9%	Market / technology scouts	16.9%
20	Inventors	13.9%	Start-ups	13.8%
	n=72, multiple responses		n=65, multiple responses	



شکل ۱-۴- ارتباط بین اندازه شرکت (بر اساس تعداد کارکنان) و وجود فرآیندهای رسمی برای شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده

فصل دوم

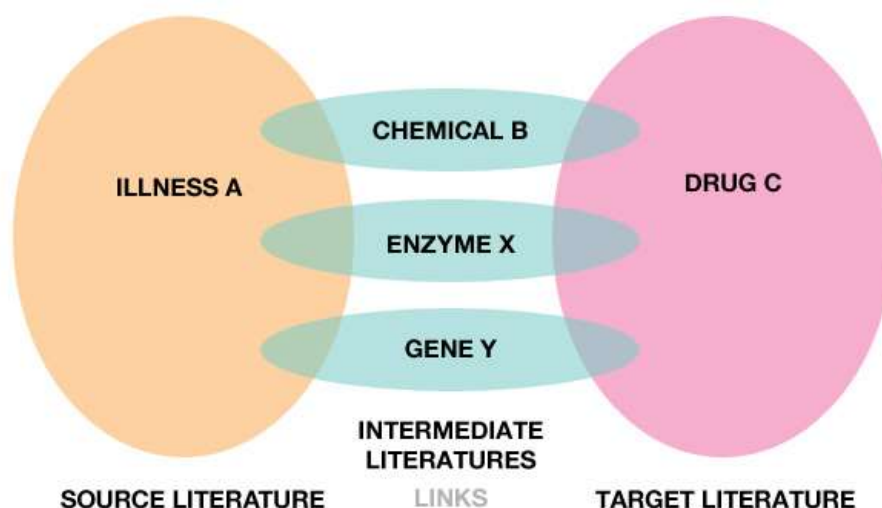
روش‌های پیش‌بینی فناوری‌های برهم‌زننده با
داده‌های ثبت اختراع

۲-۱- مقدمه

به طور کلی مقالاتی که در زمینه پیش‌بینی فناوری‌های برهم‌زننده با استفاده از داده‌های ثبت اختراع منتشر شده است، روش‌های متنوعی ارائه کرده‌اند. اگرچه اولین پژوهش در این رابطه در سال ۲۰۰۴ انجام شده است، اما بیشتر پژوهش‌ها مربوط به پنج سال اخیر (بعد از ۲۰۱۶) و بخصوص ۲۰۲۱ هستند. در واقع باید گفت پژوهش‌ها در این زمینه جدید هستند.

پژوهش Ronald N. Kostoff در سال ۲۰۰۴ با عنوان Disruptive technology roadmaps را می‌توان اولین مقاله در زمینه شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده با استفاده از مرور ادبیات و پتنت به حساب آورد. در این پژوهش، از روش اکتشاف مبتنی بر ادبیات^{۴۶} که به روش LBD معروف است، استفاده شده است. فرض اساسی در مفهوم این روش این است که راه‌حل‌های ابتکاری برای مسائل را می‌توان از طریق مسیرهای پژوهشی که به طور غیرمستقیم مسئله را به راه حل مرتبط می‌کند، به دست آورد. بنابراین اگر به مساله A از طریق ادبیات AB پرداخته شود، در حالی که B یک موضوع میانی است، راه حل C ممکن است از طریق ادبیات BC بیان شود. در واقع B یک موضوع میانی است که راه حل C را به مشکل A متصل می‌کند. این روش توسط Don R. Swanson در دهه ۱۹۸۰ مطرح شد. پیوند سوانسون در واقع در سال ۲۰۰۳ پیشنهاد شد که به اتصال دو دانشی که قبلاً تصور می‌شد به هم مرتبط نیستند، اشاره دارد. به عنوان مثال، ممکن است مشخص شود که بیماری A توسط ماده شیمیایی B ایجاد می‌شود و داروی C برای کاهش مقدار ماده شیمیایی B در بدن استفاده می‌شود. با این حال، از آنجایی که مقالات مربوطه به طور جداگانه از یکدیگر منتشر شده‌اند (به نام "داده‌های متمایز")، ارتباط بین بیماری A و داروی C ممکن است ناشناخته باشد. هدف پیوند سوانسون یافتن این روابط و گزارش آن‌هاست (شکل ۲-۱). در این پژوهش الگوریتمی معرفی شده که از روش متن‌کاوی و خوشه‌بندی بهره برده است. ولی نمونه‌ای برای اعتبارسنجی روش گزارش نشده است [9].

⁴⁶ Literature-Based Discovery



شکل ۲-۱- مفهوم پیوند سوانسون برای اتصال دو دانشی که قبلا تصور می‌شد به هم مرتبط نیستند

این روش اگرچه برای پیدا کردن فناوری‌های کاربردی برای ورود به گوشه بازار، جذاب به نظر می‌رسد، ولی در سال‌های بعد، پژوهش‌های بیشتری با استفاده از این روش منتشر نشده است. البته بعید نیست که در بحث تحلیل مقالات (و نه پتنت)، پژوهش‌های بیشتری در این مورد انجام شده باشد.

مقالات منتشر شده در سال ۲۰۲۱ بعضا به سختی دریافت شده‌اند. اگرچه متن کامل بعضی از مقالات کنفرانسی و مقالات مربوط به ۲۰۲۱، با استفاده از امکانات موجود، قابل دسترسی نبودند و یا به زبان چینی هستند! این پژوهش‌ها نیز از روش‌های مختلف از یادگیری ماشینی تا روش کتاب‌سنجی و مهندسی ویژگی‌ها استفاده کرده‌اند [10, 11, 12, 13]. به نمونه‌هایی از این مقالات در ادامه پرداخته شده است. همانطور که مشخص است، اطلاعات استخراج شده در حد چکیده مقالات، فقط یک دید کلی و مبهم در مورد روش می‌دهد.

از جمله پژوهش‌هایی که به جزییات آن دسترسی وجود ندارد، در سال ۲۰۲۱ با عنوان "تحقیق در مورد روش شناسایی فناوری برهم‌زننده بر اساس روش کتاب‌سنجی ثبت اختراع" توسط Li Ganrui انجام شده است. در این مقاله، ابتدا خواص و ویژگی‌های فناوری برهم‌زننده بیان شده است. در مرحله دوم، بر اساس پایگاه داده ثبت

اختراع، شاخص کمی برای مشخص کردن ویژگی‌های برهم‌زنندگی فنی ایجاد شده است. شاخص‌های برهم‌زنندگی شامل technical fusion index، technical novelty index، technical expansion index و technical influence index است. در گام سوم، از روش entropy method and fuzzy consistent matrix، برای اندازه‌گیری کمی پتانسیل برهم‌زنندگی فناوری استفاده شده است. در نهایت به منظور تایید امکان سنجی و اثربخشی مدل، پنج فناوری برای انجام تحقیقات تجربی انتخاب شده و از مقایسه فناوری‌های برهم‌زننده و فناوری‌های سنتی در یک حوزه، مقایسه فناوری‌های برهم‌زننده در زمینه‌های مختلف و مقایسه فناوری‌های برهم‌زننده در دوره‌های زمانی مختلف، از یک طرف امکان‌سنجی مدل را تایید می‌کند و از طرف دیگر، اثربخشی و کاربرد هر شاخص را بررسی می‌کند [11]. همچنین سو⁴⁷ و همکاران در ۲۰۱۶، در پژوهشی با عنوان "مسیر تکامل و شناسایی زودهنگام فناوری برهم‌زننده با مطالعه موردی روی گوشی‌های هوشمند"، منحنی تعداد ثبت اختراع، تعداد استناد به پتنت و نرخ استناد به پتنت را در طول زمان، توسط اطلاعات استنادی پتنت‌ها و با استفاده از برنامه‌نویسی Python در پایگاه داده Derwent Innovation Index، استخراج و تحلیل می‌کند. نتیجه، مسیر تکامل فناوری تلفن هوشمند را نشان می‌دهد، چارچوب آنالیز تکامل فناوری برهم‌زننده را ارائه می‌کند و ضریب تاثیر ثبت اختراع را برای شناسایی زودهنگام فناوری برهم‌زننده، پیشنهاد می‌کند [12]. قابل ذکر است به این مقاله دسترسی نداریم. همچنین این پژوهش حاصل همکاری دانشکده مدیریت دانشگاه صنعتی دالیان، دانشگاه ژنگزو و پژوهشکده علوم و مدیریت علم و فناوری چین است.

تعدادی از مقالات نیز روند توسعه فناوری‌های برهم‌زننده را پیش‌بینی کرده‌اند که البته در چارچوب اهداف پروژه حاضر قرار نمی‌گیرند. به عنوان مثال در پژوهشی، از داده‌های سری زمانی ثبت اختراع و مقالات برای پیش‌بینی روند شش فناوری محاسباتی شامل سه فناوری برهم‌زننده استفاده کرده است. پیش‌بینی با استفاده از شناسایی بهترین نمودار برازش برای داده‌های سری زمانی و منحنی رشد انجام شده است [14].

⁴⁷ Su Jingqin

همچنین Zheng Yurong در ۲۰۱۸، روشی برای شناسایی فناوری برهم‌زننده مبتنی بر منبع داده چندگانه شامل برنامه‌های دارای تامین مالی^{۴۸}، کنفرانس‌ها، اطلاعات تحقیقات بنیادی و کاربردی، پتنت‌ها و گزارش‌های تجاری، پیشنهاد کرده است. در این پژوهش، فرآیندهای زیست‌تخریب‌پذیر سلولزی به عنوان نمونه مطالعاتی انتخاب شده و به تحقیق در مورد فرآیند تکامل دانش علمی و ردیابی مسیر تکامل فناوری‌های پیشرفته از طریق رابطه دانش منابع داده چندگانه شامل، تولید داده، توسعه، استناد و بازتولید پرداخته شده است [15].

در ادامه روش‌های مهم پیش‌بینی فناوری‌های برهم‌زننده با استفاده از داده‌های ثبت اختراع، با جزییات بیشتر بررسی می‌شود.

⁴⁸ Fund programs

۲-۲- جعبه ابزار پیشنهادی دفتر مالکیت فکری انگلیس [16]

در این پژوهش که در سال ۲۰۱۰ منتشر شده است، تیم انفورماتیک ثبت اختراع در دفتر مالکیت فکری انگلیس، روندهای داده‌های ثبت اختراع مرتبط با فناوری‌های برهم‌زننده را شناسایی کرده است و یک جعبه ابزار^{۴۹} معتبر برای تجزیه و تحلیل سیستماتیک داده‌های ثبت اختراع برای ارزیابی^{۵۰} پتانسیل برهم‌زندگی یک فناوری مشخص را توسعه داده است. این جعبه ابزار می‌تواند به سیاست‌گذاران کمک کند تا فناوری‌های نوظهور با پتانسیل برهم‌زندگی را شناسایی کنند و در مورد تاثیر، مداخله، حمایت و سرمایه‌گذاری تصمیم‌گیری کنند.

هدف؛ ارزیابی پتانسیل برهم‌زندگی فناوری جدید (تشخیص فناوری‌های نوظهور با پتانسیل برهم‌زندگی)

چارچوب؛ در این پژوهش، فناوری‌های برهم‌زننده به عنوان فناوری‌های مبتنی بر دانش^{۵۱} در نظر گرفته می‌شوند که اساساً جدید هستند (یا به تازگی فعال شده‌اند) و پیشرفت غیر تدریجی^{۵۲} ایجاد می‌کنند یا قابلیت‌هایی را امکان‌پذیر می‌کنند که قبلاً ممکن نبود. آن‌ها همچنین ممکن است فناوری موجود را مختل کنند. البته آن چیزی که به عنوان برهم‌زندگی در اینجا مدنظر است، بر هم زدن درک یا توانایی فناورانه است و نه لزوماً ایجاد برهم‌زندگی در پایین‌ترین سطوح بازار یا رفتار مصرف‌کننده. اگرچه برهم‌زندگی در سطوح پایین بازار یا رفتار مصرف‌کننده مستثنی نیستند، چرا که اغلب این برهم‌زندگی‌ها (و البته نه همه آن‌ها) به دنبال تجاری‌سازی یک کاربرد یا فرآیند نشأت گرفته از یک نوآوری علمی یا فنی بنیادی هستند.

به عنوان مثال، این پژوهش ممکن است با هدف شناسایی قابلیت عکاسی دیجیتال (که باعث برهم‌زندگی در ضبط، انتقال و ذخیره‌سازی تصاویر شده است) باشد، اما به طور خاص هدف آن شناسایی اثر برهم‌زندگی بر رفتار ارتباطات و بازار ارتباطات سیار از طریق پیام‌رسان تصویری نباشد- پیام‌رسانی که پس از تجاری‌سازی "تلفن‌های

⁴⁹ Toolkit

⁵⁰ Assess

⁵¹ Science-intensive technologies

⁵² Non-incremental breakthrough

دوربین‌دار" به وجود آمد. قابلیت اول از طریق فناوری مبتنی بر علم ایجاد می‌شود ولی مورد دوم، یعنی برهم‌زنندگی در روش‌های برقراری ارتباطات به طور قابل توجهی به تجاری‌سازی و رقابت بین ارائه‌دهندگان گوشی تلفن همراه و خدمات نسبت داده می‌شود. این بدان معنا نیست که این چنین پتانسیل احتمالی در داده‌های ثبت اختراع مشهود نیست، اما این جعبه ابزار به طور خاص برای شناسایی چنین برهم‌زنندگی‌هایی احتمالی در بازار طراحی نشده است.

فناوری‌های برهم‌زننده می‌توانند در زمان‌های مختلف، حتی در زمان‌های متعدد در چرخه عمر خود، برهم‌زننده باشند. برای فناوری‌های مبتنی بر دانش، اعتقاد بر این است که پتانسیل برهم‌زنندگی در اوایل چرخه عمر فناوری، یعنی قبل از تحقق یک محصول یا کاربرد، اما پس از اینکه فناوری تحقیقات معاصر را نقض کرده است، مشهود است. این از نظریه فشار علم، کشش بازار پیروی می‌کند. این دوره پسا مفهومی و پیش از ظهور است که مورد توجه است. هم به عنوان دوره ای که مشخصه فعالیت ثبت اختراع مشاهده می‌شود و هم به عنوان نقطه ای از زمان که شناسایی پتانسیل برهم‌زنندگی ممکن است ارزشمند باشد. این فناوری قابل مشاهده خواهد بود (به عنوان مثال از طریق اسکن افق) اما هنوز به طور گسترده مورد استفاده قرار نگرفته است. همچنین سرمایه‌گذاری در آن ریسک بالایی دارد.

روش انجام کار؛ این مقاله، کار قبلی را که با همکاری تیم انفورماتیک ثبت اختراع دفتر مالکیت فکری انگلیس و اینویت یوکه^۱ یا آژانس نوآوری انگلستان انجام شده است، دنبال می‌کند. در آن مقاله، یک آنالیز گذشته‌نگر^۲ روی روی فناوری پلیمرهای ساطع کننده نور (LEP) انجام داده است. این مقاله با شناسایی ویژگی‌های داده‌های ثبت اختراع مربوط به فناوری‌های برهم‌زننده، شاخص‌های مربوطه را از مجموعه پتنت‌های فناوری LEP، استخراج کرده است. این شاخص‌ها در یک الگوریتم ادغام شدند، امتیازدهی^۳ شدند و بر اساس آنالیز و تحلیل مجموعه داده

¹ Innovate UK

² Retrospective analysis

³ Scoring

داده LEP، وزن‌گذاری شدند^۱ تا امتیاز خروجی نشان‌دهنده پتانسیل برهم‌زنندگی تولید شود. در مقاله حاضر، به منظور کالیبراسیون و اعتبارسنجی این شاخص‌ها، برای کاربردهای دیگر، از تعدادی فناوری برهم‌زننده و غیربرهم‌زننده دیگر برای آموزش و آزمایش الگوریتم استفاده شده است. به این منظور، با استفاده از مرور ادبیات، فناوری‌هایی که ادعا می‌شود اثر برهم‌زنندگی داشته‌اند و همچنین فناوری‌های مبتنی بر علم که دارای رونق مضاعف هستند، اما لزوماً اثر برهم‌زنندگی ندارند، شناسایی و برای آموزش و تست الگوریتم انتخاب شدند. نکته بسیار مهم در این روش، پیدا کردن نقطه‌ای در چرخه عمر هر یک از این فناوری‌ها است که در آن فناوری قابل مشاهده و دارای ارزش بالقوه بالایی است، اما به طور گسترده توسعه نیافته و بنابراین مستعد مداخله و سرمایه‌گذاری است. به عبارتی دیگر، این نقطه، زمان استفاده از جعبه‌ابزار برای هر کدام از فناوری‌ها است که روش شناسایی آن به صورت کلی، بر اساس نرخ نسبی انتشار پتنت برای هر فناوری است.

روش کار، به طور کلی بر اساس مراحل زیر است:

گام اول؛ جمع‌آوری داده

جستجوی اختراعات ثبت شده برای هر کدام از فناوری‌ها بر اساس کدهای IPC و کلمات کلیدی با استفاده از پایگاه داده ثبت اختراع آنلاین اداره ثبت اختراع اروپا انجام شده و در مرحله بعد، داده‌ها به منظور حذف نتایج غیرمرتبط، غربال شده‌اند.

گام دوم؛ تحلیل پتنت و استخراج شاخص‌ها

شاخص‌ها بر اساس جعبه‌ابزار نمونه اولیه، توسعه داده شده‌اند و با توجه به سال مشخص شده برای استفاده از جعبه‌ابزار، استخراج شده‌اند.

گام سوم؛ آموزش الگوریتم

¹ Weighted

وزن دهی هر یک از شاخص‌ها بسته به اهمیت آن‌ها، ایجاد معیارهای عددی و تعیین آستانه‌های اولیه برای نشان دادن برهم‌زنندگی مطابق با داده‌های LEP؛ تعیین نمره کل شاخص وزنی^۱ (این امتیاز خروجی، مبنایی برای نتیجه جعبه‌ابزار است و به صورت درصد بیان می‌شود. بالاتر از ۵۰٪، نشان‌دهنده پتانسیل برهم‌زنندگی است و کمتر از آن، نشان‌دهنده عدم پتانسیل تخریب است (جدول ۲-۱).

گام چهارم؛ تست الگوریتم (جدول ۲-۲)

جدول ۲-۱- داده‌های مورد استفاده برای آموزش الگوریتم

Test	Optical fibres	Microwave heating	Immobilised enzymes	Flash memory	Cyclonic vacuum	Fibre-reinforced plastics	A-D conversion	RFID transponders
Patent application filings over time 1a (%)	20	3	21	17	42	24	18	33
1b (%)	7	1	9	4	15	15	6	15
Inventor turnover 2a (%)	121	90	-99	187	93	-50	57	-9
2b (%)	933	86	-96	812	394	-97	100	75
Applicant / patent profile 3a (years)	2	3	2	4	2	0	4	4
3b (years)	2	0	1	2	1	0	3	4
Patent holding 4a (%)	0	51	9	55	42	12	26	16
4b (%)	69	24	56	19	24	21	26	27
4c (%)	31	25	36	26	35	67	48	57
Classification term / technology trend 5a - science	7	11	14	14	0	2	3	13
5a - /00s	3	2	3	5	5	4	3	1
Citation analysis 6a (%)	2	0	3	11	3	0	0	2
6b (%)	21	0	59	42	2	0	0	0
Output score (%)	47	32	37	74	68	53	58	63

جدول ۲-۲- داده‌های مورد استفاده برای تست الگوریتم

¹ Aggregate score

Test	Laparoscopic surgery	Seismology	Computer systems according to biological models	Optical recording	Lasers
Rate of change of patent applications over time 1a (%)	76	36	33	49	33
1b (%)	60	12	14	14	14
Applicant turnover 2a (%)	130	27	952	20	16
2b (%)	202	147	2482	143	93
Applicant / patent profile 3a (years)	3	4	3	4	4
3b (years)	1	0	3	3	4
Patent holding 4a (%)	17	49	18	67	59
4b (%)	18	23	39	13	24
4c (%)	65	28	43	19	17
Classification term / technology trend 5a - science	15	15	1	12	3
5a - /00s	3	1	5	5	3
Citation analysis 6a (%)	9	0	6	3	6
6b (%)	4	0	21	6	11
Total score (%)	63	42	53	47	32

شاخص‌ها؛ در این پژوهش از ۱۳ شاخص که بعضی از آن‌ها مشخصه فناوری‌های برهم‌زننده هستند و برخی دیگر مشخصه فناوری‌های مبتنی بر علم و فناوری‌های نوظهور، استفاده شده است. شاخص‌ها میزان نسبی مشاهده هر ویژگی در داده‌ها، قبل از ظهور را منعکس می‌کنند. تعدادی از این ویژگی‌ها، معرفی و به تعدادی از آن‌ها به صورت کلی اشاره شده است. به عنوان مثال ویژگی‌های مربوط به مخترعین و یا ویژگی‌هایی که با استفاده از تحلیل شبکه ارجاعات و یا کدهای طبقه‌بندی استخراج می‌شوند، مشخص نشده است و فقط یک توضیح کلی در مورد آن‌ها، ارائه شده است. در هر صورت، ویژگی‌هایی که در مقاله معرفی شده‌اند به شرح زیر است:

۱. ویژگی "رونق مضاعف"^۱، مشخصه پرونده‌های ثبت اختراع در طول زمان (دو پیک برای نمودار تعداد پتنت‌های در طول زمان)
۲. نرخ نسبتاً بیشتر اختراعات اعطا شده (و/یا ثبت شده) در یک فناوری برهم‌زننده نسبت به فناوری‌های دیگر
۳. در مرحله رشد اولین رونق، تعداد زیادی از متقاضیان جدید وارد حوزه فناوری می‌شوند
۴. تعداد نسبتاً زیاد متقاضیان مختلف برای تعداد معینی از پرونده‌های اولیه
۵. در مراحل اولیه رشد فناوری برهم‌زننده (اولین رونق)، بیشتر متقاضیان، تعداد اختراعات ثبت شده کمی دارند
۶. در اوایل چرخه عمر فناوری، به نسبت، تعداد زیادی حق ثبت اختراع توسط نهادهای غیرشرکتی، مانند دانشگاه‌ها یا بخش مدیریت IP آن‌ها، نگهداری می‌شود
۷. افزایش قابل توجه تعداد مخترعان جدید در اوایل چرخه عمر فناوری که نشان‌دهنده جذب سرمایه‌ها به سمت خود و ظهور تکنولوژیکی سریع و قریب‌الوقوع است.
۸. با ظهور فناوری، تعداد درخواست‌ها برای هر متقاضی، افزایش می‌یابد
۹. اندازه پورتفولیوهای نگهداری شده توسط واحدهایی با اندازه‌های خاص مهم است. به عنوان مثال، فناوری‌ها در مراحل اولیه چرخه عمر، بیشتر مورد علاقه فضای آکادمیک هستند و متقاضیان پتنت‌های کمتری دارند. در حالی که، فناوری‌های توسعه یافته، بیشتر احتمالاً تحت سلطه شرکت‌های بزرگ با پورتفولیوهای بزرگ هستند.
۱۰. افزایش قابل توجه در تعداد کدهای طبقه‌بندی اختصاص داده شده به درخواست‌های ثبت اختراع بین مراحل رشد رونق اول و دوم
۱۱. درخت ارجاعات دارای شاخه‌های کوتاه یک زمینه نابالغ را نشان می‌دهد. تعداد کم شاخه‌های بلندتر، نشان می‌دهد که پتانسیل فنی زمینه مورد نظر، ظرفیت دو پیک فعالیت ثبت اختراع در طول زمان را دارد

¹ Double boom

نتایج پژوهش؛ خروجی این پژوهش، توسعه یک جعبه ابزار با استفاده از آموزش و تست یک الگوریتم برای ارزیابی پتانسیل برهم‌زندگی فناوری‌های نوظهور است. لیست فناوری‌های برهم‌زننده‌ای که برای آموزش و تست الگوریتم مورد استفاده قرار گرفتند شامل Fibre-reinforced plastics, Cyclonic vacuum, Flash memory, A-D conversion, RFID transponders, Seismology, Optical recording و Lasers است.

بررسی؛

- در این پژوهش، یک جعبه‌ابزار توسعه داده شده که توانایی ارزیابی پتانسیل برهم‌زندگی فناوری‌های مختلف را دارد. در واقع برای ارزیابی هر فناوری، باید داده‌های ثبت آن جمع‌آوری و شاخص‌های مربوطه استخراج شوند. سپس الگوریتم موجود با استفاده از این شاخص‌ها، نمره‌ای برای مشخص کردن پتانسیل برهم‌زندگی آن اختصاص می‌دهد.
- چارچوب این پژوهش محدود به فناوری‌های جدید مبتنی بر دانش و با پیشرفت غیرتدریجی است.
- این پژوهش توسط دفتر مالکیت فکری انگلیس انجام شده و از این جهت قابل توجه است. اگرچه پژوهش مربوط به سال ۲۰۱۰ است.
- یکی از معایب این پژوهش این است که شاخص‌های مورد استفاده و وزن هر یک از شاخص‌ها و به طور کلی داده‌های مورد نیاز برای آموزش الگوریتم مانند معیارهای عددی، آستانه‌های اولیه و غیره در متن مقاله بیان نشده‌اند.

۲-۳- روش مبتنی بر مسیر توسعه ثبت اختراع و مدلسازی موضوعی [17]

این پژوهش در سال ۲۰۱۶ منتشر شده است و تعریف آن برای یک فناوری برهم‌زننده محصول یا خدمتی است که برای مجموعه جدیدی از مشتریان طراحی شده باشد که تغییرات انقلابی را در هدایت فرآیندها یا عملیات‌ها، بیشتر از سایر محصولات ارائه شده توسط شرکت‌های مستقر ایجاد می‌کند. کریستنسن بحث می‌کند که در بازار بالغ، محصولات جدید با طراحی یا رویکرد رقابتی جدید، در ابتدا نسبتاً بی‌ضرر به نظر می‌رسند، اما پس از مدتی، جایگزین محصولات بالغ در بازار می‌شوند. فناوری‌های برهم‌زننده، ترکیبی از فناوری‌های جدید و موجود هستند که امکان تغییر محصولات فناوری موجود یا ایجاد محصولات کاملاً جدید را دارند.

در این پژوهش به منظور شناسایی و رصد فناوری‌های برهم‌زننده بالقوه، از روش مسیر توسعه ثبت اختراع^۲ استفاده می‌شود. این روش بر ارجاعات ثبت اختراع، برای شناسایی روابط پیچیده بین پتنت‌ها و اهمیت نسبی آن‌ها، تکیه می‌کند و می‌تواند اطلاعاتی در مورد وضعیت فعلی و تاریخچه فناوری ارائه دهد. آنالیز k-core نیز برای شناسایی و طبقه‌بندی زیرگروه‌های مختلف فناوری استفاده می‌شود. همچنین از روش مدل‌سازی موضوعی^۳، مفاهیم اصلی با استفاده از چکیده پتنت‌ها استخراج شده و با کمک کارشناسان، فناوری‌های مربوطه (زیر گروه‌های مختلف فناوری) مشخص می‌شوند. در این پژوهش از صنعت فتوولتائیک برای سنجش اعتبار روش پیشنهادی استفاده شده است.

مراحل کار، شامل گام‌های زیر است:

گام اول؛ گردآوری داده

این گام خود شامل انتخاب منبع جستجو، انتخاب کلیدواژه‌ها، انتخاب بازه زمانی برای جستجو، جستجوی پتنت‌ها از منابع انتخاب شده در بازه مشخص، غربال پتنت‌ها و گردآوری ارجاعات پسین است. در اینجا، از پایگاه داده

^۲ Patent-development paths of technologies

^۳ Topic modeling

PATSTAT به عنوان منبع جستجوی پتنت‌ها استفاده شده است. جستجو در بازه زمانی ۱۹۷۸ تا ۲۰۱۲ انجام و بر اساس کدهای طبقه‌بندی بین‌المللی (IPC)، غربال و پتنت‌های غیرمرتبط از نتایج حذف شده‌اند. به منظور اطمینان از در نظر گرفتن همه نوآوری‌ها و همه ارجاعات مربوطه، Extended patent family برای جمع‌آوری نوآوری‌ها و ارجاعات مربوط به آن‌ها لحاظ شده است. در نهایت ۹۳۲۸ پتنت حاصل شد.

گام دوم؛ ترسیم مسیر توسعه ثبت اختراع

در این مرحله، ابتدا، شبکه ارجاعات پتنت ساخته شده و بر اساس طول زیرگراف‌های متصل، ۵۰۲۹ پتنت انتخاب می‌شود. با استفاده از الگوریتم پیشنهادی (choi and park, 2009)، مسیر توسعه ثبت اختراع برای ۷۳۵ پتنت دارای تعداد ارجاعات بالا، ترسیم می‌شود.

گام سوم؛ خوشه‌بندی

در این گام، از آنالیز k-core، برای درک جزییات ساختار داخلی شبکه ارجاعات پتنت استفاده می‌شود و سه ناحیه حاوی زیرمجموعه‌های منسجم با clique-like structures شناسایی می‌شود. در مرحله بعد، کارشناسان، سه فناوری اصلی فتوولتائیک یعنی crystalline silicon, organic solar cells and thin-film را که هر کدام متناظر با یک هسته k هستند، مشخص کردند.

گام چهارم؛ شناسایی فناوری‌های برجسته در هر خوشه

در این مرحله، با استفاده از روش مدل‌سازی موضوعی، واژه‌ها و موضوعات پر تکرار در هر خوشه استخراج می‌شود. به این منظور، چکیده پتنت‌ها را به عنوان ورودی به نرم‌افزار Stanford topic modeling toolbox داده و خروجی شامل لیست کلمات و موضوعات پر تکرار در چکیده پتنت‌ها حاصل می‌شود. سپس کارشناسان این حوزه، با استفاده از این لیست، فناوری‌های برجسته در هر خوشه را شناسایی می‌کنند (شکل ۲-۲).

گام پنجم؛ تحلیل مراحل توسعه فناوری فتوولتائیک

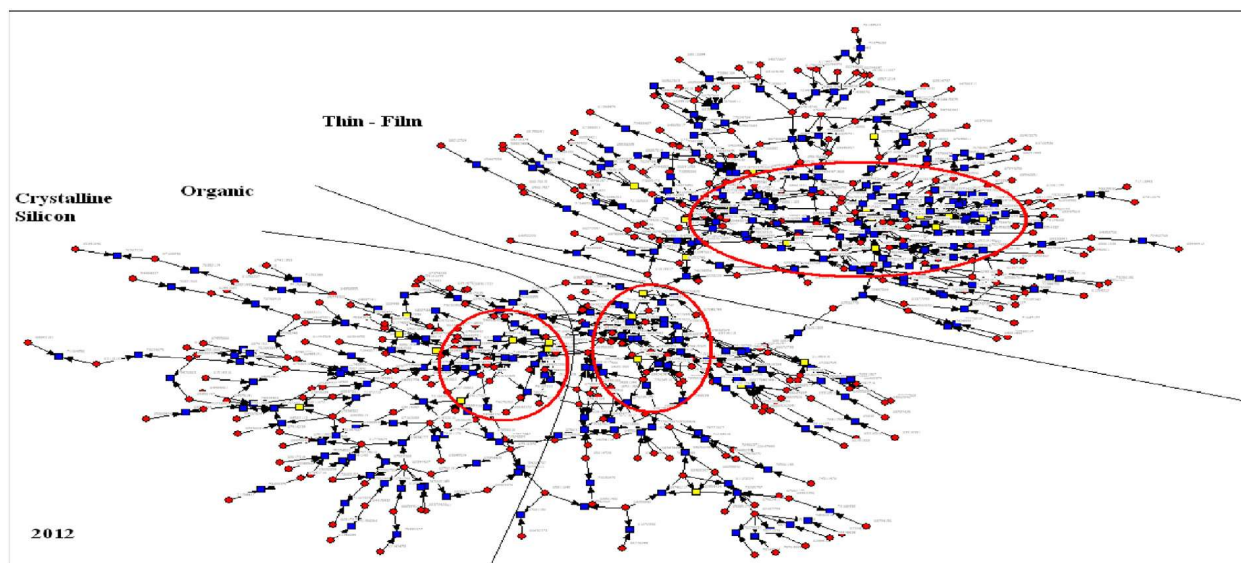
در ادامه، از سه خوشه، برای تفسیر مراحل توسعه فناوری فتوولتائیک استفاده شده است. به این ترتیب که مسیرهای توسعه ثبت اختراع به چهار دوره معرفی، رشد، بلوغ و مرحله همگرایی، طبق نمودار چرخه عمر فناوری تقسیم می‌شود. مسیرهای توسعه بر اساس تعداد پتنت‌ها (پتنت‌های پراجاع)، زمان ظهور هر کدام از فناوری‌ها (خوشه‌ها)، نرخ رشد پتنت‌ها، نحوه ارجاع فناوری به خود و به دیگر فناوری‌ها و غیره تحلیل می‌شوند. به عنوان مثال با استناد به مقاله (Christensen, 1997)، یکی از خصوصیات فناوری‌های برهم‌زننده این است که به صورت مستقل رشد می‌کنند و خود را به سرعت رشد می‌دهند. این مفهوم در تعداد بالای ارجاعات درونی یک خوشه و افزایش تعداد پتنت‌ها در بازه زمانی کوتاه برای فناوری thin film مشاهده می‌شود. همچنین شناسایی پتنت‌ها در جایی که مسیرهای توسعه مختلف همگرا می‌شوند و تحلیل آن‌ها نیز دارای اهمیت است.

گام ششم؛ شناسایی فناوری‌های مستقل مهم در هر خوشه

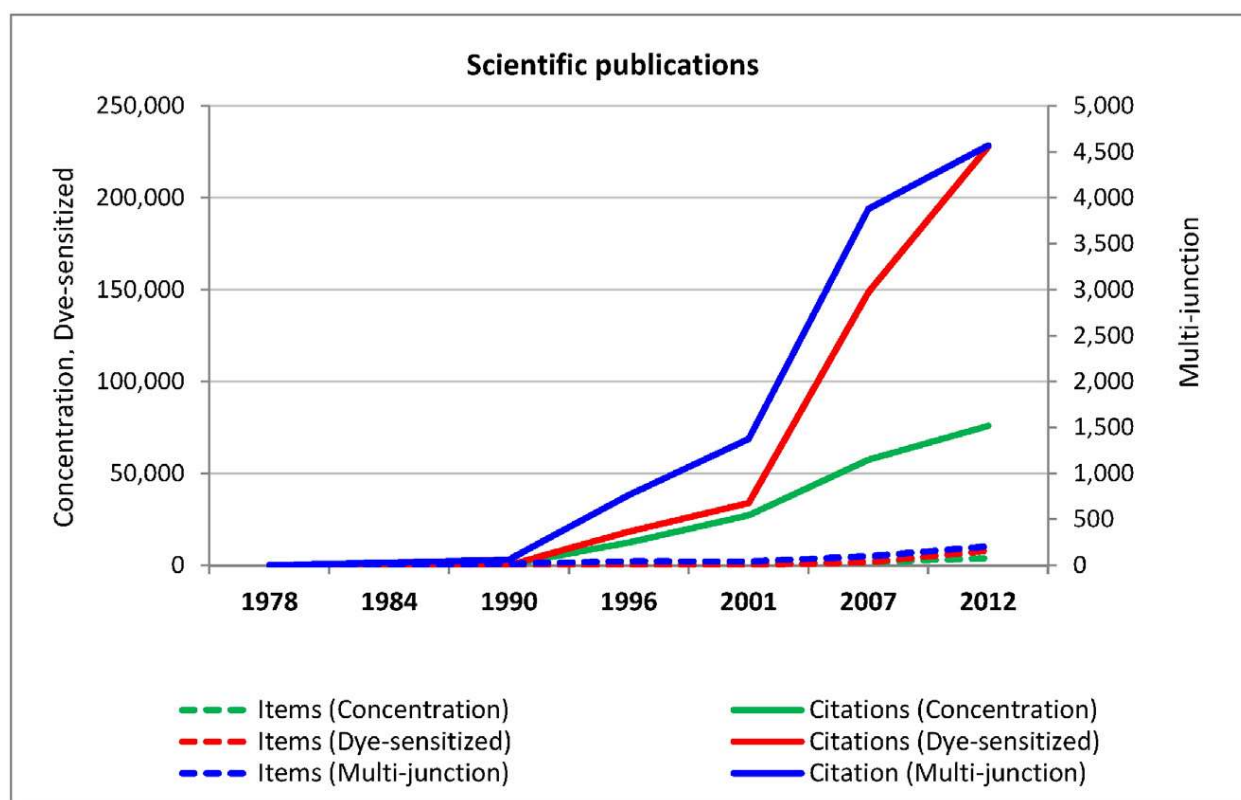
در مرحله بعد، مجدداً با استفاده از آنالیز k-core و مدل‌سازی موضوعی، فناوری‌های مستقل مهم در هر خوشه، مشخص می‌شوند. این فناوری‌ها به احتمال زیاد، پتانسیل برهم‌زندگی دارند.

گام هفتم؛ تحلیل مقالات آکادمیک

در این گام، مقالات مرتبط با فناوری‌های مستقل مهم (که دارای پتانسیل برهم‌زندگی هستند) در گام قبل با استفاده از پایگاه Thomson Reuters Web of Knowledge استخراج شده و نمودار تعداد مقالات و همچنین تعداد ارجاعات به هر کدام از فناوری‌های ترسیم می‌شود (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۲- خوشه‌های فناوری‌های شناسایی شده



شکل ۲-۳- نمودار تعداد مقالات و تعداد ارجاعات به هر کدام از فناوری‌های شناسایی شده با پتانسیل برهم‌زندگی

نتایج پژوهش؛ در صنعت فتوولتائیک، فناوری thin film احتمالاً جایگزین فناوری غالب، یعنی crystalline

silicon خواهد شد. همچنین فناوری های concentration، multi-junction و dye-sensitized پتانسیل تبدیل شدن به فناوری های برهم زننده در سه فناوری اصلی صنعت فتوولتائیک را دارند. به عبارتی دیگر، در هر یک از سه حوزه مهم صنعت فتوولتائیک، یعنی thin film، crystalline silicon و organic، به ترتیب فناوری های concentration، multi-junction و dye-sensitized توانایی مختل کردن فناوری های موجود در این صنعت را دارند.

آزمون اعتبار نتایج^۴

برای آزمون اعتبار نتایج، مسیر توسعه انتشار و ارجاع پتنت ها تا سال ۲۰۰۸، با مسیر توسعه انتشار و ارجاع پتنت ها تا سال ۲۰۱۲، با هم مقایسه شده است (جدول ۲-۳). به عبارتی اگر نتایج به هم نزدیک باشند، پس روش پیشنهادی پایش فناوری در واقع می تواند به عنوان مبنایی برای پیش بینی فناوری مورد استفاده قرار گیرد. نتایج یک همبستگی قوی بین پیشرفت های گذشته و آینده در مسیرهای توسعه ثبت اختراع را نشان داد.

جدول ۲-۳- آزمون اعتبار نتایج

Path dependency between patent-development path until 2008 and 2012.

Items	Patent-development path until 2008	Patent-development path until 2012	Overlap between the patents included in the path until 2008 with the patents included in the path until 2012 (in %)
Filed patent	6610	9328	100.00
Size of the largest component	3124	5029	100.00
Number of highly cited patents in the path	480	735	72.92
Number of origin patent	317	394	77.29
Number of terminus patent	161	313	63.98
Number of intermediate patent	2	28	100.00
Thin-film	227	358	73.13
Organic	95	173	70.52
Crystalline silicon	158	204	74.05
Concentration technology	76	191	80.26
Dye-sensitized technology	21	76	76.19
Multi-junction technology	50	82	78.00

⁴ Robustness test

بررسی

مزیت‌ها؛

- ۱- توانایی توضیح رابطه بین فناوری‌های رایج فعلی و تغییرات فناورانه برهم‌زننده
- ۲- پیش‌بینی جهت تغییرات فناورانه در مقیاس میکرو
- ۳- خوشه‌بندی با استفاده از روش مدل‌سازی موضوعی که یک رویکرد آینده‌نگر است
- ۴- تعداد استنادات بالا به این پژوهش!

معایب؛

- ۱- همانطور که در متن مقاله هم اشاره شده است، روش‌های مبتنی بر ارجاعات، می‌توانند در مورد وضعیت فعلی و تاریخچه فناوری کمک کننده باشند. اگرچه در این پژوهش ادعا شده است که با استفاده از روش مدل‌سازی مفهومی، تا حدی این مشکل مرتفع شده و رویکرد آینده‌نگرانه هم چاشنی روش اصلی شده است، ولی باید توجه داشت که مدل‌سازی موضوعی روی اختراعاتی که قبلاً با استفاده از معیار "ارجاعات بالا" فیلتر شده‌اند، انجام شده و این از نقاط ضعف این روش است.
- ۲- در نظر گرفتن مسیرهای اصلی توسعه پتنت و نادیده گرفتن مسیرهای جزئی به منظور کاهش حجم داده که البته اگر از نظر نرم‌افزاری مشکلی نباشد، می‌توان همه مسیرها را تحلیل کرد.
- ۳- در قسمت پایانی پژوهش یعنی بحث و نتایج، ذکر شده است که اگر تعداد پتنت‌ها از ۱۲ هزار پتنت بیشتر باشد، هیچ یک از رایانه‌ها و نرم‌افزارهای رایج، قادر به محاسبه الگوریتم نیستند!
- ۴- آزمایش اعتبار روش، فقط روی فناوری موردنظر انجام شده است، در صورتی که به آزمایش روی طیف وسیع‌تر و متنوع‌تری از فناوری‌ها نیاز دارد.
- ۵- تفاوت بین تعداد ارجاعات در دفاتر ثبت اختراع مانند USPTO و سایر دفاتر ثبت اختراع را می‌توان به عنوان محدودیت روش‌های مبتنی بر ارجاعات در نظر گرفت. به همین منظور در پژوهش

آقای مومنی ۲۰۱۶، سعی شده است تنها با استفاده از پتنت‌های اعطا شده از اداره ثبت اختراع ایالت متحده آمریکا، بر این مشکل غلبه شود. این استراتژی، این اطمینان را می‌دهد که فقط ارجاعات مهمی را که در سطح جهانی گزارش شده‌اند، تحلیل شوند. و البته به نوبه خود منجر به حذف تعدادی از نوآوری‌ها و اختراعات خواهد شد.

۲-۴- مدل پیش بینی پتانسیل برهم‌زنندگی فناوری با مدل همه‌گیری SIRS [18]

در این پژوهش که در سال ۲۰۱۶ منتشر شده است، مفهوم توسعه یافته فناوری برهم‌زننده که از نظریه کریستنسن اقتباس شده است، پیشنهاد می‌شود. یک فناوری برهم‌زننده، یک فناوری نوظهور است که از یک مسیر فناورانه متفاوت از فناوری موجود پیروی می‌کند. عملکرد جانبی بالاتری دارد که می‌تواند در ابتدا بازارهای خاص/حاشیه‌ای ایجاد کند و در نهایت به طور غیرمنتظره غالب شود. فناوری برهم‌زننده اغلب چالش‌های بزرگی را برای شرکت‌های جا افتاده ایجاد می‌کند، زیرا مدل‌های سود شرکت‌ها و شبکه‌های ارزش موجود را تغییر می‌دهد. به طور کلی، "فناوری برهم‌زننده" که در اینجا مورد بحث قرار گرفته است، به ورود از گوشه بازار محدود نمی‌شود و ممکن است تحت شرایط مختلف برهم‌زنندگی‌های مختلفی را ایجاد کند.

این مقاله، چارچوبی برای پیش بینی فناوری‌های برهم‌زننده بر پایه داده‌های پتنت ارائه می‌دهد. مدل همه‌گیری SIRS یا مدل "مستعد، عفونی، بهبود یافته و مستعد" با اندازه‌گیری سرعت انتقال در سیستم نفوذ فناوری معرفی می‌شود. از این مدل برای پیش‌بینی قطعی پتانسیل قدرت برهم‌زنندگی فناورانه و صنعتی در کوتاه مدت و به طور تصادفی برای پیش‌بینی شیوع گسترده فناوری برهم‌زننده برای حوزه‌های پیشنهادی بهره گرفته شده است. در اینجا فناوری RFID به عنوان فناوری مورد مطالعه انتخاب شده است. این روش سه مزیت دارد:

اول، از منظر منبع داده، اینکه پتنت‌ها و اسنادها ابزارهای مناسبی برای شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده هستند. دوم، انتشار فناوری توسط انتشار اطلاعات انجام می‌شود که شبیه به فرآیند انتشار بیماری است. مدل اپیدمی که در اینجا استفاده می‌شود، قادر به ایجاد رابطه مشابه بین فرآیند عفونی و فرآیند انتشار فناوری، و تجزیه و تحلیل انتشار فناوری برهم‌زننده به روشی غیرخطی است تا درجه بالای عدم قطعیت در توسعه فناوری به خوبی مورد بررسی قرار گیرد.

سوم، این مدل پیش‌بینی زمینه‌های کاربردی بالقوه را از منظر تأثیرات تکنولوژیکی و صنعتی که فناوری برهم‌زننده

احتمالاً ایجاد می‌کند، امکان‌پذیر می‌سازد.

به منظور حل چالش پیش‌بینی حوزه‌های کاربرد فناوری برهم‌زننده، سه سوال در اینجا مورد بحث قرار می‌گیرد:

اولاً، پس از ورود به یک حوزه کاربردی خاص، آیا فناوری برهم‌زننده جایگزین فناوری موجود شده و در کوتاه مدت غالب می‌شود؟

دوم، با توجه به این شرط که زمانی که نرخ انتشار اولیه بسیار کم است، ممکن است فناوری برهم‌زننده کاملاً توسط بازار نادیده گرفته شود، آیا در دراز مدت برهم‌زندگی ایجاد می‌کند؟

ثالثاً، با توجه به وجود دو نوع برهم‌زندگی، یعنی برهم‌زندگی در صنعت و برهم‌زندگی در فناوری، فناوری مورد بحث، چه نوع برهم‌زندگی را ایجاد خواهد کرد؟

در این پژوهش مدل اپیدمی $SIRS^5$ معرفی شده تا به سوالات فوق با مدل‌های قطعی^۶ و تصادفی^۷ پاسخ داده شود. از مدل قطعی، ابتدا برای محاسبه نرخ کلی انتشار فناوری برهم‌زننده و سپس ارزیابی احتمال شیوع آن در حوزه کاربردی خاص در کوتاه مدت و سپس، برای ارزیابی احتمال وقوع برهم‌زندگی صنعتی و فناورانه استفاده می‌شود. مدل تصادفی با فرآیند شاخه‌زایی ترکیب می‌شود تا احتمال "شیوع اصلی" فناوری برهم‌زننده در حوزه‌های کاربردی پیشنهادی در دراز مدت ارزیابی شود. شکل زیر چارچوب تحقیق ذکر شده در بالا را نشان می‌دهد که از چهار گام تشکیل شده است (شکل ۲-۴):

گام اول؛ درک و ارتباط بین مدل اپیدمی بیماری و فرآیند انتشار فناوری برهم‌زننده

گام دوم؛ تشریح جریان اطلاعات در فرآیند انتشار فناوری با تقلید از مدل SIRS

⁵ SIRS: Susceptible, Infectious, Recovered and Susceptible

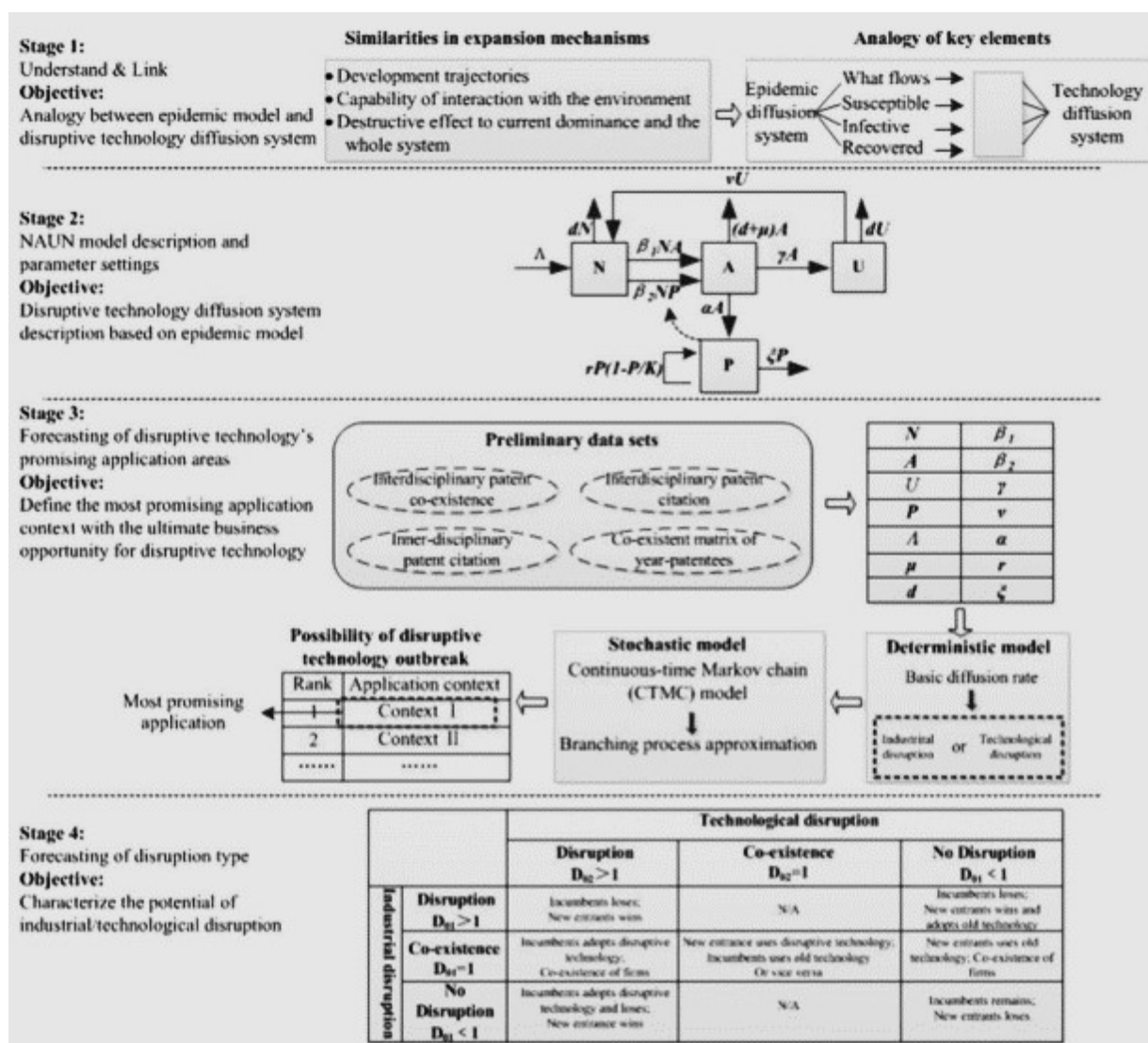
⁶ Deterministic

⁷ Stochastic

گام سوم؛ ارزیابی احتمال برهم‌زندگی در کوتاه مدت (بلندمدت) بر اساس مدل قطعی (تصادفی)

گام چهارم؛ پیش‌بینی احتمال برهم‌زندگی صنعتی و فناوری

به دلیل اینکه این پژوهش در چارچوب پروژه حاضر قرار نمی‌گیرد، جزییات بیشتر ذکر نمی‌گردد.



شکل ۲-۴- چارچوب روش پیشنهادی

نتایج پژوهش؛ در این پژوهش، فناوری RFID به عنوان یک فناوری برهم‌زننده مورد بررسی قرار گرفته است. در این بررسی، اثر برهم‌زندگی فناوری RFID در سه حوزه کاربردی فناوری زنجیره تامین و موجودی ملزومات مصرفی^۸، فناوری پزشکی از راه دور (تله‌مدیسین^۹) و فناوری‌های پوشیدنی^{۱۰} تحلیل شده است. نتایج آنالیزها حضور طولانی مدت فناوری RFID در دو حوزه زنجیره تامین و موجودی ملزومات مصرفی و پزشکی از راه دور و همچنین سهم بازار برجسته‌ای در آینده این فناوری‌ها را نشان می‌دهد. همچنین اثر برهم‌زندگی کوتاه‌مدت و بلندمدت فناوری RFID در این حوزه‌ها پیش‌بینی شده است. در مورد کاربرد فناوری RFID در حوزه فناوری‌های پوشیدنی، تحلیل‌ها نشان می‌دهند که فناوری RFID به مدت طولانی در این حوزه به کار برده می‌شود، اگرچه سهم بازار آن امیدوارکننده نیست. همچنین RFID توسط شرکت‌های حوزه فناوری‌های پوشیدنی پذیرفته می‌شود و به احتمال زیاد یک بازار نیچ^{۱۱} ایجاد خواهد کرد، اما نمی‌تواند جایگزین بازار فناوری غالب موجود شود.

بررسی

در این پژوهش، ابتدا احتمال شیوع فناوری برهم‌زننده در حوزه کاربردی خاص در کوتاه مدت ارزیابی و سپس احتمال وقوع برهم‌زندگی صنعتی و فناورانه بررسی شده است. همچنین در مرحله بعد احتمال شیوع جدی فناوری برهم‌زننده در حوزه‌های کاربردی پیشنهادی در دراز مدت مورد تحلیل قرار گرفته است. بنابراین این پژوهش در چارچوب پروژه حاضر قرار نمی‌گیرد.

^۸ supply chain & inventory technology

^۹ telemedicine technology

^{۱۰} wearable technology

^{۱۱} niche market

۲-۵- پیش‌بینی فناوری برهم‌زننده بر پایه چرخه هایپ گارتنر با استفاده از روش یادگیری ماشینی

[19]

در این پژوهش که در سال ۲۰۱۹ منتشر شده است، فناوری که سه ویژگی زیر را برآورده می‌کند، فناوری برهم‌زننده بالقوه نامیده می‌شود و اینکه آیا می‌تواند به یک فناوری برهم‌زننده تبدیل شود، مستلزم قضاوت در مورد این است که آیا یک فرصت بازار مناسب، یک مدل کسب و کار مناسب و یک رهبر تجاری قوی برای دستیابی به براندازی وجود دارد یا خیر.

۱- اول اینکه باید فناوری مختل شده‌ای وجود داشته باشد. اگرچه گاهی اوقات این تنها یک فناوری نیست که مختل می‌شود. یکپارچگی عمیق، تغییراتی را در روش‌های تولید بسیاری از صنایع به وجود آورده است. مثلاً فناوری "اینترنت +"، بسیاری از صنایع خدمات سنتی را مختل کرده است.

۲- فناوری برهم‌زننده مانند سایر فناوری‌های پایدار، دائماً در حال تکامل و توسعه است، اما فناوری‌های برهم‌زننده، به بهبود سریع شاخص‌های عملکرد اصلی از فناوری پایدار، دست خواهند یافت.

۳- فناوری برهم‌زننده تأثیرات اقتصادی- اجتماعی را به همراه خواهد داشت که می‌تواند در سمتی که فناوری بیشتر مورد توجه است و زندگی افراد بیشتری را تحت تأثیر قرار می‌دهد، منعکس شود.

روش انجام کار؛

گام اول؛ انتخاب فناوری‌ها

انتخاب فناوری‌ها بر اساس داده‌های گارتنر از ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۸ انجام شده است.

گام دوم؛ برچسب‌گذاری

در این مقاله، ۳۸۷ فناوری نامزد به صورت دستی برچسب‌گذاری شدند. در واقع فناوری‌ها با دو لیبل "yes" به

معنای فناوری برهم‌زننده با کد یک و لیبل "no" به معنی فناوری غیربرهم‌زننده! با کد صفر، مشخص شدند. در این مرحله از نظرات کارشناسان برای برچسب‌گذاری فناوری‌ها بر اساس سه ویژگی گفته شده برای فناوری‌های برهم‌زننده، استفاده شده است.

گام سوم؛ استخراج ویژگی‌ها

جمع‌آوری داده‌های مختلف رسانه‌های اجتماعی و داده‌های تحقیقاتی (از مقالات و پتنت‌ها) و استخراج خودکار ۶۵ ویژگی کلیدی از داده‌های سری زمانی با استفاده از tsfresh انجام شده است. در ادامه، منابع داده‌های مختلف نام برده شده است. نکته قابل ذکر در این مرحله از کار، توجه به این نکته است که فناوری به طور مداوم در حال پیشرفت است و حتی فناوری‌های برهم‌زننده شناخته شده نیز پتانسیل ایجاد برهم‌زندگی مجدد را دارند، بنابراین هنگام جمع‌آوری داده‌ها باید به انتخاب پنجره‌های زمانی مناسب توجه کرد. اینکه آیا معیار اصلی فناوری برهم‌زننده عموماً توسط عموم در طول یک دوره زمانی خاص پذیرفته شده است یا خیر، با این که آیا هنوز یک فناوری برهم‌زننده است قضاوت نمی‌شود. در مورد RFID، RFID زمانی یک فناوری برهم‌زننده بود، اما اکنون با کدهای QR کم‌هزینه‌تر از بین رفته است.

- استخراج ۷ ویژگی از نمودارهای Gartner Hype Cycle
- سری زمانی Google Trends به عنوان معیاری برای سنجش توجه افراد به فناوری نامزد با استفاده از نسخه پایتون Google Trend API و استخراج ویژگی‌ها با استفاده از tsfresh. Google Trend API داده‌های ترند مکانی را نیز در اختیار قرار می‌دهد. ویژگی شاخص اثربخشی مکانی^{۱۲} نیز با فرمول $GTR = NR/NC$ استخراج می‌شود که NR تعداد مناطقی است که فناوری موردنظر در آنجا شناسایی شده و NC تعداد کل مناطق را نشان می‌دهد.
- داده‌های Google Books Ngram، می‌تواند برای جستجو در منحنی فراوانی یک اصطلاح در همه انتشارات

¹² Influential metric

از سال ۱۸۰۰ تا کنون استفاده شود. با استفاده از این پلتفرم، امکان اندازه‌گیری توجه به یک فناوری و میزان رشد آن وجود دارد. داده‌های سری زمانی با استفاده از نسخه پایتون Google Books Ngram API قابل دریافت است. ویژگی‌ها نیز با استفاده از tsfresh استخراج شده است.

- روند انتشارات علمی از Scopus؛ داده‌های انتشارات علمی عمدتاً برای اندازه‌گیری پتانسیل رشد فناوری موردنظر استفاده می‌شود. در اینجا فرض شده است که اگر یک فناوری، دارای پتانسیل باشد، سازمان‌ها و نویسندگان بیشتری به این فناوری ورود می‌کنند. داده‌های سری زمانی مقالات، ارجاعات و نویسندگان، با استفاده از نسخه Scopus API6 دریافت و ویژگی‌های هر یک از این سری‌های زمانی با استفاده از tsfresh استخراج شده است.

- روند ثبت اختراعات از USPTO؛ داده‌های ثبت اختراع برای اندازه‌گیری پتانسیل رشد در تکامل فناوری‌های موردنظر، استفاده شده است و همچنین فرض شده است که اگر یک فناوری دارای پتانسیل باشد، سازمان‌ها و افراد بیشتری به آن ورود می‌کنند. با استفاده از نسخه پایتون USPTO patent search API، نمودار تعداد پتنت‌ها در هر سال دریافت و ویژگی‌های کلیدی آن با استفاده از tsfresh استخراج شده است.

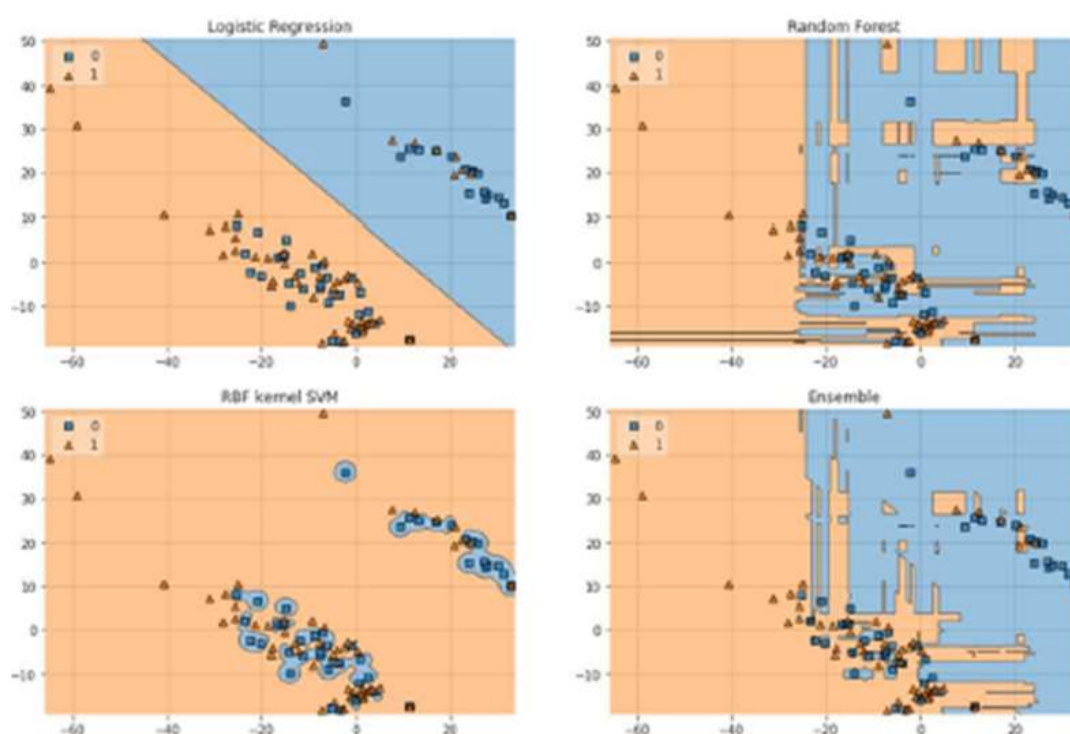
گام چهارم؛ آموزش و تست الگوریتم

بعد از استخراج ویژگی‌ها برای هر کدام از این فناوری‌ها، یک ماتریس با ابعاد (۳۸۷، ۳۹۸۱) حاصل شد که شامل ۳۸۷ فناوری و ۳۹۸۱ ویژگی بر هر کدام از فناوری‌ها است. ۲/۳ از این داده‌ها برای آموزی الگوریتم و ۱/۳ بقیه برای تست الگوریتم در نظر گرفته شدند. ۴ الگوریتم یادگیری ماشینی نظارت شده رگرسیون لجستیک^{۱۳}، جنگل تصادفی^{۱۴}، RBF kernel SVM و Ensemble (که ترکیبی از رگرسیون لجستیک، جنگل تصادفی، RBF kernel SVM به نسبت ۲:۱:۱ است) برای آنالیز داده‌ها، انتخاب شد. همانطور که در شکل (۲-۵)، نشان داده شده است، **نتایج پژوهش**؛ الگوریتم رگرسیون لجستیک بهتر از سایر الگوریتم‌ها، داده‌ها را مدل کرده است. به بیان دقیق‌تر،

¹³ Logistic Regression

¹⁴ Random Forest

با در نظر گرفتن معیارهای ارزیابی برای ۴ الگوریتم استفاده شده شامل صحت^{۱۵}، پوشش^{۱۶} و معیار $f1$ ^{۱۷}، می‌توان گفت که الگوریتم رگرسیون لجستیک بهتر عمل کرده است. البته به گفته خود نویسنده مقایسه در اینجا برای اثبات این نیست که کدام الگوریتم بهترین عملکرد را در پیش‌بینی فناوری برهم‌زننده دارد. هدف این پژوهش این است که نشان دهد که چگونه می‌توان پیش‌بینی فناوری را با استفاده از روش‌های یادگیری ماشینی نظارت شده انجام داد. شاید اگر منبع داده تغییر داده شود، الگوریتم دیگری بهتر جواب دهد. همچنین قابل ذکر است که در این پژوهش، اسامی فناوری‌های برهم‌زننده مورد استفاده برای آموزش و تست الگوریتم، ذکر نشده است.



شکل ۲-۵-۴ الگوریتم یادگیری ماشینی نظارت شده برای مدل‌سازی داده‌ها

^{۱۵} Precision

^{۱۶} Recall

^{۱۷} f1-score

مزایای روش؛

- استفاده از داده‌های رسانه‌های اجتماعی که منعکس کننده نیازها و علایق مردم به فناوری‌های مختلف است
- استفاده از بسته منبع باز 'tsfresh' Python Package برای استخراج خودکار ویژگی‌های آماری سری زمانی. قابل ذکر است که کارهای دیگر که تحلیل روند را انجام می‌دهند، از ویژگی‌های تعریف شده خود استفاده می‌کنند که ممکن است اطلاعات ترند سری‌های زمانی مهم را از دست بدهند.
- تکرارپذیری روش و قابلیت کنترل آن

معایب روش؛

- فقط داده‌های سری زمانی در نظر گرفته شده است.
- نتیجه کار این نیست که کدام الگوریتم بهترین عملکرد را در پیش‌بینی فناوری برهم‌زننده دارد. هدف این پژوهش تنها این است که نشان دهد که چگونه می‌توان پیش‌بینی فناوری را با استفاده از روش‌های یادگیری ماشینی نظارت شده انجام داد.
- همچنین یک سیستم پیش‌بینی نه تنها نرخ تغییر پارامترهای مورد نظر، بلکه دومین مشتق تغییر را باید بتواند ردیابی کند، یعنی افزایش نرخ تغییر. افزایش سرعت تغییرات ممکن است نشانگر برهم‌زندگی قریب الوقوع باشد که در ویژگی‌ها منعکس خواهد شد.

۲-۶- پیش‌بینی فناوری‌های برهم‌زننده بر پایه شناسایی فناوری‌های مرزی و فناوری‌های شکافنده

[20]

این پژوهش در سال ۲۰۲۱ توسط دانشگاه پست و مخابرات شیان چین با همکاری دپارتمان سیستم‌های اطلاعات کامپیوتری دانشگاه پلی‌تکنیک ایالتی کالیفرنیا و دانشکده مدیریت دانشگاه لوتری کالیفرنیا، منتشر شده است و عنوان آن "پژوهش در مورد شناسایی فناوری برهم‌زننده در صنعت اطلاعات و ارتباطات الکترونیکی چین بر اساس ضریب تاثیر پتنت^{۱۸}" است. بر اساس تعریف پذیرفته شده در این پژوهش، یک فناوری زمانی برهم‌زننده تلقی می‌شود که استفاده از آن، محصولاتی با ویژگی‌های عملکردی متفاوت تولید کند که ممکن است توسط مشتریان فعلی ارزش‌گذاری نشده باشد. فناوری برهم‌زننده، نوآوری است که به طور قابل توجهی نحوه عملکرد مصرف‌کنندگان یا مشاغل را تغییر می‌دهد. با این حال، بسیاری از فناوری‌های برهم‌زننده، اصول یا مفاهیم کاملاً جدید نیستند، بلکه انتقال فناوری موجود از یک حوزه به حوزه دیگر یا تلاقی چندین فناوری موجود هستند. فناوری برهم‌زننده، می‌تواند منجر به برهم‌زندگی در فناوری قدیمی، یک مدل تجاری یا جامعه شود. از نقطه نظر مسیر فناوری، فناوری برهم‌زننده چرخه عمر فناوری قدیمی را می‌شکند و مسیر فناوری جدید را تشکیل می‌دهد. بنابراین برای پیش‌بینی کردن فناوری‌های برهم‌زننده، روش‌های سنتی پیش‌بینی فناوری (به ویژه فناوری‌های پایدار) مناسب نیستند.

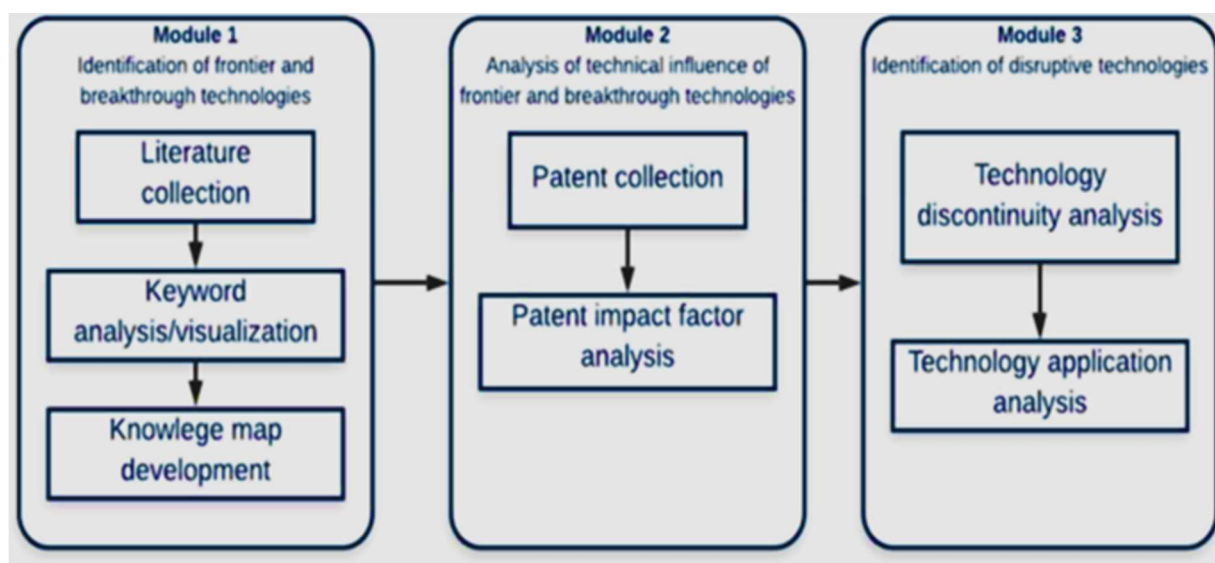
در روش پیشنهادی این پژوهش، شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده بر شناسایی فناوری‌های مرزی^{۱۹} و فناوری‌های شکافنده^{۲۰} متکی است. در این مقاله، فناوری‌های مرزی به فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که جهت توسعه یک حوزه فنی خاص را نشان می‌دهد. همچنین فناوری‌های شکافنده به فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که توجه زیادی را در ادبیات علمی به خود جلب می‌کنند و تاثیر فنی برجسته‌ای دارند.

¹⁸ Patent Influence

¹⁹ Frontier technologies

²⁰ Breakthrough technologies

چارچوب این روش بر اساس سه ماژول است (شکل ۲-۶). ماژول ۱ برای شناسایی فناوری‌های frontier و breakthrough، از طریق آنالیز کلمات کلیدی^{۲۱} و توسعه نقشه دانش^{۲۲}، طراحی شده است. در این ماژول، ابتدا ادبیات مربوط به حوزه‌های مرتبط، جمع‌آوری و سپس، کلمات کلیدی (فناوری‌های کلیدی) تعیین می‌شود و در مرحله سوم، از ابزار نقشه دانش برای تجسم و تحلیل شبکه‌های دانش و شناسایی فناوری‌های frontier و breakthrough استفاده می‌شود. ماژول ۲، برای تجزیه و تحلیل تاثیر فنی فناوری‌های frontier و breakthrough، طراحی شده است. در این ماژول، ابتدا پتنت‌های مرتبط را جمع‌آوری کرده و سپس از ضریب تاثیر ثبت اختراع^{۲۳} برای تجزیه و تحلیل تاثیر فنی فناوری‌های frontier و breakthrough استفاده می‌شود. ماژول ۳ برای شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده بالقوه طراحی شده است. در این ماژول، از تحلیل ناپیوستگی فناوری^{۲۴} و تحلیل کاربردهای فناوری برای شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده استفاده می‌شود.



شکل ۲-۶- چارچوب روش پیشنهادی

²¹ Keyword analysis

²² Knowledge map

²³ Patent impact factor

²⁴ Discontinuity analysis

گام اول (ماژول ۱): جمع‌آوری مقالات^{۲۵}، آنالیز کلمات کلیدی و آنالیز نقشه دانش

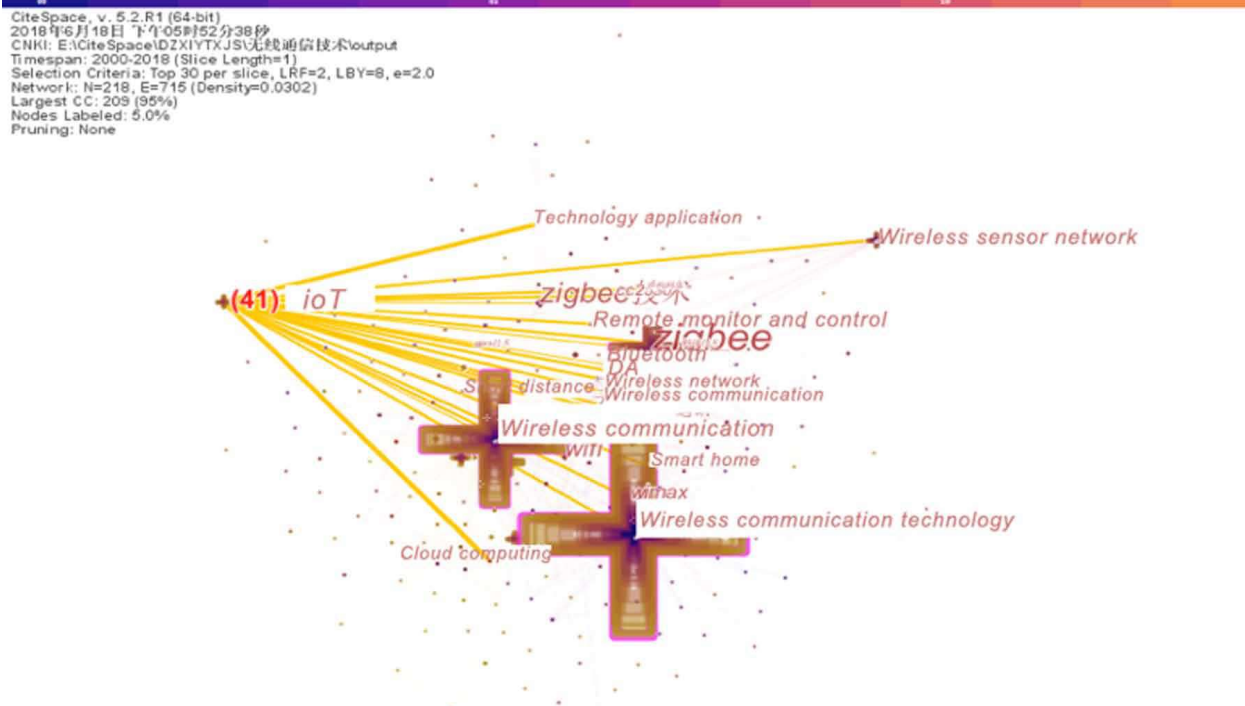
مطالعه موردی این پژوهش با تمرکز بر حوزه ICT انجام شده است. از آنجایی که توسعه نسل جدید فناوری اطلاعات بر توسعه ارتباطات سیار و ارتباطات بی‌سیم، تمرکز دارد و هر دو زمینه توجه جامعه پژوهشی را به خود جلب کرده است، این مطالعه موردی بر روی فناوری‌های کلیدی در زمینه ارتباطات سیار و ارتباطات بی‌سیم تمرکز دارد. در این مقاله، پایگاه داده ژورنال‌های دانشگاهی چین (CNKI^{۲۶}) به عنوان منبع داده انتخاب شده است و بازه زمانی از ژانویه ۲۰۰۰ تا آوریل ۲۰۱۸ در نظر گرفته شده است. جستجو بر مبنای کلمات کلیدی مربوط به دو حوزه ارتباطات سیار و ارتباطات بی‌سیم انجام و اسناد غیرمرتبط از نتایج حذف شده است. قابل توجه است که به منظور جلوگیری از توضیحات اضافه، در بخش تحلیل مقالات، فقط شکل‌ها و تحلیل‌های مربوط به فناوری ارتباطات بی‌سیم توضیح داده شده است.

ادبیات علمی در زمینه‌های مرتبط، منبع داده برای ماژول ۱ است. CiteSpace یک برنامه کاربردی جاوا و یک ابزار آنالیز نقشه دانش در ادبیات علمی است. نمودار مربوط به آنالیز هم‌وقوعی کلمات کلیدی در فناوری ارتباطات بی‌سیم در شکل (۲-۷) نشان داده شده است. شکل (۲-۸) نیز، نمودار مربوط به شبکه تغییر فرکانس کلمات کلیدی^{۲۷} را در فناوری‌های ارتباطات بی‌سیم نشان می‌دهد که از آن می‌توان سیر تحول فناوری‌های کلیدی را مشاهده کرد.

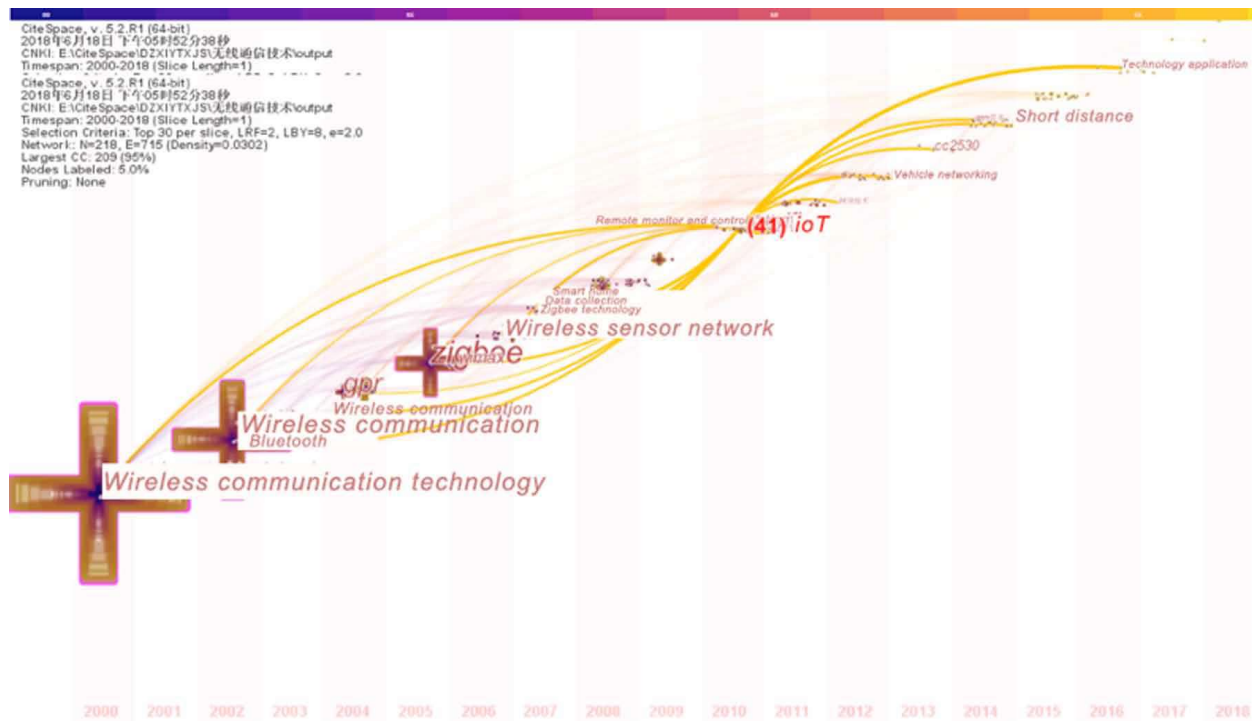
²⁵ Data collection

²⁶ Chinese academic journals

²⁷ Keyword frequency change network



شکل ۲-۷- آنالیز هم‌وقوعی کلمات کلیدی در فناوری ارتباطات بی‌سیم



شکل ۲-۸- نمودار مربوط به شبکه تغییر فرکانس کلمات کلیدی در فناوری‌های ارتباطات بی‌سیم

سه معیار عددی فرکانس کلمات کلیدی، مرکزیت^{۲۸} و burst value از نمودارها و آنالیزهای بالا، قابل محاسبه هستند. فرکانس یا فراوانی یک فناوری، نشان‌دهنده محبوبیت فناوری است. مرکزیت در این پژوهش، درصد تعداد کوتاه‌ترین مسیرها را در یک شبکه هم‌وقوعی کلمات کلیدی، که یک گره (کلمه کلیدی) به آن تعلق دارد، اندازه‌گیری می‌کند. گره با مرکزیت بالا، به عنوان پل ارتباطی بین فناوری‌های مختلف در شبکه عمل می‌کند و نقش اتصال فناوری را ایفا می‌کند. مرکزیت می‌تواند در شناسایی فناوری‌های مرزی و برهم‌زننده کمک کند. burst value نیز با بررسی تغییر فرکانس کلمات در طول زمان به دست می‌آید. همچنین از فرکانس تکرار کلمات کلیدی، می‌توان زمینه‌های تحقیقاتی در حال ظهور را تعیین کرد.

شناسایی فناوری‌های frontier؛ در جدول (۲-۴)، ۱۰ فناوری برتر ارتباطات بی‌سیم بر اساس burst value آن‌ها (فناوری‌های مرزی)، لیست شده است. فناوری اینترنت اشیا که مقدار burst value آن به ۶/۲ می‌رسد، یک فناوری frontier در زمینه ارتباطات بی‌سیم است.

جدول ۲-۴ - ۱۰ فناوری برتر ارتباطات بی‌سیم بر اساس burst value آن‌ها (فناوری‌های مرزی)

Technology name	Burst	Centrality
IoT	6.2	0.03
Zigbee technology	3.2	0.06
Ultra-wideband technology	2.8	0.03
Shared spectrum technology	2.4	0
Multiple Antenna Technology (Massive MIMO)	2	0
bluetooth technology	1.8	0.01
Smart grid	1.2	0.02
Vehicle networking technology	1.2	0
Smart home	1.1	0.03
Cognitive radio	1	0

شناسایی فناوری‌های Breakthrough؛ همانطور که در جدول (۲-۵)، نشان داده شده است، فناوری‌های ارتباطات

²⁸ Centrality

بی‌سیم، دارای فرکانس و burst value بالا در شبکه هم‌وقوعی هستند. ترکیب فرکانس بالا و burst value بالا، می‌تواند شاخص فناوری شکافنده^{۲۹} را برای توضیح پتانسیل برهم‌زندگی، اندازه‌گیری کند. از شکل (۲-۸) و جدول (۲-۵)، می‌توان نتیجه گرفت که اینترنت اشیا، شاخص‌ترین فناوری شکافنده از بین تمام فناوری‌های مربوط به ارتباطات بی‌سیم است.

جدول ۲-۵- فناوری‌های مهم ارتباطات بی‌سیم بر اساس فرکانس و burst value بالا در شبکه هم‌وقوعی (فناوری‌های Breakthrough)

frequency	Burst	Technology name
161	0	Wireless sensor network technology
123	6.2	Internet of Things technology
101	3.2	Zigbee technology
46	1.1	Smart home
32	2.8	Ultra-wideband technology
28	1.2	Smart grid
24	0	cdma
18	1.8	bluetooth
6	1.2	Vehicle networking technology
4	1	Cognitive radio

گام دوم (ماژول ۲): جمع‌آوری پتنت‌ها و آنالیز ضریب تاثیر پتنت‌ها

از آنجایی که فناوری‌های مرزی و فناوری‌های شکافنده برای شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده استفاده می‌شوند، تاثیر فنی فناوری‌های شناسایی شده با پتانسیل برهم‌زندگی، بر اساس "ضریب تاثیر پتنت" اندازه‌گیری می‌شود. Derwent Innovation Index (DII) به عنوان منبع داده پتنت‌های فنی در زمینه‌های مرتبط استفاده شده است. فناوری‌های مرزی و شکافنده شناسایی شده (جداول ۲-۴ و ۲-۵)، به عنوان موضوعات مورد جستجو استفاده می‌شوند.

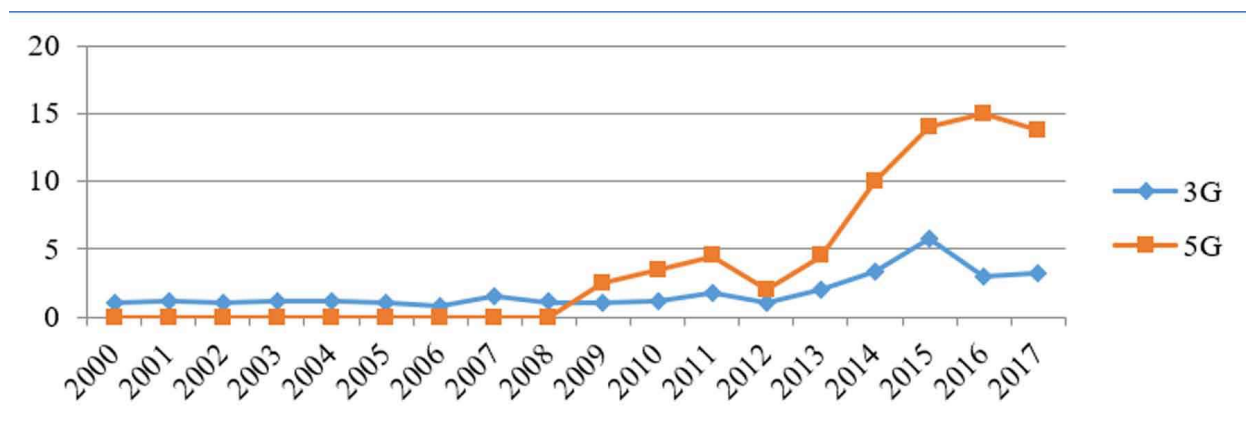
سو و همکاران در ۲۰۱۶ (به این مقاله دسترسی وجود نداشت)، شاخص شناسایی "ضریب تاثیر ثبت اختراع" را

²⁹ Technical breakthrough index

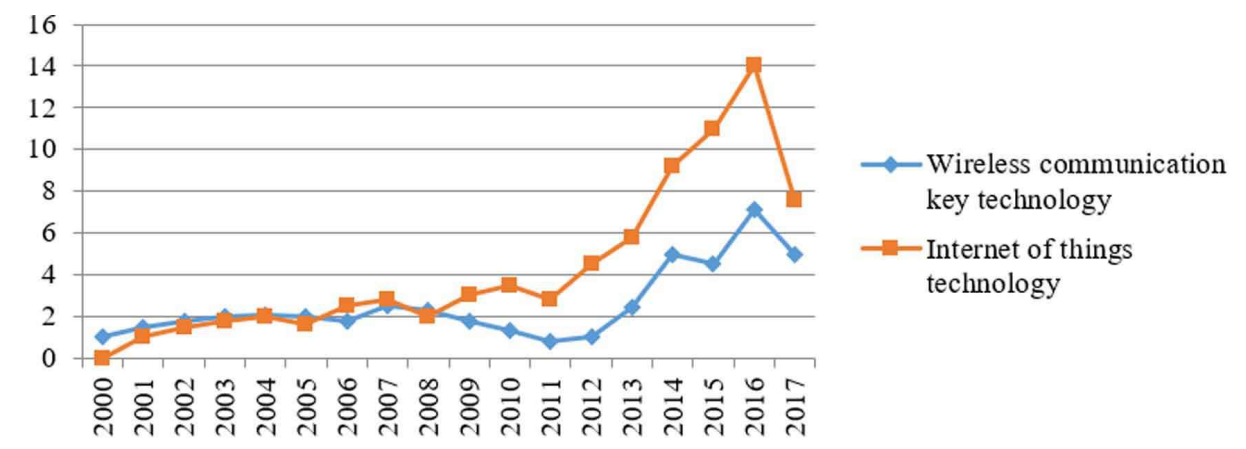
به عنوان مهم‌ترین شاخص برای مسیر تغییرات^{۳۰} فناوری برهم‌زننده، ارائه کردند. ضریب تاثیر ثبت اختراع، به نسبت تعداد کل استندهای یک فناوری ثبت شده در سال انتشار و دو سال پس از آن به تعداد کل اختراعات در آن سال اشاره دارد. در حالت کلی سه شاخص شامل تعداد اختراعات، تعداد استنادات و نرخ استناد به پتنت، می‌توانند به وضوح تفاوت بین فناوری برهم‌زننده و فناوری پایدار را در مسیر توسعه نشان دهند. اما از آنجا که جمع‌آوری هر سه شاخص به سرعت امکان‌پذیر نیست، ضریب تاثیر ثبت اختراع به عنوان ابزاری برای ارزیابی فناوری‌های برهم‌زننده بالقوه استفاده می‌شود، با توجه به اینکه ضریب تاثیر ثبت اختراع به زمان حساس‌تر است. در پایان این پژوهش، دو نمودار نرخ استناد به پتنت برای مقایسه فناوری‌های 3G و 5G و همچنین نرخ استناد سه ساله به پتنت برای مقایسه فناوری‌های اینترنت اشیا و ارتباطات بی‌سیم، ارائه شده است (شکل‌های ۲-۹ و ۲-۱۰). در نمودار شکل ۱۰، مشخص است که پتنت‌های مربوط به فناوری 5G، دیرتر ظاهر شده‌اند و در عین حال، این فناوری‌ها، نرخ استناد بالاتری در مراحل اولیه دارند. این داده‌ها در کنار تحلیل‌های دیگر مانند ظرفیت و سرعت انتقال بالای داده، بهبود قابل توجه نسبت به فناوری 4G در امنیت سیستم، تاخیر انتقال، تجربه کاربر و ...، پیش‌بینی برهم‌زننده بودن این فناوری را قوی‌تر می‌کند.

نمودار شکل (۲-۱۰)، نیز بیانگر این مطلب است که نرخ استناد به پتنت در فناوری اینترنت اشیا، در حدود سال ۲۰۱۶ به اوج خود می‌رسد. پژوهش‌های دیگر هم این مطلب را تایید می‌کنند که فناوری اینترنت اشیا، به تدریج به عنوان فناوری مرزی و فناوری شکافنده شناخته شده است. از آنجایی که نرخ استناد به پتنت‌های اینترنت اشیا، سال به سال در حال افزایش است، تاثیر فنی آن، بیشتر و بیشتر آشکار می‌شود که نشان‌دهنده توسعه یک فناوری برهم‌زننده است.

^{۳۰} Trajectory



شکل ۲-۹- نمودار نرخ استاندارد به پتنت برای مقایسه فناوری‌های 3G و 5G



شکل ۲-۱۰- نرخ استاندارد سه ساله به پتنت برای مقایسه فناوری‌های اینترنت اشیا و ارتباطات بی‌سیم

قابل ذکر است که در مطالعه موردی، آنالیزهای مربوط به مازول ۳، انجام نشده است!

نتایج پژوهش؛ در این پژوهش نسل جدید فناوری‌های ICT یعنی ارتباطات سیار و ارتباطات بی‌سیم بررسی شده است و هدف آن شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده در هر کدام از این حوزه‌ها است. در پایان، در هر کدام از این دو حوزه، به ترتیب فناوری 5G و فناوری اینترنت اشیا به عنوان فناوری‌های برهم‌زننده شناسایی شده‌اند.

بررسی

نقاط قوت؛

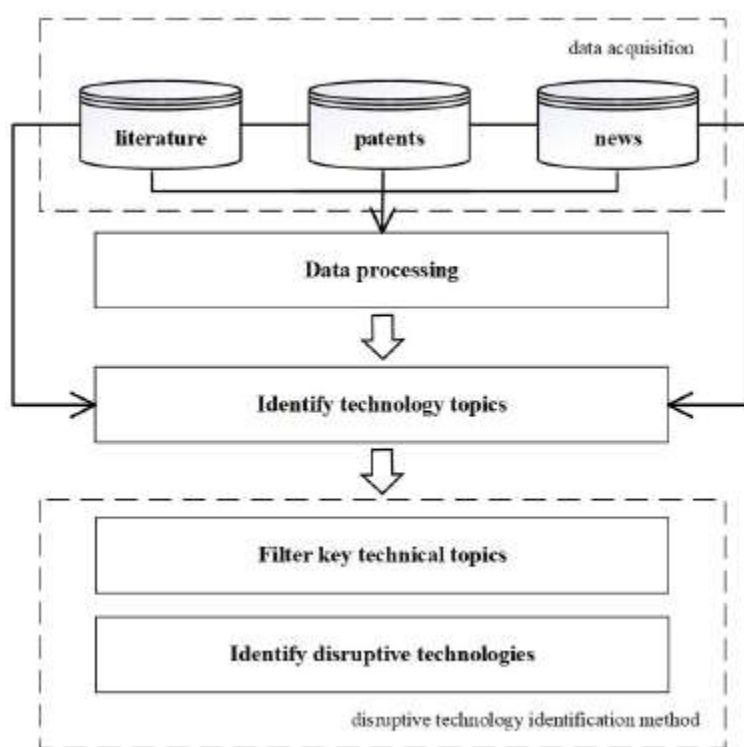
- استفاده از هر دو منبع مقالات و پتنت، از این جهت که مقالات دارای TRL پایین تری نسبت به پتنت‌ها هستند، می‌تواند نقطه قوت روش به حساب آید. اگرچه به دلیل جمع‌آوری داده‌های مقالات علاوه بر پتنت‌ها، حجم کار افزایش می‌یابد (این افزایش بیشتر در بخش غربال داده‌های مرتبط در دسرساز است).

نقاط ضعف؛

- در مطالعه موردی، آنالیزهای مربوط به مازول ۳، انجام نشده است!
- استفاده از مفهوم فناوری‌های مرزی و فناوری‌های شکافنده برای شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده و معرفی شاخص‌های کمی برای شناسایی آن‌ها (اگرچه پایه و اساس این وابستگی (پیش‌نیازی) نیاز به بررسی دارد!)

۲-۷- شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده بر پایه منابع و شاخص‌های چندگانه [21]

این پژوهش که در سال ۲۰۲۱ منتشر شده است، یک چارچوب تشخیص فناوری برهم‌زننده مبتنی بر منابع چندگانه را برای شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده، پیشنهاد می‌کند (شکل ۲-۱۱). سه نوع داده مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از، مقالات، پتنت و اخبار که به ترتیب برای پرداختن به اهمیت و نقش علم، فناوری و بازار در توسعه فناوری برهم‌زننده در نظر گرفته شده‌اند. در این پژوهش، هواپیماهای بدون سرنشین برای مطالعه موردی انتخاب شده است و هدف، شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده در این حوزه است.

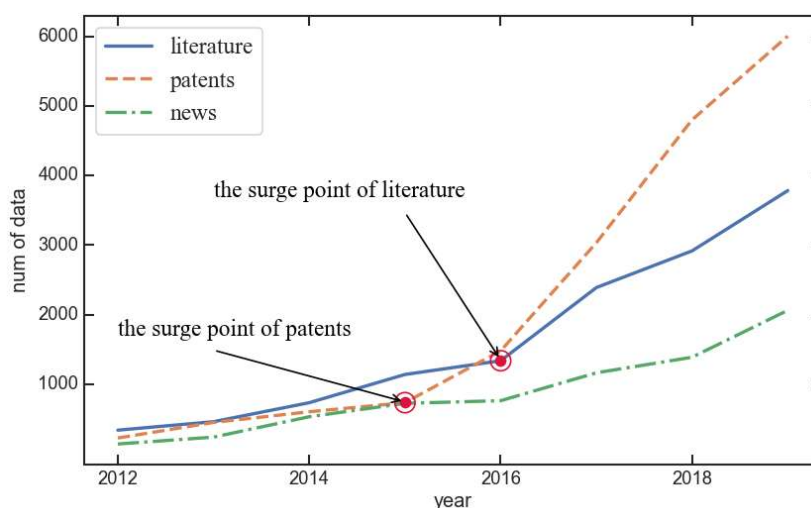


شکل ۲-۱۱- چارچوب تشخیص فناوری برهم‌زننده مبتنی بر داده‌های چندمنبعی

گام اول؛ جمع‌آوری داده‌ها

مقالات مربوط به این حوزه از Web of Science (WoS) و پتنت‌های مربوطه از Derwent Innovations Index (DII) با استراتژی جستجوی "TS = ('Unmanned aerial vehicle' OR UAV* OR dronedevice)" استخراج شده است. داده‌های خبری نیز از Google News و با استفاده از عبارت جستجوی "technology of Unmanned

”aerial vehicle جمع‌آوری شده است. قابل ذکر است که جستجوها در فاصله سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۹ انجام شده است. در نهایت، ۹،۴۴۹ مقاله، ۲۴،۳۸۷ پتنت و ۴،۷۰۴ داده خبری حاصل شد. نمودار شکل (۲-۱۲)، نشان می‌دهد که تعداد مقالات از قبل از سال ۲۰۱۶ به طور پیوسته در حال افزایش است، در حالی که روند اخبار از سال ۲۰۱۷ شروع به افزایش کرده و همچنین در سال ۲۰۱۵، جهشی در روند ثبت اختراع دیده می‌شود که ممکن است به ارزش بالای فناوری پهباد مربوط باشد.



شکل ۲-۱۲- تعداد مقالات منتشر شده در هر سال به تفکیک منبع

گام دوم؛ پیش پردازش^{۳۱} داده‌ها با استفاده از GenSim

گام سوم؛ خوشه‌بندی داده‌ها و شناسایی موضوعات فنی

خوشه‌بندی داده‌ها با استفاده از مدل‌سازی موضوعی LDA انجام شده و ۸ موضوع فنی شامل "the mission", "payload", "flight control and navigation", "flight communication system", "mechanical device", "UAV application", "flight power system", "computer vision" و "task scheduling" استخراج شده

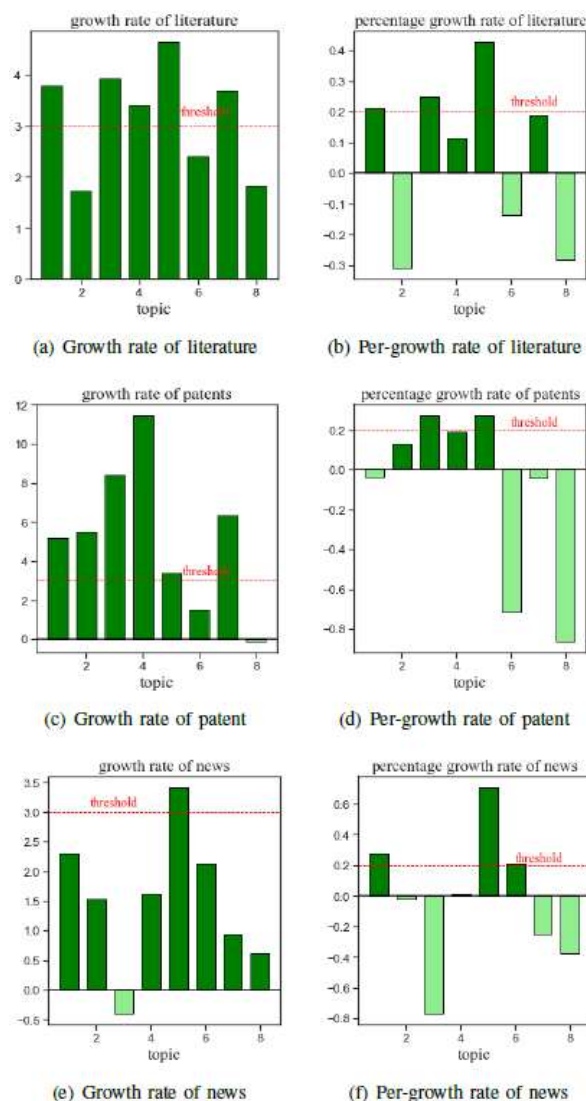
³¹ Preprocessing

است. LDA یک الگوریتم خوشه‌بندی بر اساس متن است که با روش یادگیری ماشینی، گروه‌ها را با مقایسه شباهت بین متون، طبقه‌بندی می‌کند.

گام چهارم: فیلتر کردن موضوعات فنی کلیدی

فناوری‌های برهم‌زننده شبیه به تهاجم گونه‌ها هستند و پس از تجربه رشد اولیه، با سرعت انفجاری افزایش خواهند یافت. بر این اساس، می‌توان به طور منطقی استنباط کرد که تغییرات کمی^{۳۲} در جدول زمانی انواع مختلف داده‌ها، می‌تواند برای انجام غربالگری اولیه موضوعات فنی کلیدی، استفاده شود. بر این اساس، داده‌های آماری به ترتیب به صورت عمودی و افقی فیلتر می‌شود. از منظر عمودی، نرخ رشد و درصد نرخ رشد انواع مختلف داده بر اساس برش‌های زمانی، مقایسه شده و موضوعات کلیدی در سطح عمودی انتخاب شده است. موضوعات با نرخ رشد و درصد رشد بالاتر، به عنوان موضوعات فنی کلیدی انتخاب شده‌اند (شکل ۲-۱۳).

³² Quantitative changes



شکل ۲-۱۳- فیلتر کردن عمودی موضوعات فنی کلیدی

در مرحله فیلتر افقی، داده‌ها به صورتی تحلیل می‌شوند که موضوعات فنی را بدون رشد قابل توجه اما با پتانسیل توسعه فیلتر کنند. در این مرحله، ویژگی‌های کمی سه نوع داده را در یک دوره مشابه، مقایسه می‌کنیم. تعداد مقالات بیشتر، پتنت‌های بیشتر و اخبار بیشتر، نشان‌دهنده بلوغ برنامه‌های تحقیقاتی است. از طرف دیگر، تعداد مقالات کمتر، پتنت‌های کمتر و اخبار کمتر، زمینه‌های تحقیقاتی بی‌اعتنا (منسوخ یا منتشر نشده) را نشان می‌دهد. بین این دو حد، زمینه‌هایی انتخاب می‌شود که معیارهای زیر را دارند.

۱- تعداد مقالات بیشتر، پتنت‌ها و داده‌های خبری کمتر که به این معنی است که تحقیقات علمی انباشته

شده است اما برای تحقق آن خیلی دیر است

۲- تعداد مقالات و داده‌های خبری بیشتر و پتنت‌های کمتر که نشان می‌دهد این موضوع توجه بازار را به

خود جلب کرده است اما در کوتاه مدت نمی‌توان به آن دست یافت

۳- داده‌های خبری بیشتر، تعداد مقالات و پتنت‌های کمتر که ممکن است این گونه توضیح داده شود که

آخرین مرحله ارتقای فناوری، باعث توجه بازار جدید شده است، در حالی که تحقیقات علمی و فناوری

هنوز به آن توجه نکرده است.

در پایان مرحله فیلتر کردن موضوعات فنی، ۵ فناوری "the mission payload"، "flight control and

"navigation"، "flight communication system"، "UAV application" و "computer vision" به عنوان

موضوعات فنی کلیدی انتخاب شدند.

گام پنجم؛ شناسایی فناوری برهم‌زننده

کلمات با فرکانس بالا در موضوعات فنی کلیدی، به عنوان فناوری‌های ثانویه انتخاب می‌شوند (جدول ۲-۶). سپس

برای شناسایی فناوری برهم‌زننده از بین فناوری‌های ثانویه، یک ارزیابی چند شاخصی با استفاده از مقالات و

داده‌های ثبت اختراع انجام می‌شود. بر اساس این فرض که فناوری‌های برهم‌زننده، مراجع تحقیقاتی بعدی به

فناوری‌های جایگزین را قطع می‌کنند، به ترتیب شاخص برهم‌زندگی و اصالت برای اندازه‌گیری میزان براندازی

مقالات و پتنت‌ها معرفی شده است. همچنین نرخ رشد مقالات و تاثیر ثبت اختراع برای توصیف ویژگی‌های

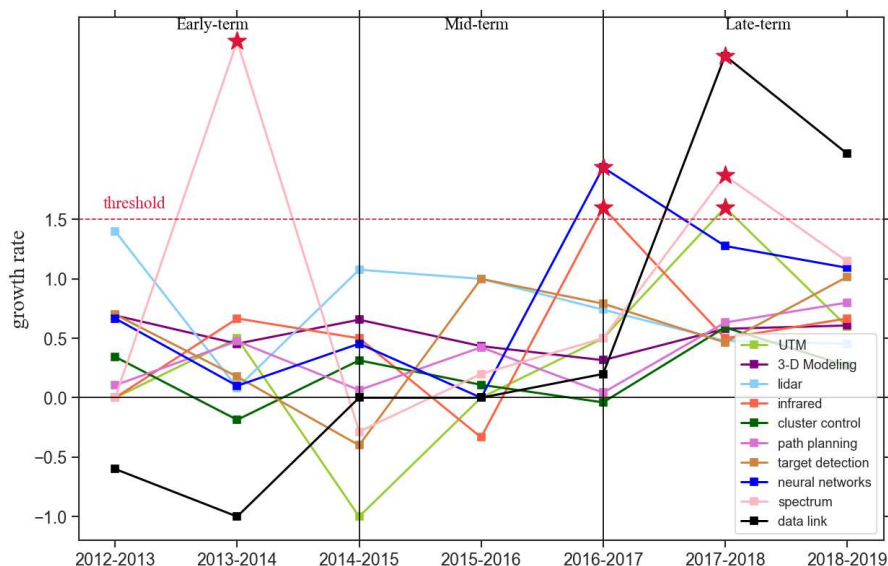
برهم‌زندگی مقالات و پتنت‌ها از منظر مسیر توسعه معرفی شده است.

جدول ۲-۶- لیست فناوری‌های ثانویه

Key technology topic	Secondary technical direction	Num of literature	Num of patents
1 mission load	lidar	547	115
	infrared thermal sensor	109	189
2 flight control and navigation	intelligent cluster control	91	155
	path planning	268	510
3 flight communication system	spectrum channel	39	30
	data link	126	138
5 UAV application	UTM	54	126
	3-D environment modeling	129	168
7 computer vision	target recognition	131	365
	neural network	237	196

۱. نرخ رشد؛ می‌توان از نرخ رشد مقالات، به عنوان شاخص منعکس‌کننده تغییرات علمی در طول زمان، استفاده کرد (شکل ۲-۱۴). نرخ رشد به صورت زیر تعریف می‌شود که در آن R_t ، نرخ رشد مقالات در سال t است، N_t ، تعداد مقالات در سال t است. اگر نرخ رشد در سطح بالایی حفظ شود، به این معنی است که انباشتگی مقالات در این زمینه صورت گرفته است. افزایش ناگهانی نرخ رشد نشان می‌دهد که فناوری ممکن است در این مرحله به جهش‌های فنی دست یابد.

$$R_t = \frac{N_t - N_{t-1}}{N_{t-1}} \quad (t = 2, 3, 4 \dots)$$



شکل ۲-۱۴- نرخ رشد مقالات

۲. شاخص اصالت^{۳۳}؛ شاخص اصالت بر اساس مفهوم درونی شبکه پیشنهاد شده است. به طور خاص، اصالت یک مقاله با شبکه استناد جهت دار بین مقاله مرجع و مقاله های بعدی، اندازه گیری می شود. فرض کنید که مقاله مورد نظر X ، به مجموعه ای از مجموعه مراجع قبلی (R)، ارجاع داده است و در مجموعه مقالات بعدی (C)، ذکر شده است. اگر X ، منبع اصلی یا بدوی تری^{۳۴} از دانش باشد، پس بعید است که مقالات مرجع در C به مقالات مرجع در R متکی باشند. فرمول محاسبه نمره اصالت به شکل فرمول ۱ است. N ، تعداد مراجع ذکر شده در مقاله X و M ، تعداد مقالاتی است که به مقاله X ، ارجاع داده اند. همچنین با فرمول ۲ محاسبه می شود:

$$\text{Orig}_{\text{base}} = 1 - \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N x_{nm}$$

$$x_{nm} = \begin{cases} 1 & \text{if } m \text{ cites } n \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

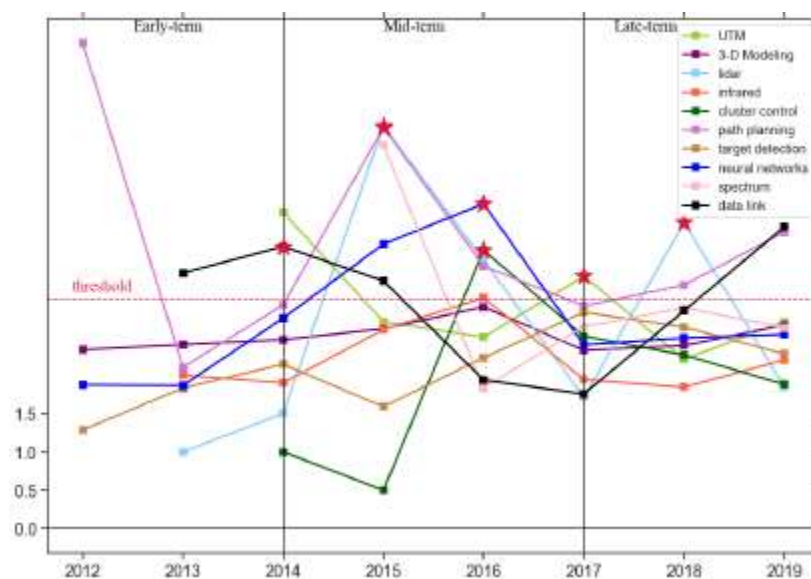
³³ Originality

³⁴ Primitive

۳. ضریب تاثیر پتنت

ضریب تاثیر پتنت، برای شناسایی زود هنگام فناوری‌های برهم‌زننده، پیشنهاد می‌شود. ضریب تاثیر ثبت اختراع یک فناوری در یک سال خاص، نسبت مجموع تعداد استنادات از سال افشای اختراع تا سال سوم، به تعداد پتنت‌ها در آن سال است و از فرمول زیر محاسبه می‌شود که F_t ، ضریب تاثیر پتنت در سال t ، C_1 ، C_2 و C_3 ، نیز به ترتیب تعداد استنادات در سال اول، دوم و سوم انتشار پتنت است و N_t ، تعداد پتنت‌های آن فناوری در سال t است. شاخص ضریب تاثیر پتنت نسبت به سایر شاخص‌ها، به زمان حساس‌تر است و بهتر می‌تواند، جهش‌های فناورانه و وضعیت تحقیقاتی فناوری‌های برهم‌زننده را نشان دهد (شکل ۲-۱۵).

$$F_t = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{N_t}$$



شکل ۲-۱۵- ضریب تاثیر پتنت

شاخص برهم‌زندگی؛

شاخص برهم‌زندگی می‌تواند برای شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده، مورد استفاده قرار بگیرد تا میزان ادغام یا تخریبی که یک اختراع در استفاده‌های بعدی از اجزای سازنده خود، ایجاد می‌کند را اندازه‌گیری کند. سه نوع

ارجاع بعدی^{۳۵} (ارجاع پیشرو^{۳۶} در مقابل ارجاع پسرو^{۳۷})، در شبکه ارجاعات وجود دارد: گره‌هایی که به پتنت اصلی ارجاع می‌دهند، بدون ارجاع به منابع آن، گره‌هایی که هم به پتنت اصلی و هم به منابع آن، ارجاع می‌دهند و گره‌هایی که فقط به منابع پتنت اصلی، پیوند دارند. شاخص برهم‌زنندگی از فرمول زیر محاسبه می‌شود که در آن n_i تعداد کارهایی است که به پتنت X ارجاع می‌دهند، بدون اینکه به مراجع آن ارجاع بدهند، n_j تعداد کارهایی است که هم به پتنت X و هم به حداقل یکی از منابع آن، ارجاع می‌دهند و n_k تعداد کارهایی است که به جای پتنت X، مستقیم به منابع آن ارجاع داده است. مقدار D در بازه [-1, 1] قرار می‌گیرد. مقدار ۱ به معنای برهم‌زنندگی کامل است، در حالی که مقدار -۱ به معنای تاثیر کم است.

$$D = \frac{n_i - n_j}{n_i + n_j + n_k}$$

جهش نرخ رشد نشان می‌دهد که تعداد زیادی از تحقیقات علمی در اینجا متمرکز شده است. ضریب تاثیر پتنت حساس به زمان است و نشان می‌دهد که پتنت‌هایی که قادر هستند به تعداد بالایی استناد در سه سال اول پس از انتشار برسند، محل‌تر هستند. بالا بودن شاخص اصالت و شاخص برهم‌زنندگی نیز به این معنی است که فناوری یک انحصار^{۳۸} در این زمینه تشکیل داده است. طبق پژوهش‌های قبلی، شاخص برهم‌زنندگی بیشتر از ۰/۲ و شاخص اصالت بیشتر از ۰/۹۵، نشان‌دهنده فناوری بسیار برهم‌زننده است (جدول ۲-۷).

نتایج پژوهش؛ به طور خلاصه، حاصل ارزیابی ۴ شاخص گفته شده این است که فناوری‌های path, lidar, intelligent cluster control, data link, planning و neural network به عنوان فناوری‌های برهم‌زننده انتخاب شدند و همچنین UTM به عنوان فناوری برهم‌زننده در میان کاربردهای هواپیماهای بدون سرنشین مطرح است. به عبارتی دیگر این فناوری‌ها، توانایی برهم‌زدن سایر فناوری‌ها در موضوع کلیدی مربوطه را دارند (جدول ۲-۶).

³⁵ Subsequent citations

³⁶ Forward Citation

³⁷ Backward Citation

³⁸ Monopoly

به عنوان مثال، در حوزه mission load، فناوری lidar دارای پتانسیل برهم‌زنندگی است و می‌تواند جایگزین سایر فناوری‌ها در این حوزه شود.

جدول ۲-۷- شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده بر اساس شاخص‌های اصالت و برهم‌زنندگی

Secondary technical direction	Originality	Disruptive index
lidar	0.972 (2013)	0.322 (2018)
infrared thermal sensor	0.946 (2014)	0.125 (2012)
intelligent cluster control	0.943 (2016)	0.226 (2017)
path planning	0.969 (2014)	0.236 (2016)
spectrum channel	0.941 (2017)	0.181 (2015)
data link	0.902 (2016)	0.223 (2017)
UTM	0.868 (2015)	0.261 (2015)
3-D environment modeling	0.903 (2013)	0.212 (2014)
target recognition	0.951 (2013)	0.264 (2015)
neural network	0.963 (2014)	0.235 (2015)

بررسی

- استفاده از منابع متنوع شامل مقالات، پتنت و اخبار که به ترتیب برای پرداختن به اهمیت و نقش علم، فناوری و بازار در توسعه فناوری برهم‌زننده در نظر گرفته شده‌اند و در عین اینکه دقت پیش‌بینی را بالاتر می‌برد، حجم کار را نیز افزایش می‌دهد.
- استفاده از روش LDA برای خوشه‌بندی و استخراج موضوعات فنی
- سیستم ارزیابی چند شاخصی
- استفاده از شاخص‌های کمی و جدید (حداقل در ادبیات پروژه حاضر) مانند شاخص اصالت و شاخص برهم‌زنندگی

۲-۸- شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده بر پایه اطلاعات کاوی علمی و فناوریانه و نظر خبرگان [7]

این پژوهش در سال ۲۰۲۱ منتشر شده است. بر اساس تعریف پذیرفته شده در این پژوهش، فناوری‌های برهم‌زننده معمولاً می‌توانند جایگزین فناوری‌های رایج سنتی موجود شوند و مسیر عملکرد فنی اصلی را با ویژگی‌های عملیات ساده، حمل آسان و هزینه کم تغییر دهند. همچنین فناوری‌های برهم‌زننده را از دو دیدگاه "فناوری محور"^{۳۹} و "بازار محور"^{۴۰} معرفی کرده است. از منظر ارتقای فناوری، اثر برهم‌زندگی را می‌توان هم با جهش‌های فناوریانه^{۴۱} و هم با زمینه کاربردی جدید یک فناوری اصلی ایجاد کرد. از منظر تقاضای مشتری نیز، تقاضای مشتری برای محصولات در بازار منجر به برهم‌زندگی در بازار می‌شود. روش شناسایی فناوری برهم‌زننده در این پژوهش، به دو بخش ۱- تهیه لیست فناوری‌های دارای پتانسیل برهم‌زندگی بر اساس اطلاعات کاوی علمی و فناوری و ۲- ارزیابی لیست تهیه شده بر اساس مشاوره تخصصی (نظرات خبرگان). در بخش تحلیل کمی، سه نوع داده شامل مقالات، پتنت‌ها و پروژه‌ها استفاده می‌شود. در بخش مشاوره تخصصی، رتبه‌بندی فناوری‌های برهم‌زننده بالقوه، توسط یک پرسش‌نامه تخصصی بر اساس "سیستم شاخص سه بعدی ارزیابی پتانسیل برهم‌زندگی فناوری" ارزیابی می‌شود (شکل ۲-۱۶). نتیجه تحقیقات در زمینه انرژی، این است که ۴۵ فناوری برهم‌زننده بالقوه شناسایی شده و رتبه‌بندی برهم‌زندگی آن‌ها تعیین می‌شود.



شکل ۲-۱۶- چارچوب کلی روش

^{۳۹} Technology driven

^{۴۰} Market driven

^{۴۱} Technological breakthrough

۱- تهیه لیست فناوری‌های دارای پتانسیل برهم‌زنندگی بر اساس اطلاعات کاوی علمی و فناوری؛

در شکل (۲-۱۷)، چارچوب تهیه لیست فناوری‌های دارای پتانسیل برهم‌زنندگی به صورت شماتیک نشان داده شده است. این فرآیند شامل ۵ مرحله آماده‌سازی داده‌ها، پیش‌پردازش متون، برداری کردن متن ۴۲، آنالیز خوشه‌ها و تفسیر تخصصی.

۱- آماده‌سازی داده‌ها؛

جمع‌آوری مقالات با کیفیت بالا، پتنت‌های با ارزش و پروژه‌های علمی تحقیقاتی مهم در زمینه موردنظر که در اینجا حوزه انرژی است. مقالات پراستناد^{۴۳} و مقالات داغ^{۴۴} ده سال اخیر در حوزه انرژی از پایگاه WOS، پتنت‌های ده سال گذشته که در ۵ دفتر اصلی ثبت اختراع (چین، آمریکا، اروپا، چین، ژاپن و کره جنوبی) ثبت شده‌اند و پروژه‌های حوزه انرژی منتشر شده در وب سایت رسمی آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته انرژی (ARPA-E) ایالات متحده آمریکا است. مقالات با استناد بالا، ۱٪ مقالات برتر را بر اساس زمینه فنی و سال انتشار منعکس می‌کنند و مقالات داغ در بین یک دهم درصد برتر (۱٪) در یک دوره دو ماهه جاری (از نظر استناد) قرار دارند.

۲- پیش‌پردازش متن؛

داده‌های استخراج شده شامل مقالات، پتنت‌ها و پروژه‌ها، با استخراج اصطلاح، فیلتر کردن ایست واژه‌ها^{۴۵}، ریشه‌یابی کلمات و سایر پیش‌پردازش‌های متن، پیش‌پردازش می‌شوند تا برای داده‌کاوی بعدی آماده شوند. به طور خاص، استخراج اصطلاح می‌تواند روش تشخیص اصطلاح را بر اساس تطبیق با فرهنگ لغت، اتخاذ

^{۴۲} Text vectorization

^{۴۳} Highly cited papers

^{۴۴} Hot papers

^{۴۵} Stop words

کند. فیلتر کردن ایست‌واژه‌ها را می‌توان با فیلتر کردن لیست ایست‌واژه‌ها، انجام داد و ریشه‌یابی کلمات را می‌توان با نرم‌افزارهایی مانند Porter Stemmer and Snowball Stemmer انجام داد. همچنین لازم است که کاراکترهای نامعتبر مانند اعداد ساده، علائم نقطه‌گذاری ۴۶، کاراکترهای فضای خالی حذف شوند.

۳- برداری کردن متن؛

این پژوهش از مدل word2vec برای برداری کردن داده‌های متنی مقالات، پتنت‌ها و پروژه‌ها استفاده می‌کند. قابل ذکر است که مدل word2ve مقالات با عنوان و چکیده ۹۶۵۱۲۶ مقاله WOS در حوزه انرژی آموزش داده شده است. برای آموزش مدل word2ve پتنت‌ها و پروژه‌ها نیز از عنوان و چکیده ۷۰۲۴۹۹ پتنت در زمینه انرژی استفاده شده است (بخاطر اینکه مقدار داده‌های پروژه‌ای برای آموزش مدل کافی نیست). پارامترهای اصلی مورد استفاده در آموزش مدل word2ve عبارتند از: بعد برداری کلمه، ۳۰۰ است، حداقل فراوانی کلمه ۵ است، حداکثر فاصله بین کلمه و کلمه پیش‌بینی شده در یک جمله ۱۰ است و Skip-Gram الگوریتم مورد استفاده است. روش محاسبه برداری کردن متن به شکل زیر است:

الف) انتخاب ویژگی؛ به دلیل ناسازگاری طول متن، این پژوهش از روش مهندسی ویژگی برای استخراج ویژگی‌های کلیدی برای نمایش متن استفاده می‌کند، در اینجا از روش وزن‌گذاری TF-IDF برای استخراج ۳۰ کلمه کلیدی هر متن استفاده شده است.

ب) بردارهای کلمه هر کلمه کلیدی از مدل word2vec به دست آمده و برای تشکیل یک آرایه دو بعدی ترکیب شده‌اند.

ج) عناصر آرایه دو بعدی یکی یکی جمع می‌شوند تا یک آرایه یک بعدی مطابق با طول بردار word2vec تشکیل شود.

⁴⁶ Punctuations

د) آرایه یک بعدی با طول ماژول برداری مربوط به آرایه یک بعدی، با فرمول زیر نرمالیزه شده است:

$$stArray = Array / \sqrt{(Array * Array).sum()}$$

ه) نتیجه محاسبه stArray، بردار جمله متن موردنظر است.

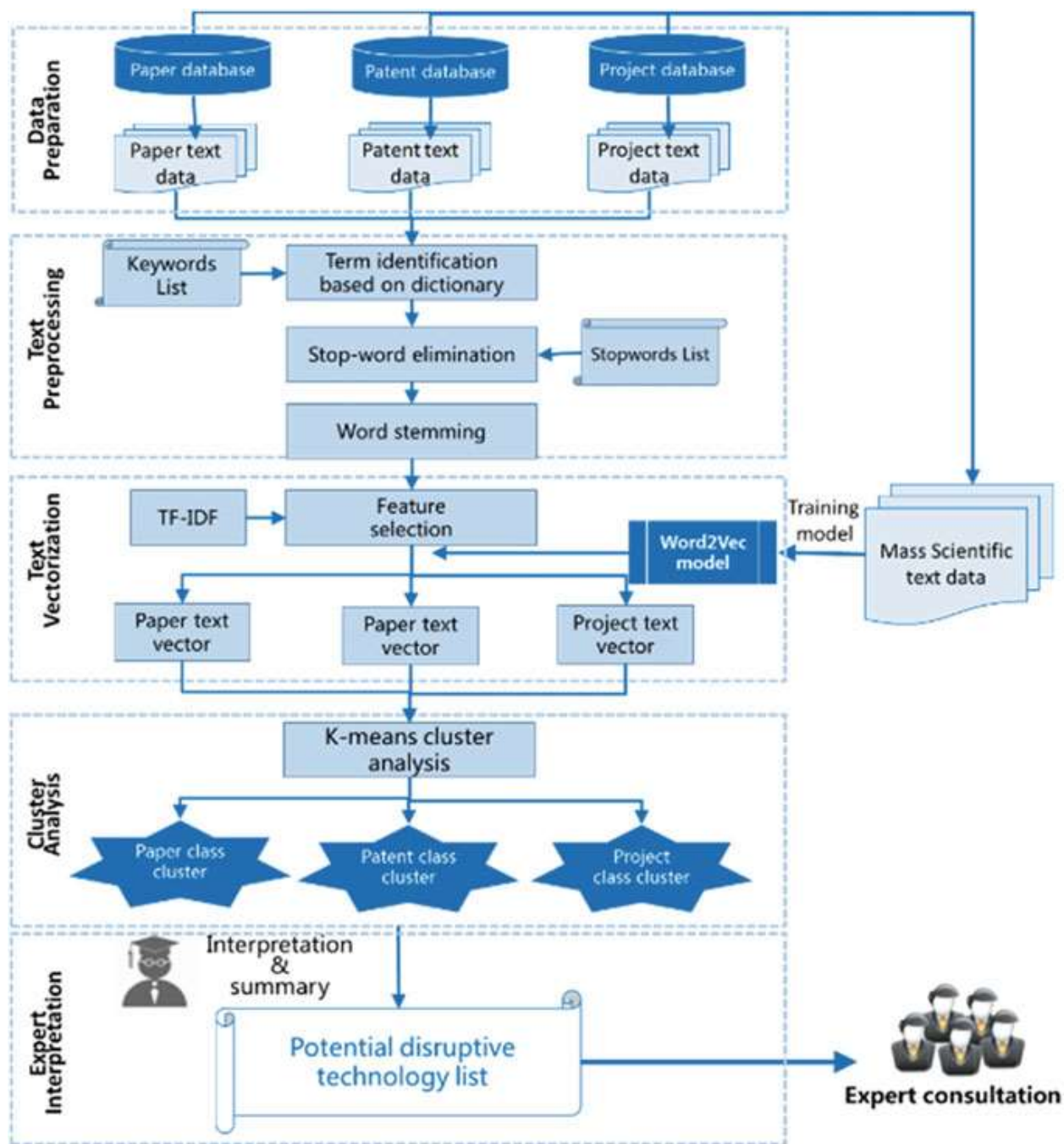
۴- آنالیز خوشه‌ای؛

با استفاده از بردار متن ثبت اختراع، بردار متن مقالات و بردار متن پروژه‌ها، از روش خوشه‌بندی k-means برای خوشه‌بندی استفاده می‌شود و تعداد بهینه خوشه‌ها با توجه به ضریب سیلوئت^{۴۷}، انتخاب می‌شود. در نهایت ۱۵۲ خوشه برای مقالات، ۱۶۲ خوشه برای پتنت‌ها و ۳۱ خوشه برای پروژه‌ها حاصل شده است.

۵- تفسیر تخصصی؛

در این بخش، تحلیل‌گران خوشه‌ها را تفسیر، ادغام، اصلاح و خلاصه می‌کنند. در این پژوهش، ۴۵ فناوری برهم‌زننده بالقوه در حوزه انرژی به دست آمده است که با توجه به حوزه فنی، به پنج دسته طبقه‌بندی شده‌اند.

⁴⁷ Silhouette Coefficient



شکل ۲-۱۷- چارچوب تهیه لیست فناوری‌های دارای پتانسیل برهم‌زنندگی

۶- رتبه‌بندی لیست تهیه شده بر اساس سیستم شاخص سه بعدی و نظرات خبرگان؛

این پژوهش، یک سیستم سه بعدی ارزیابی پتانسیل برهم‌زنندگی فناوری شامل ابعاد علم و فناوری، اقتصاد صنعتی و محیط خارجی را که در جدول (۲-۸) نشان داده شده است، طراحی کرده است. بر اساس سیستم شاخص،

کارشناسان فنی می‌توانند فناوری‌های موجود در فهرست فناوری‌های برهم‌زننده احتمالی را یک به یک امتیاز دهند و رتبه‌بندی کنند. امتیاز بالقوه برهم‌زندگی برای هر فناوری به شرح زیر محاسبه می‌شود که در آن m ، تعداد کارشناسانی است که فناوری را به عنوان فناوری برهم‌زننده تشخیص دهند، $max1$ ، حداکثر تعداد کارشناسانی است که حداقل یک فناوری را به عنوان برهم‌زننده تشخیص داده‌اند. i ، شماره کارشناس، n ، تعداد کارشناسانی است که به فناوری امتیاز می‌دهند، j ، شماره شاخص، k ، تعداد شاخص‌ها، $Score_{ij}$ ، امتیاز کارشناس i به شاخص j است و $max2$ ، حداکثر مقدار امتیاز میانگین کارشناسان در مورد پتانسیل برهم‌زندگی فناوری است.

$$Score = Score 1 + Score 2$$

$$Score 1 = m / max1$$

$$Score 2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Score_{ij} / n * max2$$

در نهایت لیست شامل ۴۵ فناوری با پتانسیل برهم‌زندگی، توسط خبرگان رتبه‌بندی شده است. بر این اساس لیست ۵ فناوری برهم‌زننده در زمینه انرژی که بالاترین نمره را کسب کرده‌اند، در جدول ۲-۹ نشان داده شده است. قابل ذکر است که ستون دوم این جدول شامل حوزه‌های فنی است که در گام پنجم مشخص شده‌اند.

جدول ۲-۸- سیستم سه بعدی ارزیابی پتانسیل برهم‌زندگی فناوری بر اساس نظرات خبرگان

First-grade index	Second-grade index	Evaluation criteria (score range: 1-5)
Technology dimension	Contribution of basic theory	The breakthrough degree of the basic theory of the technology
	Maturity of technology development	The level of development and maturity of the technology
	Wide application of technology	Application scope of the technology, such as electric power, chemical industry, manufacturing industry, transportation industry, or military
	Technical safety	The security performance of the technology, such as external dependence of resources or internal security of technology
	Technical performance improvement	The improvement degree of the technology compared with the original technology in the field in terms of key performance indicators
Industrial economy dimension	Industrial market prospect	The industrial market prospect of the technology, such as the scale of creating new industries or new formats or new services or the possibility of subverting the original industry
	Size of beneficiary groups	Scale of stakeholders involved in the technology, such as producers, consumers, or service providers
	Impact on people's lives	The degree or influence of the technology on the change of people's production and life style, such as reduction of living cost, improvement of convenience, or change of behavior mode
External environment dimension	Macro policy	The extent to which the state supports the development of the technology, such as whether to issue policy planning, implement scientific research projects, or establish specialized agencies
	Infrastructure and supporting system	Whether the infrastructure and supporting system related to the technology are perfect or not

جدول ۲-۹- لیست ۵ فناوری برهم‌زننده برتر در حوزه انرژی

Rank	Technical field	Technology	Score
1	New and renewable energy sources	3.10 Green hydrogen production technology (renewable energy electrolysis water hydrogen production, photocatalytic hydrogen production, biomass hydrogen production, etc.)	1.84
2	New and renewable energy sources	3.12 Advanced fuel cell technology (proton exchange membrane fuel cell, anion exchange membrane fuel cell, proton ceramic fuel cell, solid oxide fuel cell, etc.)	1.70
3	Energy system integration	5.5 Multi-energy complementary integrated energy system technology	1.57
4	New and renewable energy sources	3.3 Photocatalytic fuel production or high-value chemical (artificial light synthesis) technology	1.44
5	Advanced energy storage	4.6 All-solid lithium battery technology	1.40

نتایج پژوهش؛ در این پژوهش، پتانسیل برهم‌زنندگی ۴۵ فناوری در حوزه انرژی توسط خبرگان رتبه بندی شده است. و یک لیست شامل ۵ فناوری دارای پتانسیل بالاتر برای برهم‌زنندگی منتشر شده است (جدول ۲-۹).

بررسی

مزیت‌ها؛

- استفاده از هر دو تحلیل کمی و تحلیل کیفی
- استفاده از چندین منبع داده شامل مقالات، پتنت‌ها و پروژه‌ها که دقت پیش‌بینی را بالاتر می‌برد (در عین حال حجم کار هم افزایش پیدا می‌کند)
- استفاده از روش word2vec برای برداری کردن متن که مترادف‌ها را نیز تشخیص می‌دهد و خوشه-بندی را بهینه می‌کند
- چارچوب و سیستم ارائه شده برای استفاده از نظرات کارشناسان و کمی-سازی آن قابل توجه است.

معایب؛

- تشخیص پتانسیل برهم‌زنندگی فناوری‌ها، بیشتر به عهده کارشناسان است. چرا که معیارهای انتخاب داده‌ها در گام اول، محدود به استناد بالا برای مقالات است و معیار دیگری مبنی بر پتانسیل برهم‌زنندگی لحاظ نشده است.

۲-۹- نفوذ فناوری برهم‌زننده براساس پژوهش دفتر ملی پژوهش اقتصادی ایالات متحده امریکا [22]

این پژوهش در سال ۲۰۲۱ توسط دفتر ملی پژوهش اقتصادی (که بزرگترین سازمان پژوهش اقتصادی در آمریکاست) منتشر شده است. در این مقاله با عنوان "انتشار فناوری‌های برهم‌زننده"، ابتدا ۲۹ فناوری با استفاده از آنالیز متنی پتنت‌ها، آگهی‌های شغلی و تماس‌های کاری شناسایی شده‌اند و سپس انتشار این فناوری‌ها در شرکت‌ها و بازارهای کار در ایالات متحده آمریکا بررسی شده است. اگرچه قسمت دوم این پژوهش یعنی بررسی انتشار فناوری‌های برهم‌زننده در چارچوب پروژه حاضر قرار نمی‌گیرد، ولی بیان بعضی از نتایج این پژوهش معتبر، خالی از لطف نیست. از جمله اینکه مکان‌هایی که فناوری‌هایی توسعه می‌یابند که بعداً کسب و کارها را مختل می‌کنند، از نظر جغرافیایی بسیار متمرکز هستند، همچنین با بلوغ فناوری‌ها و افزایش تعداد مشاغل جدید مرتبط با آن‌ها، به تدریج از نظر جغرافیایی گسترش می‌یابند. در هر صورت قسمت اول این پژوهش که مربوط به شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده است، در زیر توضیح داده می‌شود [22].

گام اول؛ شناسایی فناوری‌های جدید و تاثیرگذار از داده‌های پتنت

در گام اول، پتنت‌های گرن‌ت شده در اداره ثبت اختراعات آمریکا در فاصله بین سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۶، جمع‌آوری و حدود سه میلیون نتیجه حاصل شد. بعد از پیش‌پردازش این اسناد، متن آن‌ها (چکیده، خلاصه، ادعاها و توضیحات مربوط به پیش‌زمینه) را به حدود ۱۷ میلیون ترکیب دو کلمه‌ای منحصر به فرد (بایگرام^{۴۸}) تجزیه شده است. برای کاهش ۱۷ میلیون بایگرام استخراج شده به تعداد قابل کنترل‌تر، در مرحله بعد اقداماتی را برای جداسازی آن دسته از بایگرام‌هایی که با اختراعات جدید و تاثیرگذار مرتبط هستند، انجام می‌دهیم. ابتدا با حذف بایگرام‌های غیرفنی که مدت‌ها قبل از ظهور فناوری‌های برهم‌زننده ما مورد استفاده رایج قرار داشتند، توجه بر روی بایگرام‌های مرتبط با اختراعات جدید متمرکز شده است. سپس برای شناسایی بایگرام‌های مرتبط با اختراعات تاثیرگذار در لیست باقی‌مانده، ارجاعات داده شده به مجموعه اختراعات ثبت شده در فاصله سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۶، جمع‌آوری

⁴⁸ Bigrams

و نرمالایز می‌شوند. سپس فقط آن دسته از بایگرام‌های فنی که به طور تجمعی حداقل ۱۰۰۰ ارجاع نرمالایز شده دارند، حفظ می‌شوند. بعد از این فرآیندها، فهرستی از ۳۵،۰۶۳ بایگرام فنی باقی مرتبط با پتنت‌های تاثیرگذار بین سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۶ باقی می‌ماند.

گام دوم؛ فیلتر بایگرام‌ها با استفاده از اطلاعات تماس‌های کنفرانسی

در این مرحله، بر روی اینکه کدامیک از بایگرام‌های فنی به طور فزاینده‌ای در بحث‌های تجاری شرکت‌ها نقش می‌بندد، تمرکز می‌شود تا میزان تغییر یا برهم‌زنندگی هر نوآوری در نحوه عملکرد شرکت‌ها سنجیده شود. در اینجا از تماس‌های کنفرانسی به دست آمده استفاده می‌شود. به این منظور، دو بخش از تماس‌های کنفرانسی شامل ارائه توسط مدیریت (معمولاً مدیر عامل و/یا مدیر مالی) و سوالات مطرح شده توسط سرمایه‌گذاران و تحلیل‌گران با پاسخ‌های ارائه شده توسط مدیر عاملان. بایگرام‌ها در ۳۲۱،۳۷۳ تماس کنفرانسی که توسط ۱۱،۹۰۵ شرکت برگزار شده و توسط Refinitiv EIKON بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۹ جمع‌آوری شده‌اند، جدول‌بندی شده است. از این طریق، حدود ۴۳٪ از بایگرام‌های فنی پتنت‌ها که هرگز در این تماس‌ها مطرح نشده‌اند، حذف می‌شوند. در ادامه، بایگرام‌های باقی‌مانده به دو صورت برش می‌خورند. اول اینکه، بایگرام‌هایی حفظ می‌شوند که در بیش از ۱۰۰ تماس کنفرانسی ظاهر شده‌اند تا فقط بر روی بایگرام‌های مهم اقتصادی که خود را در نوآوری‌هایی که موضوعات اصلی در تماس‌ها هستند، تمرکز شود. ثانیاً، وقوع بایگرام‌ها باید در طول زمان در تماس‌ها افزایش پیدا کند، به این معنا که به موضوعی در حال رشد بین مدیران و سرمایه‌گذاران تبدیل شده باشند. در واقع بایگرام‌های فنی که در سال اوج خود حداقل ده برابر بیشتر از سال اول بررسی تماس‌ها (یعنی ۲۰۰۲) ظاهر شده‌اند. بعد از تمام این فیلترها، ۳۰۵ بایگرام فنی باقی می‌ماند که به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند و از اهمیت بالایی برخوردار هستند و آن‌ها را فناوری‌های برهم‌زننده در نظر می‌گیرند. نتایج حاصل نشان می‌دهد که رویکرد دو مرحله‌ای ساده این پژوهش، به وضوح برخی از پیشرفت‌های فناورانه برهم‌زننده در دو دهه گذشته را شناسایی کرده است.

گام سوم: استخراج فناوری‌های مربوطه از مجموعه بایگراف‌ها

به منظور استخراج فناوری‌های مربوطه از مجموعه بایگراف‌ها، از روش یادگیری ماشینی نظارت شده استفاده شده است. جدول (۲-۱۰)، نمونه‌ای از فناوری‌های شناسایی شده و بایگراف‌های مرتبط با آن‌ها نشان داده شده است.

جدول ۲-۱۰- نمونه‌ای از فناوری‌های شناسایی شده و بایگراف‌های مرتبط با آن‌ها

Technology	Keywords
3D printing	3d printer; 3d printing; additive manufacturing; 3d printed
Autonomous cars	Self-driving car; robot car; autonomous vehicles; autonomous car; autonomous cars; automated driving; driverless car; autonomous driving; autonomous vehicle; driverless truck
Bispecific monoclonal antibody	bispecific monoclonal; the bispecific; bispecific antibody
Cloud computing	paas; cloud infrastructure; distributed cloud; cloud provider; cloud offerings; cloud service; cloud applications; community cloud; private cloud; public cloud; cloud deployments; cloud environments; cloud management; cloud services; cloud security; enterprise class; iaas; hybrid cloud; cloud platform; cloud providers; cloud hosting; personal cloud; enterprise network; cloud computing; cloud based; saas; cloud storage; enterprise applications; cloud solution; enterprise cloud; cloud solutions; cloud deployment
Computer vision	pose estimation; motion estimation; visual servoing; facial recognition; gesture recognition; computer vision; image recognition; sensor fusion; object recognition
Drug conjugates	kinase inhibitor; drug conjugate; antibody drug; drug conjugates
Electronic gaming	social game; video games; social games; video game; game content; electronic gaming; gaming products
Millimeter wave	millimeter wave
Fingerprint sensor	fingerprint sensor; fingerprint scanner
Fracking	fracking; fraccing; hydrofracking; hydrofracturing; hydraulic fracturing;

بررسی؛

این پژوهش در واقع مربوط به شناسایی فناوری‌های برهم‌زننده است و برای پیش‌بینی پیشنهاد نشده است. چرا که اولاً، پتنت‌ها از سال ۱۹۷۶ در نظر گرفته شده‌اند. دوماً، فیلتر بر اساس تعداد ارجاعات لحاظ شده است، آن هم ارجاع بیش از ۱۰۰۰، سوماً، تماس‌های کنفرانسی نیز از سال ۲۰۰۲ در نظر گرفته شده‌اند. این روش همچنین برخی از پیشرفت‌های فناورانه برهم‌زننده در دو دهه گذشته را شناسایی کرده است و البته نه همه آن‌ها را!

اگرچه این پژوهش از چند جهت قابل توجه است:

۱- این پژوهش در سال ۲۰۲۱ توسط دفتر ملی پژوهش اقتصادی (که بزرگترین سازمان پژوهش اقتصادی در آمریکاست) منتشر شده است.

۲- معرفی و استفاده از تماس‌های کنفرانسی که یکی از منابع اصلی مورد استفاده شرکت‌ها در بحث پیش‌بینی فناوری است

۲-۱۰- جمع بندی

انتخاب بهترین روش برای پیش‌بینی فناوری با استفاده از داده‌های پتنت به پارامترهای زیادی بستگی دارد. به عنوان مثال، برای پیش‌بینی فناوری‌های حوزه آی.تی. (به دلیل سرعت بالای رشد فناوری و تغییرات سریع در این حوزه)، نباید از روش‌های مبتنی بر شبکه ارجاعات استفاده کرد در حالی که استفاده از شبکه ارجاعات برای پیش‌بینی در حوزه کشاورزی می‌تواند مناسب باشد. به هر حال شناسایی هر چه بیش‌تر این پارامترها مستلزم ورود هر چه بیش‌تر به جزئیات مقالات و پژوهش‌های حوزه پیش‌بینی فناوری است و بالطبع در نظر گرفتن پارامترهای بیشتر، دقت پیش‌بینی انجام شده را افزایش می‌دهد.

در حالت کلی، پارامترهای تعیین‌کننده برای انتخاب بهترین روش پیش‌بینی فناوری با استفاده از داده‌های پتنت را می‌توان به چند دسته کلی تقسیم کرد:

- هدف پیش‌بینی
- ماهیت روش پیش‌بینی
- ماهیت فناوری
- حوزه فناوری
- عملیاتی بودن روش پیش‌بینی
- دانش و تخصص تیم پیش‌بینی‌کننده
- ملاحظات مالی و زمانی
- سایر موارد

با توجه به ملاحظات موجود در پروژه حاضر، توجه به نکات زیر ضروری است:

- از آنجا که در این فاز، در مورد تمرکز بر مقالات حوزه فناوری‌های برهم‌زننده تاکید شده است، امکان بررسی و شناسایی تعداد حداکثری پارامترهای تعیین‌کننده مخصوصاً پارامترهای مربوط به ماهیت روش پیش‌بینی و حوزه فناوری وجود ندارد و در حد مرور ادبیات مقالات همین حوزه به این مبحث پرداخته شده است.
- تعیین پارامترهای مربوط به عملیاتی بودن روش پیش‌بینی از جمله، میزان دسترسی به نرم افزارها و بانک‌های داده، محدودیت‌های نرم افزاری، پیچیدگی الگوریتم، نرم افزارهای جایگزین و غیره، مستلزم کار کردن با نرم‌افزارها، اجرای الگوریتم‌ها، پیدا کردن نرم‌افزارها، بانک‌های داده و الگوریتم‌های جایگزین و حتی فراگیری

دانش‌های جدید مورد نیاز است. بنابراین مسلماً فاز مرور ادبیات، پتانسیل تعیین پارامترهای مربوط به عملیاتی بودن روش پیش‌بینی را ندارد، به علاوه برای شناسایی این پارامترها ناگزیر از مراجعه به منابعی هستیم که صرفاً بر فناوری‌های برهم‌زننده تمرکز ندارند!

در هر صورت، پژوهش‌هایی که در مورد پیش‌بینی فناوری‌های برهم‌زننده منتشر شده است، در این گزارش، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. از آنجا که هدف بعدی پروژه حاضر، شناسایی زیرشاخه‌های برهم‌زننده از یک کلان فناوری است، برخی از پژوهش‌های مذکور مانند استفاده از مدل اپیدمی [18] و پژوهش دفتر ملی پژوهش اقتصادی ایالات متحده آمریکا [۲۲] در چارچوب هدف تعیین شده قرار ندارند. جمع‌بندی و جزییات روش‌های قابل قبول در جدولی در پیوست ۳ قرار داده شده است. همچنین پیشنهادات و نکات لازم برای پیش‌بینی فناوری‌های برهم‌زننده که حاصل بررسی مفاهیم مربوطه و بررسی روش‌های موجود است، به شرح زیر است:

✓ در پیش‌بینی فناوری‌های برهم‌زننده، استفاده از منابع چندگانه برای افزایش دقت پیش‌بینی رایج است. منابع چندگانه شامل پتنت‌ها، مقالات، پروژه‌های تحقیقاتی، داده‌های Google Books، داده‌های رسانه‌های اجتماعی که منعکس‌کننده نیازها و علایق مردم به فناوری‌های مختلف است، سری زمانی Google Trends به عنوان معیاری برای سنجش توجه افراد به فناوری، داده‌های خبری از Google News، تماس‌های کنفرانسی که یکی از منابع اصلی مورد استفاده شرکت‌ها در بحث پیش‌بینی فناوری است و موارد دیگر می‌باشد. اهمیت استفاده از منابع چندگانه در موارد زیر بهتر خود را نشان می‌دهد:

۱. همه اختراعات ثبت نمی‌شوند و یا ممکن است قابلیت ثبت نداشته باشند و یا معیارهای لازم برای ثبت اختراع را نداشته باشند.

۲. از آنجا که برهم‌زندگی یک فرآیند است و نه یک فناوری، محصول و خدمت، حتی اگر بهترین پیش‌بینی ممکن برای شناسایی فناوری برهم‌زننده انجام شود، ممکن است سایر شرایط لازم برای برهم‌زندگی مانند شرایط بازار، رقبا، کسب و کار، الگوی مصرف و ... مهیا نباشد و فناوری مورد نظر هیچوقت برهم‌زننده نشود. بنابراین استفاده از منابع مکمل دیگر مانند رسانه‌های اجتماعی، کنفرانس‌ها و غیره در کنار پتنت،

اعتبار پیش‌بینی را افزایش می‌دهد.

- ✓ نظرات نخبگان بخش جدایی ناپذیر پیش‌بینی فناوری است (حداقل در شناسایی خوشه‌ها).
- ✓ هر کدام از روش‌ها نقاط قوت و ضعف خود را دارند. کما این که در صورت انتخاب هر کدام از روش‌ها برای پیش‌بینی، استفاده از اطلاعات و جزئیات روش‌های دیگر می‌تواند هم دقت کار را افزایش دهد و در صورت محدودیت‌های موجود از جمله محدودیت‌های نرم‌افزاری، راهگشا باشد.
- ✓ با توجه به اینکه هدف اصلی این پروژه، پیش‌بینی بر اساس داده‌های ثبت اختراع است، روش ارائه شده توسط Lucheng Lyu (۲۰۲۱)، از آنجا که بیشتر بر مبنای نظرات نخبگان است، ممکن است گزینه خوبی برای پیش‌بینی نباشد. اگرچه چارچوب روش پیشنهادی آن برای استفاده از نظرات نخبگان، جالب توجه است.
- ✓ روش پیشنهادی در پژوهش انجام شده توسط Nicholas Bloom (۲۰۲۱) که توسط دفتر ملی پژوهش اقتصادی آمریکا انجام شده است، ماهیت پیش‌بینی ندارد.
- ✓ روش پیشنهادی توسط Weifeng Jia (۲۰۲۱) با عنوان شناسایی فناوری برهم‌زننده در صنعت اطلاعات و ارتباطات الکترونیکی چین، که بر اساس شناسایی فناوری‌های مرزی و شکافنده با استفاده از آنالیز مقالات انجام شده است، متناسب با اهداف پروژه حاضر (پیش‌بینی براساس ثبت اختراع) نیست.
- ✓ روش‌های پیشنهادی برای ادامه کار عبارتند از:

1. A Disruptive Technology Identification Method Based on Multisource Data: Take Unmanned Aerial Vehicle Systems As An Example, Xueming Xu, 2021 [21]
2. Disruptive Technology Forecasting based on Gartner Hype Cycle, Xiaoli Chen, Tao Han, 2019 IEEE Technology & Engineering Management Conference [19]
3. [Cheng_2016]_Forecasting of potential impacts of disruptive technology in promising technological areas: Elaborating the SIRS epidemic model in RFID technology [18]
4. Identification and monitoring of possible disruptive technologies by patent-development paths and topic modeling, Abdolreza Momeni, 2016 [17]
5. A toolkit for the systematic analysis of patent data to assess a potentially disruptive technology, Ben Buchanan and Richard Corken, 2010 [16]

پیوست‌ها

پیوست ۱؛ ابهام در مفهوم نوآوری برهم‌زننده

مفهوم نوآوری برهم‌زننده، علیرغم برداشت‌های ناصحیح از اصول اصلی آن، در میان متخصصان این حوزه، رواج قابل توجهی یافته است. به طور مشابه، تحقیقات بنیادی در مورد برهم‌زندگی، استندهای مکرر و بحث‌های داغی را در محافل دانشگاهی به همراه داشته است، اما تحقیقات تجربی بعدی به ندرت با مبانی نظری کلیدی خود درگیر شده است. یک نگرانی مرتبط با مفهوم برهم‌زننده، استفاده بیش از حد از نوآوری/فناوری برهم‌زننده به عنوان مترادفی برای هر تهدید جدید (یا تغییر اساسی قابل توجه) و یا تقلیل نوآوری برهم‌زننده به عنوان یک مفهوم صرفاً نظری است. بسیاری از نویسندگان محبوب برای توصیف هر فناوری جدید یا استارت‌آپی که هدف آن تکان دادن صنعت و تغییر الگوهای رقابتی آن است، از نوآوری برهم‌زننده استفاده می‌کنند. به طور معمول گفته می‌شود که مدیران موفق سابق که با مشکلاتی مواجه بوده‌اند یا از کار خارج می‌شوند، دچار برهم‌زندگی شده‌اند. معادل دانستن نوآوری برهم‌زننده با هر تهدید عمومی (و نادیده گرفتن معنای نظری دقیق تر آن) دو خطر بالقوه ایجاد می‌کند:

اول، زمانی که ایده‌های اصلی کار قبلی با استفاده بی‌ملاحظه از خاستگاه واژگانی آن مبهم می‌شود، محققان در ایجاد و گسترش آن کار با مشکل مواجه خواهند شد. این خطر به ویژه در اینجا- با توجه به ارجاع گسترده اصطلاحات مربوط به برهم‌زندگی در مجلات دانشگاهی، نشریات تخصصی، و کتاب‌ها در رشته‌های مختلف- بیشتر قابل توجه است.

دوم، متخصصانی که بر تفسیرهای نادرست یا گمراه‌کننده نظریه نوآوری برهم‌زننده تکیه می‌کنند، ممکن است وسوسه شوند که ایده‌های ناقص را به کار ببرند و این کار شانس موفقیت آنها را کاهش می‌دهد.

به عقیده مریام وبستر، برهم‌زندگی عبارت است از "عاملی که سبب شود که هر چیزی نتواند مسیر خود را به طور عادی ادامه دهد." اگر این تعریف برای کسب و کار اعمال شود، در واقع هر چیزی که وارد بازار شود و موفقیت

آمیز باشد، می تواند به عنوان "برهم‌زننده" دیده شود. حداقل امروزه از این اصطلاح اغلب استفاده می شود. اما کریستنسن برهم‌زندگی را در دهه ۱۹۹۰ این طور تعریف نمی کرد. همان طور که او توضیح می دهد، برهم‌زندگی این است که "آنچه اتفاق می افتد زمانی که کسب و کارهای جا افتاده آنقدر روی جلب رضایت سودآورترین مشتریان خود متمرکز می شوند که نیازهای بخش‌های دیگر خود را نادیده می گیرند یا اشتباه ارزیابی می کنند." متأسفانه، تئوری برهم‌زندگی در خطر تبدیل شدن به قربانی موفقیت خود است. علیرغم انتشار گسترده، مفاهیم اصلی این نظریه مورد سوء برداشت قرار گرفته و اصول اساسی آن اغلب به اشتباه به کار گرفته شده است. علاوه بر این، به نظر می رسد اصلاحات اساسی در این نظریه در ۲۰ سال گذشته تحت الشعاع محبوبیت فرمول اولیه قرار گرفته است. در نتیجه، این نظریه گاهی به دلیل کاستی‌هایی که قبلاً به آن پرداخته شده، مورد انتقاد قرار می گیرد. یک نگرانی دیگر وجود دارد: طبق تجربه، بسیاری از افرادی که از «برهم‌زندگی» صحبت می کنند، کتاب یا مقاله‌ای جدی در این زمینه نخوانده‌اند!

پیوست ۲؛ لیست برخی از فناوری‌های برهم‌زننده معرفی شده توسط کریستنسن [23]

Established Technology	Disruptive Technology
Silver halide photographic film	Digital photography
Wireline telephony	Mobile telephony
Circuit-switched telecommunications networks	Packet-switched communications networks
Notebook computers	Hand-held digital appliances
Desktop personal computers	Sony Playstation II, Internet appliances
Full-service stock brokerage	On-line stock brokerage
New York & NASDAQ stock exchanges	Electronic Communications Networks (ECNs)
Full-fee underwriting of new equity and debt issues	Dutch auctions of new equity and debt issues, conducted on the Internet
Credit decisions based upon the personal judgment of bank lending officers	Automated lending decisions based upon credit scoring systems
Bricks & mortar retailing	On-line retailing
Industrial materials distributors	Internet-based sites such as Chemdex and E-steel
Printed greeting cards	Free greeting cards, downloadable over the Internet
Electric utility companies	Distributed power generation (gas turbines, micro-turbines, fuel cells)
Graduate schools of management	Corporate universities and in-house management training programs
Classroom and campus-based	Distance education, typically enabled

instruction	by the Internet
Standard textbooks	Custom-assembled, modular digital textbooks
Offset printing	Digital printing
Manned fighter and bomber aircraft	Unmanned aircraft
Microsoft Windows operating systems and applications software written in C++.	Internet Protocols (IP), and Java software protocols
Medical doctors	Nurse practitioners
General hospitals	Outpatient clinics and in-home patient care
Open surgery	Arthroscopic and endoscopic surgery
Cardiac bypass surgery	Angioplasty
Magnetic resonance imaging (MRI) and Computer Tomography (CT) Scanning	Ultrasound—initially floor-standing machines, ultimately portable machines

پیوست ۳: جمع‌بندی پژوهش‌های انجام شده برای پیش‌بینی فناوری‌های برهم‌زننده

شماره	نویسنده	عنوان	سال	منابع	روش کلی	مراحل اجرا	شاخص ها	ابزار	تعداد ورودی ها	خروجی	محدودیت ها
۱	Buchanan and Corken	A toolkit for the systematic analysis of patent data to assess a potentially disruptive technology	۲۰۱۰	پتنت	یادگیری ماشینی	۱- جمع آوری داده ۲- استخراج شاخص ها ۳- آموزش و تست الگوریتم	۱- ویژگی Double boom نمودار تجمعی ثبت اختراع ۲- نرخ ثبت اختراع ۳- تعداد بالای متقاضی ثبت اختراع با تعداد پایین اختراع در مرحله رشد اولین رونق ۴- افزایش قابل توجه تعداد مخترعان جدید در اوایل چرخه عمر فناوری ۵- افزایش تعداد درخواست ها برای هر متقاضی با ظهور فناوری ۶- تعداد بالای متقاضیان غیرشرکتی در اوایل چرخه عمر ۷- افزایش کدهای طبقه بندی پتنت بین مراحل رشد رونق اول و دوم ۸- تعداد کم شاخه های بلند درخت ارجاعات قبل از پیک اول	یادگیری ماشینی	۱۳ فناوری و ۱۳ ویژگی بر هر کدام از فناوری ها	آموزش و تست الگوریتم با استفاده از دو دسته فناوری شامل فناوری های برهم زننده و فناوری های غیربرهم زننده، انجام شده است. لیست فناوری های برهم زننده به شرح ذیل است : Flash memory, Cyclonic vacuum, Fibre-reinforced plastics, A-D conversion, RFID transponders, Seismology, Optical recording, Lasers	۱- مشخص نبودن شاخص ها و وزن آن ها و معیارهای عددی ۲- پیش بینی محدود به فناوری های نوظهور، مبتنی بر دانش و با پیشرفت غیرتدریجی است
۲	Abdolreza Momeni	Identification and monitoring of possible disruptive technologies by patent-development paths and topic modeling	۲۰۱۶	پتنت- مقاله	مسیر توسعه ثبت اختراع	۱- جمع آوری داده ۲- ترسیم مسیر توسعه ثبت اختراع ۳- خوشه بندی ۴- شناسایی فناوری های برجسته در هر خوشه ۵- تحلیل مراحل توسعه فناوری از طریق بررسی شاخص ها ۶- شناسایی فناوری های مستقل مهم در هر خوشه ۷- تحلیل مقالات	تعداد پتنت های پرارجاع، نرخ رشد پتنت ها، تعداد بالای ارجاعات درونی، تعداد مقالات، تعداد بالای استناد به مقالات	الگوریتم (choi and park, 2009)، خوشه بندی با استفاده از آنالیز k-core، مدلسازی موضوعی (نرم افزار Stanford topic modeling toolbox)	۹۳۲۸ پتنت	در صنعت فتوولتائیک، فناوری thin film احتمالاً جایگزین فناوری غالب، یعنی crystalline silicon خواهد شد. همچنین در هر یک از سه حوزه مهم صنعت فتوولتائیک، یعنی thin film، crystalline silicon و organic، به ترتیب فناوری های concentration، multi-junction و dye-sensitized توانایی مختل کردن فناوری های موجود در این صنعت را دارند.	در خود مقاله ذکر شده است که اگر تعداد پتنت ها از ۱۲ هزار پتنت بیشتر باشد، هیچ یک از رایانه ها و نرم افزارهای رایج، قادر به محاسبه الگوریتم نیستند!
۳	Xiaoli Chen	Disruptive Technology Forecasting based on Gartner Hype Cycle	۲۰۱۹	نمودارهای Gartner Hype Cycle، Google Trends، Google Books Ngram، مقاله، پتنت	یادگیری ماشینی (نظارت شده)	۱- انتخاب فناوری ها ۲- برجسب گذاری فناوری ها ۳- استخراج ویژگی ها ۴- آموزش و تست الگوریتم	استخراج خودکار شاخص ها از داده های سری زمانی	یادگیری ماشینی، Python Package 'tsfresh' برای استخراج خودکار ویژگی ها	مدلسازی یک ماتریس با ابعاد (۳۸۷،۳۹۸۱) که شامل ۳۸۷ فناوری و ۳۹۸۱ ویژگی بر هر کدام از فناوری ها است.	الگوریتم رگرسیون لجستیک بهتر از سایر الگوریتم ها، داده ها را مدل کرده است. همچنین اسامی فناوری های برهم زننده مورد استفاده برای آموزش و تست الگوریتم، ذکر نشده است.	
۴	Weifeng Jia	Research on Disruptive Technology Recognition of China's Electronic Information and Communication Industry Based on Patent Influence	۲۰۲۱	مقاله، پتنت	کمی سازی شاخص ها	۱- جمع آوری مقالات ۲- آنالیز کلمات کلیدی و آنالیز نقشه دانش ۳- شناسایی فناوری های frontier و breakthrough بر اساس فرکانس کلمات کلیدی، مرکزیت و burst value ۴- جمع آوری پتنت ها ۵- شناسایی فناوری های برهم زننده بر اساس مقایسه ضریب تاثیر پتنت بین چند فناوری مشخص شده در گام سوم	سه معیار عددی فرکانس کلمات کلیدی، مرکزیت و burst value مربوط به مقالات و شاخص ضریب تاثیر ثبت اختراع.	نرم افزار CiteSpace	۴۲۷۲ مقاله و ۷۳۳۳ پتنت	بررسی نسل جدید فناوری های ICT یعنی ارتباطات سیار و ارتباطات بی سیم و شناسایی فناوری 5G و فناوری اینترنت اشیا به عنوان فناوری های برهم زننده در این دو حوزه.	
۵	Xueming Xu	A Disruptive Technology Identification Method Based on Multisource Data: Take Unmanned Aerial Vehicle Systems As An Example	۲۰۲۱	مقالات، پتنت و اخبار	کمی سازی شاخص ها	۱- جمع آوری داده ۲- پیش پردازش ۳- خوشه بندی (روش LDA) و تعیین موضوعات فنی ۴- فیلتر کردن موضوعات فنی کلیدی (بر اساس نرخ رشد مقالات، پتنت ها و داده های خبری و همچنین بررسی کیفی پتانسیل توسعه) ۵- تعیین فناوری های ثانویه بر	نرخ رشد مقالات، شاخص اصالت مقالات، ضریب تاثیر ثبت اختراع، شاخص برهم زندگی اختراعات	نرم افزار پیش پردازش داده ها (مانند GenSim)، مدلسازی موضوعی (LDA)، برنامه نویسی برای محاسبه شاخص ها	۹۰۴۴۹ مقاله، ۲۴۰۳۸۷ پتنت و ۴۰۷۰۴ داده خبری	فناوری های intelligent، data link، path planning، lidar، cluster control و neural network به عنوان فناوری های برهم زننده انتخاب شدند و همچنین UTM به عنوان فناوری برهم زننده در میان کاربردهای هواپیماهای بدون سرنشین مطرح است. به عنوان مثال، در حوزه mission	

					اساس میزان فرکانس کلمات ۶- شناسایی فناوری- های برهم‌زننده بر اساس شاخص‌ها						
۶	Lucheng Lyu	The Research on Disruptive Technology Identification Based on Scientific and Technological Information Mining and Expert Consultation: A Case Study on the Energy Field	۲۰۲۱	مقالات، پتنت‌ها و پروژه‌ها	امتیازدهی به شاخص‌ها توسط خبرگان	۱- جمع‌آوری داده بر اساس شاخص‌ها. ۲- پیش- پردازش. ۳- برداری کردن متن با استفاده از word2vec ۴- خوشه‌بندی با k-means و تعیین ۱۵۲ خوشه برای مقالات، ۱۶۲ خوشه برای پتنت‌ها و ۳۱ خوشه برای پروژه‌ها ۵- آنالیز خوشه‌ها توسط خبرگان و شناسایی ۴۵ فناوری با پتانسیل برهم‌زندگی. ۶- رتبه‌بندی فناوری‌ها بر اساس نظرات نخبگان و سیستم شاخص سه بعدی (پرسش‌نامه)	مقالات پراستناد، مقالات داغ (۱/۰٪ پراستناد در یک دوره دو ماهه جاری)، اختراعات ثبت شده در ۵ اداره اصلی ثبت اختراع، آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته انرژی (ARPA-E) ایالات متحده آمریکا، سیستم شاخص سه بعدی (جدول ۲-۸ گزارش)	نرم‌افزارهای پیش- پردازش متن، نرم‌افزار word2vec، خوشه‌بندی با k-means، گروه خبرگان برای خوشه- بندی پر کردن پرسش- نامه	۹۶۵۱۲۶ مقاله، ۷۰۲۴۹۹ پتنت و ۸۴۵ پروژه	پتانسیل برهم‌زندگی ۴۵ فناوری در حوزه انرژی توسط خبرگان رتبه بندی شده است. ۳ فناوری با بیشترین نمره: 1- green hydrogen production technologies 2- advanced fuel cell technologies 3- multi-energy complementary integrated energy system technology	load، فناوری lidar دارای پتانسیل برهم‌زندگی است و می‌تواند جایگزین سایر فناوری‌ها در این حوزه شود.

- [1] Persistent Forecasting of Disruptive Technologies, The National Academies Press, Washington, USA, 2010.
- [2] C. Bower, "Disruptive Technologies: Catching the Wave," *Harvard Business Review*, 1995.
- [3] C. Christensen, The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail, Harvard Business Review, 1997.
- [4] K. Kilkki, "A disruption framework," *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 129, p. 275–284, 2018.
- [5] C. Larson, "DISRUPTIVE INNOVATION THEORY: WHAT IT IS & 4 KEY CONCEPTS," Harvard Business School Online, 2019.
- [6] S. Schimpf, Disruption field study. How companies identify, evaluate, develop and implement potentially disruptive technologies, Fraunhofer Group for Innovation Research, 2020.
- [7] L. Lyu, "The Research on Disruptive Technology Identification Based on Scientific and Technological Information Mining and Expert Consultation: A Case Study on the Energy Field," in *Artificial Intelligence in China*, 2021, pp. 469-482.
- [8] W. An, "Analysis of Disruptive Technology Identification Methods in Foreign Countries," *Strategic Study of CAE*, vol. 19, 2017.
- [9] R. N. Kostoff, "Disruptive technology roadmaps," *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 74, p. 141–159, 2004.
- [10] X. Li, "Disruptive technologies: characteristics and early identification, using machine learning and text mining from patent data," in *R&D Management Conference*, University of Strathclyde, Scotland, UK, 2020.
- [11] L. Ganrui, "Research on the method of disruptive technology identification based on patent bibliometrics," *Science Research*, vol. 39, pp. 1166-1175, 2021.
- [12] S. Jingqin, "The evolution trajectory and early identification of disruptive technology by taking smartphones and other technologies as an example," vol. 37, pp. 13-20, 2016.
- [13] S. Peng, "Overview and Considerations on Disruptive Technology Identification Method," *Library*

- and Information Work*, vol. 63, pp. 129-138, 2019.
- [14] A. C. Adamuthe, "Technology forecasting: A case study of computational technologies," *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 143, p. 181–189, 2019.
 - [15] Z. Yurong, "Research on disruptive technology of cellulose biodegradation based on multiple data sources," *Chinese Journal of Bioengineering*, vol. 38, 2018.
 - [16] R. C. Ben Buchanan, "A toolkit for the systematic analysis of patent data to assess a potentially disruptive technology," 2010.
 - [17] A. Momeni, "Identification and monitoring of possible disruptive technologies by patent-development paths and topic modeling," *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 104, pp. 16-29, 2016.
 - [18] Y. Cheng, "Forecasting of potential impacts of disruptive technology in promising technological," *Technological Forecasting & Social Change*, 2016.
 - [19] X. Chen, "Disruptive Technology Forecasting based on Gartner," in *IEEE Technology & Engineering Management Conference*, 2019.
 - [20] W. Jia, "Research on Disruptive Technology Recognition of China's Electronic Information and Communication Industry Based on Patent Influence," *Journal of Global Information Management*, vol. 29, 2021.
 - [21] X. Xu, "A Disruptive Technology Identification Method Based on Multisource Data: Take Unmanned Aerial Vehicle Systems As An Example," *7th International Conference on Big Data and Information Analytics (BigDIA 2021)*, 2021.
 - [22] N. Bloom, "THE DIFFUSION OF DISRUPTIVE TECHNOLOGIES," *NBER WORKING PAPER SERIES*, 2021.
 - [23] C. M. Christensen, *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*, Harvard Business Review Press, 2016.