

پیش بینی تحقیقات فناوری در قلمرو منتخب از انرژی خورشیدی:

کاربرد تحلیل پتنت و شبکه عصبی مصنوعی

زهره بیانلو^۱

حبیب زارع احمدآبادی^{۲*}

چکیده

پیش بینی فناوری نقطه شروع برنامه ریزی است و به عنوان یک ابزار مدیریتی به حساب می آید. که به طور مستقیم با آینده مرتبط است. هدف پیش بینی فناوری ارائه اطلاعات مفید به مدیریت فناوری است. یکی از انرژی های تجدیدپذیر انرژی خورشیدی می باشد که بصورت کلی دارای دو نوع فناوری می باشد: یکی بصورت سیستم های حرارتی خورشیدی و دیگری فتوولتائیک (برق خورشیدی). به دلیل نیاز روز افزون کشورها به تولید برق و مواجهه با کمبود منابع، تمرکز این پژوهش بر روی پیش بینی فناوری فتوولتائیک می باشد. در این مقاله بدین منظور تحقیقات فناوری در قلمرو منتخب از انرژی خورشیدی، پتنت های استخراج شده از پایگاه ثبت پتنت آمریکا طی سال های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۶ با استفاده از رویکرد تحلیل پتنت، مورد بررسی قرار گرفتند. سپس با استفاده از روش خوشه بندی شبکه عصبی مصنوعی و همچنین با تحلیل ترکیبات پوشش داده شده و پوشش داده نشده، شکاف های تحقیقاتی تحلیل شد. نتایج نشان می دهد که در آینده تحقیقات فناوری فتوولتائیک به سمت نسل سوم فناوری (مواد آلی) و همچنین تمرکز بر پارامترهای محیطی و تاثیرات آن بر عملکرد سیستم های فتوولتائیک سوق پیدا خواهد کرد.

کلمات کلیدی

پیش بینی فناوری، انرژی خورشیدی، تحلیل پتنت، شبکه عصبی مصنوعی

۱. کارشناس ارشد مدیریت اجرایی، دانشگاه یزد

۲. عضو هیأت علمی گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه یزد

* نویسنده عهده دار مکاتبات: zarehabib@yazd.ac.ir

مقدمه

امروزه پیشرفت‌های فناورانه‌ی جدید، مهم‌ترین نیروی پیشران رشد و نوسازی در زمینه‌هایی مانند فناوری اطلاعات، تامین انرژی و مهندسی ژنتیک است که پیش‌بینی می‌شود کیفیت زندگی را در آینده به میزان چشمگیری افزایش دهند (بجورن و لوبک^۱، ۲۰۰۳). بهره‌برداری درست از این تحولات علم و فناوری نوعی مزیت رقابتی برای حضور قدرتمند در عرصه بین‌المللی محسوب می‌گردد و این امر مستلزم آن است که بتوانیم سیاست‌های علم و فناوری خود را متناسب با تهدیدها و فرصت‌های مرتبط طراحی کنیم (نوری و ایوبی، ۱۳۸۸؛ زالی، ۱۳۹۰).

مجموعاً ۱۵۰ تکنیک برای پیش‌بینی فناوری شناسایی شده است (بور و کریستنسن^۲، ۲۰۱۲). هر چند که در حال حاضر ۱۸ تا ۲۰ تکنیک توسط سازمان‌های خصوصی و دولتی به منظور اهداف عملی پیش‌بینی به کار گرفته می‌شود (وانسن^۳، ۲۰۰۸؛ پورتر^۴، ۱۹۹۱). اساساً کلیه فعالیت‌هایی که برای پیش‌بینی انجام می‌شود شامل بر استنباط و قیاس تجربیات گذشته است که توسط قضاوت ذهنی تغییر پیدا کرده برای چگونگی تفاوت آینده با گذشته استفاده می‌شود. بنابراین تکنیک‌های پیش‌بینی فناوری شامل بر روش‌هایی است به منظور:

۱. تعیین، سازماندهی و قیاس الگوهای پیشرفت‌های فناورانه گذشته.

۲. جمع‌آوری و ادغام نظرات افراد متخصص در زمینه‌هایی که پیش‌بینی باید انجام شود.

یکی از مهمترین روش‌های پیش‌بینی فناوری تجزیه و تحلیل پتنت‌ها می‌باشد. پایگاه داده‌ای پتنت‌ها شامل بر مدارک متنی و تصویری می‌باشد که فناوری و کاربردهای آن را توصیف می‌کنند. تجزیه و تحلیل اطلاعات مخفی در پتنت‌های موجود در پایگاه‌های داده بین‌المللی می‌تواند نمای بسیار واضحی از وضعیت موجود نوآوریهای علمی-فناوری در یک حوزه خاص فناوری را نشان دهد (نارین^۵، ۱۹۹۸؛ راجمن و لبارت^۶، ۲۰۰۳). از سویی دیگر هدف کلی اکتشاف دانش "استخراج اطلاعات بالقوه مفید و ناشناخته از داده‌ها" است (فایاد و دیگران^۷، ۲۰۰۵). روش آنالیز پتنت یکی از

-
- 1 . Bjorn and Lubeck
 - 2 . Bower and Christensen
 - 3 . Vanston
 - 4 . Porter
 - 5 . Narin
 - 6 . Rajman and Lebart
 - 7 . Fayyad et al

روش های علمی و کمی پیش بینی فناوری می باشد (گوردن و گلن^۱، ۲۰۰۳؛ پورتر و کانینگهام^۲، ۲۰۰۴) و به مفهوم محاسبه انتشارات، پتنت ها یا نقل قول ها به منظور اندازه گیری یا تفسیر پیشرفت های فناوری است (واتس و پورتر^۳، ۲۰۰۹). با توجه به محدودیت بودجه بخش های تحقیق و توسعه، ضروری است که این بخشها بر توسعه فناوری های متمرکز گردند که احتمال موفقیت آنها بیشتر بوده، زمان تجاری شدن آنها کوتاه و احتمال افزایش هزینه ها پایین تر باشد. موضوع پیش بینی فناوری در حوزه های مختلف جایگاه ویژه ای دارد. این فرایند در مباحث راهبردی همچون بحران انرژی و نیز مشکلات زیست محیطی موجود نظیر گرمایش زمین، گازهای گلخانه ای، آلودگی هوا و ... از اهمیت مضاعفی برخوردار خواهد بود (وندل بل، ۱۳۹۱).

امروزه از انرژی خورشیدی به شکل های مختلفی استفاده می گردد؛ یکی از این موارد، فناوری فتوولتائیک می باشد. پدیده فتوولتائیک، پدیده ای است که طی آن انرژی خورشیدی به صورت "مستقیم" به انرژی الکتریسته تبدیل می شود. یکی از مشکلات و دغدغه های اساسی دنیای امروز، پایان یافتن منابع سوخت فسیلی به عنوان مهمترین منبع فعلی انرژی دنیا است؛ به همین علت انرژی خورشیدی به عنوان جایگزین سوخت های فسیلی مورد توجه قرار گرفته است. پایش و تحلیل اختراعاتی که در حوزه فتوولتائیک در سطح جهان رخ می دهد ضرورتی است که می تواند ضمن روشن نمودن قلمروهای اولویت دار اختراعات و نوآوری ها، زمینه های فناورانه ای که از قابلیت کاربردی برخوردارند را تعیین نماید. به همین علت در مطالعه حاضر از تحلیل محتوای پتنت برای به تصویر کشیدن روند تحقیقات فناوری فتوولتائیک در سطح جهان استفاده شده است. در این پژوهش با استفاده از روش های تحلیل پتنت و تحلیل خوشه ای شبکه های عصبی مصنوعی شکاف های پژوهشی کشف و شناسایی گردید. زیرا اطلاعاتی که در پتنت ها وجود دارد، بیانگر وضعیت اختراعات صورت گرفته در سطح جهان بوده و نتایج حاصل از تحلیل اطلاعات پتنت ها می تواند در انتخاب هوشمندانه پروژه های تحقیقاتی نقش بسزایی ایفا کند. در همین راستا هدف این پژوهش تعیین جایگاه فناوری فتوولتائیک در جهان با توجه به پتنت های ثبت شده در فناوری فتوولتائیک و همچنین تعیین خلاهای تحقیقاتی برای پژوهش های آتی می باشد؛ لذا پاسخ به سوالات زیر دنبال می شود:

۱. روند گذشته ثبت پتنت ها در فناوری فتوولتائیک چگونه است؟

1 . Gordon and Glenn

2 . Porter and Cunningham

3 . Watts and Porter

۲. ترکیبات پوشش داده شده از مفاهیم و عبارات علمی شکل دهنده‌ی محتوای پتنت‌ها در گذشته چیست؟

۳. شکاف‌های پژوهشی این حوزه کدام است و ترکیبات پیشنهادی از مفاهیم و عبارات علمی شکل دهنده محتوای پتنت‌ها برای جهت دهی به اختراعات آتی شامل چه مواردی است؟

پیشینه پژوهش

تحلیل پتنت در حوزه‌های مختلفی، همچون رشد اقتصادی (کوهن و مریل^۱، ۲۰۰۳)، تعیین ظرفیت فناوری در سطح ملی (استرن، پورتر و همکاران^۲، ۲۰۰۰)، رقابت پذیری صنعت (کوپر و مریل^۳، ۱۹۹۷)، رقابت پذیری شرکت (ارنست^۴، ۱۹۹۵)، مدیریت فناوری (ارنست^۵، ۲۰۰۳)، تعیین روند فناوری‌های جدید (آبراهام و مویترا^۶، ۲۰۰۱)، ارزیابی پتانسیل و ارزش بازار (دنگ، لیواند و همکاران^۷، ۱۹۹۹) و قیمت سهام (توماس و مک میلان^۸، ۲۰۰۱) کاربرد دارد. دی و لای در مقاله خود با عنوان "مطالعه‌ای بر توسعه نمایشگر سه بعدی خود برجسته، بر اساس تحلیل پتنت"، از تحلیل پتنت برای درک میزان توسعه و موقعیت رقابتی این نوع نمایشگرها، استفاده کردند. از آنجایی که فناوری این نوع از نمایشگرها خود به سه دسته زیر فناوری نمایشگر هولوگرافیک، نمایشگر حجمی و نمایشگر تسهیم دو بعدی تقسیم می‌شود، این سه فناوری به عنوان هدف، در جستجو و بازیابی پتنت‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. در این تحقیق از پایگاه‌های دفتر پتنت و علائم تجاری ایالات متحده آمریکا، دفتر مالکیت معنوی تایوان^۹ و دفتر اروپایی ثبت پتنت، برای انجام مطالعه استفاده شد و پتنت‌های مرتبط بین ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۹ مورد بررسی قرار گرفت. به منظور کاهش زمان و همچنین ساده سازی فرایند جستجو، در این مطالعه از نرم‌افزار Patent Guider استفاده شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که کشورهایی همچون ایالات متحده، ژاپن، کره جنوبی و تایوان، در حال سرمایه‌گذاری در نمایشگرهای سه بعدی هستند و با توجه به نتایج حاصل از تحلیل پتنت، پیشنهاد می‌دهد که کشور تایوان سرمایه‌گذاری‌های

- 1 . Cohen and Merrill
- 2 . Stern, Porter et al
- 3 . Cooper and Merrill et al
- 4 . Ernest
- 5 . Ernest
- 6 . Abraham and Moitra
- 7 . Deng, Levand et al
- 8 .Thomas and Mcmillan
- 9 . SIPO

خود را، بر فناوری‌های هولوگرافیک و تسهیم دو بعدی متمرکز نماید (دی و لای^۱، ۲۰۰۹).
 تراسپی و همکارانش در مقاله خود با عنوان "استفاده از داده‌های پتنت به منظور پیش بینی فناوری:
 تحلیل پتنت RFID^۲ کشور چین"، از داده‌های پتنت استخراج شده از دفتر مالکیت معنوی جمهوری
 خلق چین^۳ برای کشف پیشرفت‌های فناوری RFID و روند آن، بهره گرفته‌اند. وی با اشاره به اینکه
 کشور چین یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان محصولات RFID بوده و برآوردها
 نشان‌دهنده نیاز ۳ میلیاردی این کشور به برچسب‌های RFID تا سال ۲۰۰۹ را نشان می‌دهند، بنابراین
 به بررسی اختراعات ثبت شده در این زمینه در دفتر مالکیت معنوی جمهوری خلق چین، برای کشف
 پیشرفت‌های فناوری RFID و روند آن‌ها می‌پردازد. در این مطالعه در مجموع ۱۳۸۹ پتنت بازیابی و با
 ادغام روش‌های خوشه‌بندی محتوی پتنت و پیش بینی چرخه عمر فناوری، موقعیت پیشرفت فناوری
 RFID در کشور چین، مورد بررسی قرار گرفت. (تراسپی، وو و دیگران^۴، ۲۰۱۱).

چن و همکارانش در مقاله خود با عنوان "پیش بینی فناوری و استراتژی پتنت برای فناوری‌های
 انرژی هیدروژنی و سلول‌های سوختی"، با استفاده یکپارچه سازی کتاب سنجی و تحلیل پتنت با
 مدل منحنی رشد لجستیک، استراتژی بهینه پتنت، برای صنعت سلول سوختی را پیشنهاد کردند.
 نتایج تحلیلی حاصل از این تحقیق نشان داد که منحنی‌های رشد، ابزاری موثر در کمی کردن
 چگونگی توسعه فناوری، با استفاده از تعداد تجمیعی پتنت‌های انتشار یافته، می‌باشند (چن، چن و
 همکاران^۵، ۲۰۱۱).

چوی و هوانگ، تحقیقی با عنوان "تجزیه و تحلیل شبکه‌ی کلمات کلیدی پتنت برای بهبود کارایی
 توسعه فناوری" انجام داده‌اند که در آن پتنت‌های مربوط به زمینه‌های (LED) و شبکه باند وسیع
 بی‌سیم را در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ را براساس روش‌های تحلیل شبکه‌ای پتنت‌ها و تحلیل کلمات
 کلیدی پتنت‌ها بررسی کرده‌اند. با تحلیل کلمات کلیدی می‌توان دریافت که کدام کلمات در طول
 زمان نقش تاثیرگذاری بر روند فناوری دارند. نتایج تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که شبکه کلمات
 کلیدی پتنت‌ها پراکنده می‌باشد اما نتایج مربوط به خوشه‌بندی قانون توزیع قدرتمندی را نشان
 می‌دهد. از بین کلمات کلیدی استخراج شده ۱۰ کلمه تاثیر مهمی را در ایجاد شبکه کلمات و همچنین

1 . Day and Lai

2 . Radio frequency identification

3 . State intellectual property office (SIPO)

4 . Trrapey, Wu et al

5 . Chen, Chen et al

تحقیقات فناوری در حوزه‌های (LED) و شبکه باند وسیع بی سیم دارد (چوی و هوانگ^۱، ۲۰۱۳). نوو و همکاران، پژوهشی با عنوان "استراتژی انتخاب و پردازش کلمات کلیدی به وسیله‌ی روش متن کاوی برای تحلیل پتنت" انجام دادند که هدف از این پژوهش پرکردن شکاف تحقیقاتی با تمرکز بر استراتژی‌های کلمه کلیدی به وسیله متن کاوی در داده‌های پتنت‌ها می‌باشد. ۵۰۰ پتنت بدین منظور از سایت USPTO انتخاب شد. بدین منظور به ۴ عامل پرداخته می‌شود. از قبیل: کدام عنصر در متن پتنت‌ها به عنوان کلمات کلیدی انتخاب شود؟ کدام روش انتخاب کلمات کلیدی مورد استفاده قرار گیرد؟ چه تعداد کلمه کلیدی انتخاب شود؟ چطور کلمات کلیدی انتخاب شده به فرمت تحلیل داده تبدیل شود؟ این ۴ فاکتور روش خوشه بندی K- میانگین و ارزش انتروپی را برای استراتژی انتخاب کلمات کلیدی مورد ارزیابی و مقایسه قرار می‌دهد. نتایج نشان داد که از بین استراتژی‌های انتخاب کلمات کلیدی روش NTF-IDF از همه کارا تر می‌باشد (نوو و دیگران^۲، ۲۰۱۵).

جنونگ و همکاران، در مقاله‌ای با عنوان "توسعه نقشه راه پتنت از طریق GTM^۳ و مدل BASS" یک فرایند نقشه راه جدید برای پتنت‌ها از طریق GTM و مدل BASS ارائه می‌دهند. روش GTM کلمات کلیدی را استخراج می‌کند و بردار کلمات کلیدی تشکیل می‌دهد به طوری که صفر عدم وجود کلمه کلیدی و یک وجود کلمه کلیدی در پتنت را نشان می‌دهد. این روش برای تشخیص خلاهای پتنت‌ها و پیش بینی محتوای زمینه‌های تحقیقاتی در حال رشد استفاده می‌شود. این روش همچنین برای بررسی جایگاه کاربردهای پتنت و کشف خلاها در توسعه فناوری می‌باشد. این خلاهای کشف شده توسط روش GTM، زمینه‌های بالقوه برای توسعه فناوری را نشان می‌دهد. مدل BASS برای پیش‌بینی حداکثر تعداد کاربردهای پتنت در زمینه‌های فناورانه‌ی مرتبط و زمان تقریبی ظهور پتنت جدید به کار می‌رود (جنونگ و همکاران^۴، ۲۰۱۵).

وو در پژوهشی با عنوان "تجزیه و تحلیل کیفیت پتنت و سیستم طبقه بندی با استفاده از نقشه خودسازمانده با ماشین بردار پشتیبان"^۵ رویکرد داده کاوی را برای شناسایی و طبقه بندی کیفیت پتنت‌های جدید در طول زمان به کار برده‌اند. تجزیه و تحلیل اتوماتیک پتنت و سیستم طبقه بندی بنام SOM-KPCA-SVM که با توجه به کیفیت شاخص‌ها توسعه می‌یابد. رویکرد نقشه خود

-
- 1 . Choi and Hwang
 - 2 . Noh and et al
 - 3 . Generative Topographic Mapping
 - 4 . Jeong et al
 - 5 . Support Vector Machine (SVM)

سازمانده برای خوشه بندی پتنت‌های انتشار یافته در گروه‌های کیفی متفاوت با توجه به شاخص‌های کیفی پتنت به جای گروه خبرگان استفاده می‌شود. رویکرد تحلیل مولفه هسته اصلی^۱ برای تبدیل ویژگی‌های فضای غیرخطی برای بهبود کارایی دسته بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. رویکرد ماشین بردار پشتیبان برای ساخت یک مدل طبقه بندی کیفی پتنت استفاده می‌شود. روش پیشنهادی در این مقاله روش طبقه بندی کیفی اتوماتیک پتنت SOM-KPCA-SVM می‌باشد. نتایج خوشه‌بندی SOM در بین گروه‌های کیفی مختلف موفقیت‌آمیز بوده است و نتیجه آن از نظر آماری تفاوت معناداری در شاخص‌های کیفیت بین گروه‌های کیفی دارد. KPCA یک تبدیل موثر از ویژگی‌های فضای غیرخطی در ویژگی‌های پتنت دارد و همچنین عملکرد طبقه بندی را بهبود می‌بخشد. SVM یک مدل طبقه‌بندی قوی برای مسائل کیفی پتنت می‌سازد. هدف از SOM-KPCA-SVM بهبود زمان، هزینه و نیروی انسانی در تحلیل پتنت‌ها می‌باشد. بنابراین سیستم SOM-KPCA-SVM می‌تواند یک زمان کوتاه برای تعیین کیفیت پتنت اختصاص دهد (وو و همکاران، ۲۰۱۶).

در مطالعه‌ای با عنوان "پیش بینی نوآوری‌های تکنولوژیک خودروهای هیبرید توسط فرایند پیشنهادی داده کاوی در پایگاه‌های داده‌ای اختراعات ثبت شده: مورد کاوی سیستم کنترل هیبرید" با استخراج پتنت‌های سیستم کنترل هیبرید در سایت پتنت آمریکا طی سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ و انجام عملیات متن کاوی بر روی پتنت‌ها، همچنین بررسی کلمات کلیدی این حوزه در نهایت ترکیباتی که توسط پتنت‌های موجود هنوز بیان نشده‌اند یا به عبارت دیگر فرصت‌های نوآورانه تکنولوژیک قابل تحقیق و گسترش در آینده مشخص شدند (مجیدفر و دیگران، ۱۳۸۸).

در پژوهشی با عنوان "ارائه یک الگوی ارزیابی و پیش بینی تکنولوژی بر اساس آنالیز و متن کاوی اختراعات ثبت شده" پتنت‌های بین‌المللی در حوزه پزشکی از راه دور استخراج گردید و با استفاده از تکنیک متن کاوی زیرگروه‌های این حوزه شامل پاتولوژی، رادیولوژی و جراحی از راه دور مشخص گردید و سپس با استفاده از منحنی چرخه عمر، نقطه آغاز، اوج و اشباع برای هر کدام از این زیر گروه‌ها ترسیم گردید (مجیدفر و فضل‌شادپور، ۱۳۸۹).

در مقاله‌ای با عنوان "پیش بینی فناوری با تحلیل محتوای حق ثبت اختراع؛ تحلیلی بر آینده فناوری لعاب" پتنت‌های استخراج شده فناوری لعاب در پایگاه ثبت پتنت آمریکا و اروپا طی سالهای

1 . Kernal Principal Component Analysis (KPCA)

2 . Wu and et al

۱۹۱۳ تا ۲۰۱۱ با استفاده از ابزارهای تحلیل پتنت و خوشه بندی کا میانگین به شش خوشه اصلی تفکیک شدند که با استفاده از منحني رشد لجستیک دوگانه و چرخه حیات فناوری ترسیم و تفسیر گردید (زارع احمدآبادی و یوسف تبار میری، ۱۳۹۲).

مرور تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که تحلیل پتنت یکی از روش‌های قدرتمند در پیش بینی فرصت‌های نوآوری در فناوری‌های حوزه‌های مختلف می‌باشد.

روش پژوهش

انتخاب یک روش برای پیش بینی به عوامل مختلفی به ویژه زمان و منابع مالی در دسترس و همچنین اهداف پیش‌بینی بستگی دارد (میلز و کینان^۱، ۲۰۰۰). مدل‌ها و ابزارهای مختلفی برای تجزیه و تحلیل آینده و نیز پیش‌بینی آینده علم، فناوری و نوآوری وجود دارد اما برای دستیابی به نتایج قابل قبول و معتبر باید تا حد امکان سعی شود از روش‌های کمی و کیفی به طور همزمان استفاده شود (سانتو و دیگران^۲، ۲۰۰۶؛ سینگ و دیگران^۳، ۲۰۰۷). بدین منظور در این مطالعه با توجه به دسترسی به متن کامل پتنت‌ها و متخصصان مربوط به این حوزه، از هر دو روش کیفی (قضاوت متخصصان) و کمی (متن کاوی) استفاده شده است که هر یک از آن‌ها در ادامه شرح داده خواهد شد.

۱- تشکیل گروه خبرگان

به علت ماهیت بین رشته‌ای بودن این پژوهش، وجود خبرگان رشته‌های مهندسی برق، مهندسی مکانیک و فیزیک لازم است. به همین منظور با اساتید مطرح در زمینه مطالعات فناوری انرژی خورشیدی و به ویژه فناوری فتوولتائیک مکاتبه شد و در نهایت نظر جمعی از آنان جهت همکاری جلب گردید؛ در نهایت گروه خبرگان شامل یک تن از اساتید گروه مهندسی برق گرایش قدرت دانشگاه کمبریج در خارج از کشور و یک تن از اساتید گروه مهندسی برق گرایش قدرت دانشگاه تهران، یک تن از اساتید گروه مهندسی برق گرایش قدرت دانشگاه صنعتی شریف، یک تن از اساتید گروه فیزیک گرایش اتمی مولکولی دانشگاه یزد و یک تن از دانش آموختگان کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی دانشگاه تهران در داخل تشکیل شد. همان‌طور که در چارچوب اجرایی

1 . Miles and Keenan

2 . Santo et al

3 . Singh et al

پژوهش مشاهده می‌شود، قضاوت خبرگان کلیه فرایندهای پژوهش را به طور موثری پشتیبانی می‌کند. مراحل که ساختار پژوهش بر اساس نظرات خبرگان شکل گرفت به ترتیب ذیل می‌باشد:

- معرفی کلمات کلیدی اولیه جهت جستجوی پتنت‌های مرتبط
- استخراج پتنت‌های مرتبط از انبار پتنت‌های شناسایی شده
- فیلتر کردن کلمات کلیدی استخراج شده بر اساس روش متن کاوی
- ساختاردهی به کلمات کلیدی استخراج شده از پتنت‌ها بر مبنای فرایندهای فناوری فتوولتائیک
- تایید روایی خوشه‌بندی کلمات کلیدی در تکرارهای فرایند داده‌کاوی

۲- تشکیل بانک اطلاعاتی

در این پژوهش، ابتدا با نظر خبرگان کلمات Photovoltaic و Solar Photovoltaic پس از تعیین کدهای USPC و IPC، در عنوان، چکیده و کلمات کلیدی پتنت‌ها در سایت USPTO (عنوان کامل ترین بانک داده پتنت)، در بازه زمانی ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۶ مورد جستجو قرار گرفت؛ در مجموع بانک اطلاعاتی متشکل از ۱۲۸۸ پتنت تشکیل شد. با توجه به ماهیت اطلاعات مورد نیاز که از نوع عددی و متنی بوده و همچنین توانایی نرم افزار Excel در تشکیل بانک اطلاعاتی از نرم‌افزار Excel 2013 استفاده گردید. در این بانک، اطلاعاتی همچون شماره پتنت، عنوان پتنت، مخترعان، نام کشور، چکیده، کلمات کلیدی، تاریخ ثبت، تاریخ انتشار، ادعا، بحث و غیره ذخیره شده است.

۳- متن کاوی

متن کاوی به معنی استخراج اطلاعات ضمنی، نامعلوم و مفید از حجم عظیمی از داده‌های متنی می‌باشد. این روش به دنبال اطلاعات با ارزشی مانند روابط، روندها و الگوها در داده‌های متنی بوده و به طور گسترده‌ای برای کشف روابط پیچیده در متون و اسناد علمی به کار می‌رود (سانتو و دیگران، ۲۰۰۶؛ پورتر^۱، ۲۰۰۳). اگر چه این روش از طریق تحلیل کامپیوتری به کشف دانش کمک می‌کند، تفسیر معنا و ارتباطات به دست آمده از اطلاعات، به متخصصان آن حوزه بستگی دارد. به عبارت دیگر، قابلیت اطمینان یک فعالیت پیش بینی با مهارت و دانش متخصصانی که از آن‌ها مشاوره گرفته می‌شود ارتباط تنگاتنگی دارد. در زیر فرایند متن کاوی مورد استفاده در این پژوهش شرح داده می‌شود.

۳-۱- استخراج عبارات کلیدی

با متن کاوی پتنت‌ها، کلمات و عبارات با فراوانی بالا شناسایی می‌شوند. سپس با استفاده از نظر خبرگان این کلمات و عبارات فیلتر شده تا مرتبط ترین آن‌ها برای تشکیل دیکشنری فناوری انتخاب گردند. دقت در این مرحله از اهمیت بسیاری برخوردار است، و کیفیت نتایج نهایی جستجو تا حدود زیادی به این مرحله وابسته است. پس از تشکیل دیکشنری فناوری، این عبارات دوباره در متن پتنت‌ها جستجو شده و فراوانی وقوع هر یک در متن پتنت‌ها به دست می‌آید.

در این پژوهش برای انجام فرایند متن کاوی از نرم افزار QDA MINER و WORDSTAT استفاده شد تا کلمات کلیدی این حوزه شناسایی شده و خوشه بندی گردد. در این مرحله متن کامل تمامی پتنت‌ها به منظور اجرای عملیات پیش پردازش به این نرم افزارها وارد شده و تمامی لغات به کار رفته در این متون استخراج شد. به طور مجموع، ۶۸۵۴۰۳۱ کلمه و عبارت به دست آمد. در طی یک فرایند چهارمرحله‌ای با استفاده از نظر خبرگان بردار کلمات کلیدی مرتبط با این موضوع شناسایی گردید. این چهار مرحله شامل قطعه بندی کلمات، حذف کلمات زائد، ریشه یابی و محاسبه وزن عبارات می‌باشند. پس از بازیابی و بررسی کلمات، دیکشنری کلمات کلیدی متشکل از ۸۰ کلمه به دست آمد که در یافته‌های پژوهش، قسمت نتایج خوشه بندی، به آن‌ها اشاره خواهد شد. با محاسبه فراوانی وقوع هر عبارت در هر پتنت، بردار کلمات کلیدی به دست می‌آید که در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. سطرها و ستون‌های این ماتریس به ترتیب پتنت‌ها و کلمات کلیدی و درایه‌های آنها نشان دهنده فراوانی کاربرد هر کلمه کلیدی در هر پتنت می‌باشد.

جدول ۱. فراوانی عبارات کلیدی در هر پتنت

	KP_1	KP_2	KP_3	...	KP_N
P_1	$F_{1,1}$	$F_{1,2}$	$F_{1,3}$	...	$F_{1,N}$
P_2	$F_{2,1}$	$F_{2,2}$	$F_{2,3}$	...	$F_{2,N}$
P_3	$F_{3,1}$	$F_{3,2}$	$F_{3,3}$	...	$F_{3,N}$
...	...	...	...	...	...
P_m	F_{M1}	F_{M2}	F_{M3}	...	F_{MN}

۳-۲- نرمالایز کردن عبارات کلیدی

تخصیص وزن به عبارات کلیدی بر اساس فراوانی وقوع آن‌ها در متن اسناد (TF) روشی رایج در متن کاوی محسوب می‌شود (لوهن^۱، ۱۹۵۷). با توجه به این که هر پتنت می‌تواند از تعداد مختلفی از کلمات و صفحات تشکیل شده باشد، می‌توان نتیجه گرفت که اندازه پتنت بر روی فراوانی کلمات کلیدی تاثیرگذار است. برای خنثی کردن اثر اندازه پتنت‌ها، جهت وزن‌دهی عبارات، از روش فراوانی نرمال عبارت- فراوانی معکوس متن، که توسط تراپی^۲ (۲۰۱۰) مطرح شده است، استفاده کرد. فراوانی نرمال عبارت- فراوانی معکوس متن (NTF-IDF)، در معادله ۱ نشان داده شده است:

$$NTF_{ik}-IDF = tf_{ik} \times \frac{\sum_{s=1}^n WN_s}{n} \times \frac{1}{WN_k} \times \log_2 \left(\frac{n}{df_i} \right) \quad (1)$$

که در آن tf_{ik} برابر فراوانی عبارت i ام در متن k ام، WN_k نشان دهنده تعداد کلمات متن k ام، n تعداد کل متون و df_i برابر تعداد متونی است که عبارت i ام در آن‌ها بکار رفته است.

۳-۳- محاسبه همبستگی عبارات کلیدی

همبستگی بین مجموعه‌ای از داده‌ها، نوعی اندازه‌گیری میزان ارتباط آن‌ها با یکدیگر است. با توجه به ماهیت داده‌های تحقیق، از رابطه همبستگی پیرسون برای محاسبه میزان همبستگی بین عبارات کلیدی استفاده می‌شود. فراوانی نرمال عبارات کلیدی به عنوان ورودی برای اندازه‌گیری ارتباط میان آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این اندازه‌گیری براساس میزان هم‌وقوعی کلمات در متن پتنت‌ها می‌باشد. در معادله‌ی ۲ نحوه محاسبه همبستگی پیرسون نشان داده شده است. در آن N_D تعداد کل اسناد و X_{ij} تعداد عبارت کلیدی که در سند D_L رخ میدهد میباشد.

$$R_{ij} = \frac{\sum_{l=1}^{N_D} X_{il} \times X_{jl} - N_D \bar{X}_i \bar{X}_j}{\sqrt{(\sum_{l=1}^{N_D} X_{il}^2 - N_D \bar{X}_i^2)(\sum_{l=1}^{N_D} X_{jl}^2 - N_D \bar{X}_j^2)}} \quad (2)$$

هدف از به دست آوردن همبستگی، استفاده از آن برای خوشه بندی عبارات می‌باشد؛ تا ترکیبات

1. Luhn

2. Trappey

شناخته شده و همچنین ترکیبات مغفول مانده در این حوزه شناسایی گردد. پس از به دست آوردن ماتریس فراوانی نرمالایز شده عبارات کلیدی، با توجه به هم وقوعی این کلمات در متن پتنت ها، همبستگی پیرسون عبارات با کلمات با یکدیگر با استفاده از نرم افزار SPSS محاسبه می گردد. بنابراین همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است، این ماتریس در برگیرنده ضرایب همبستگی بین کلمات کلیدی که مبین شدت همزمانی کاربرد کلمات کلیدی در پتنت ها می باشد.

جدول ۲. ماتریس همبستگی عبارات کلیدی

	KP_1	KP_2	KP_3	...	KP_N
KP_1	$R_{1,1}$	$R_{1,2}$	$R_{1,3}$	...	$R_{1,N}$
KP_2	$R_{2,1}$	$R_{2,2}$	...	...	...
KP_3	$R_{3,1}$	...	...	...	...
KP_4	$R_{4,1}$				
...	...	...	...	...	...
KP_N	R_{N1}	...	...	...	...

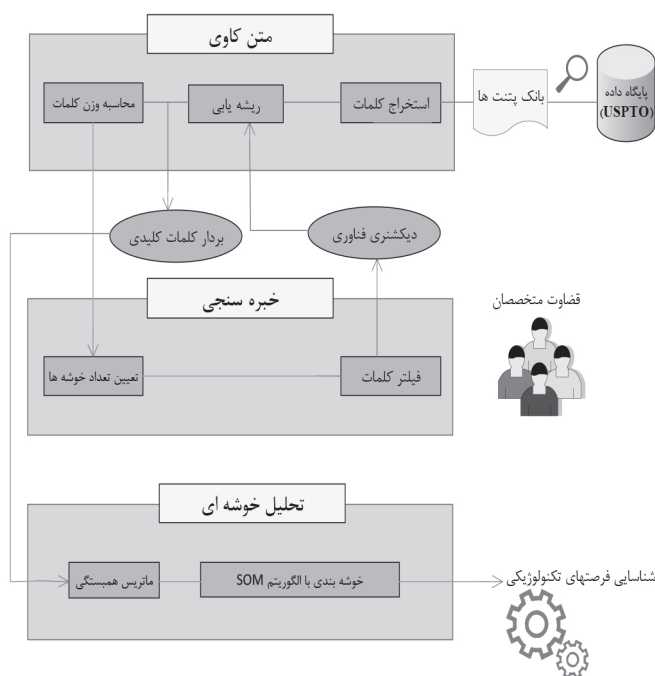
۴- شبکه عصبی مصنوعی

نقشه های خودسازمانده (SOM) اولین بار در سال ۱۹۸۱ توسط کوهنن^۱ با الگو برداری از عصب های شبکه چشم معرفی شد. ساختار روش SOM به گونه ای است که از دو لایه مجزا تشکیل شده است. یک لایه ورودی و یک لایه خروجی که لایه نقشه نام دارد. هر نرون در لایه نقشه، مربوط به یک بردار اطلاعات با ابعادی برابر با ابعاد فضای مورد نیاز تحلیل است. پس از آموزش شبکه های خودسازمانده، به تعداد نرون های انتخاب شده برای شبکه، بردارهای وزنی به دست می آیند که هر یک نمایانگر بخشی از فضای مورد تحلیل است. در صورت انتخاب تعداد مناسب نرون، ابعاد شبکه و در نهایت آموزش مناسب شبکه، نمایش وزنی متناظر با نرون های هر نقشه می تواند به خوبی نمایانگر فضای مورد تحلیل باشد.

1 . Kohonen

در خروجی نقشه‌های SOM متناظر با مقدار هر مشخصه در بردار وزنی، یک بردار RGB و در نتیجه یک رنگ در نظر گرفته می‌شود؛ به گونه‌ای که تمام مقادیر با استفاده از طیف رنگی، از آبی تیره (برای کمترین مقدار) تا قرمز تیره (برای بیشترین مقدار)، قابل نمایش باشند. نرم‌افزارهای متنوعی برای تحلیل داده‌ها با استفاده از روش SOM وجود دارد. در این پژوهش از نرم‌افزار Viscosity SOMine استفاده شده است.

نقشه‌های خودسازمانده، از انواع شبکه‌های عصبی با قابلیت یادگیری بدون ناظر هستند که در تحلیل فضاهای پیچیده و خوشه‌بندی داده‌ها در گروه‌های همگن، توانایی زیادی دارند. به همین دلیل در این پژوهش از این روش نیز برای بخش‌بندی استفاده شده است. این سیستم‌ها با یادگیری بر اساس طبقه‌بندی اولیه از الگوهای ورودی، شبکه‌ای از روابط بین متغیرهای موثر بر خوشه‌بندی شکل می‌دهد که قادر باشد تا با کمترین خطای ممکن، طبقه‌بندی مناسب از الگوهای جدید ارائه نماید.

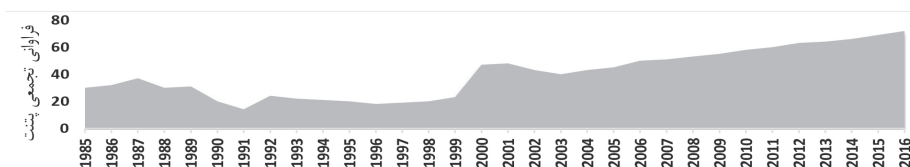


شکل ۱. چارچوب کلی روش پژوهش

تجزیه و تحلیل یافته‌ها

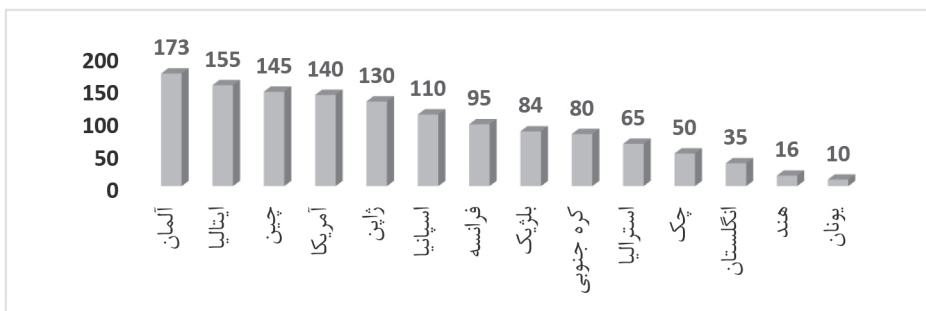
۱- تحلیل آماری

در این بخش اطلاعات آماری در مورد ۱۲۸۸ پتنت فتوولتائیک جمع‌آوری شده به عنوان بانک اطلاعات، ارائه می‌گردد. با توجه به اینکه برای تحلیل داده‌ها، به اطلاعات کتاب‌شناختی این پتنت‌ها نیاز است، اطلاعات تمامی این پتنت‌ها از سایت USPTO استخراج گردید. شکل ۲ روند ثبت این پتنت‌ها را طی سال‌های اخیر نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار تعداد پتنت‌ها در ۳۱ سال گذشته سیر صعودی دارد. علت این امر را می‌توان توجه مراکز علمی و تحقیقاتی به بهبود عملکرد و استفاده از این فناوری دانست.



شکل ۲. روند ثبت پتنت‌های فناوری فتوولتائیک

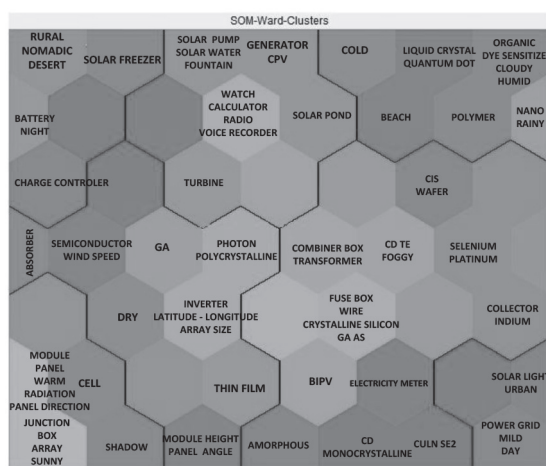
با پایش اطلاعات به دست آمده، تعداد کشورهایی که در زمینه فناوری فتوولتائیک نسبت به ثبت پتنت در سایت پتنت آمریکا اقدام کرده‌اند به دست آمد. شکل ۳ میزان ثبت پتنت‌ها را در هر کدام از این کشورها به صورت کلی مشخص می‌کند. همان‌طور که در این نمودار مشاهده می‌شود، کشور آلمان با ۱۷۳ پتنت جایگاه اول و کشور ایتالیا با ۱۵۵ پتنت، جایگاه دوم را در این زمینه کسب کرده‌اند.



شکل ۳. تعداد پتنت‌های ثبت شده در هر یک از کشورها

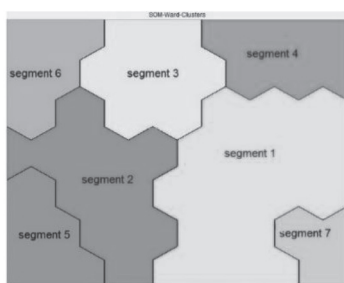
۲ - تحلیل خوشه ای

در این پژوهش با استفاده از نرم افزار SOMine از یک تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی با عنوان SOM-Ward clusters برای تعیین مرزهای هر بخش و نیز تعیین تعداد خوشه‌های بهینه استفاده شده است. داده‌های تعلیم شبکه از ۷۷ (تعداد عبارات کلیدی) بردار ۳ بعدی (فرایندهای مشخص شده با نظر خبرگان شامل: Grid Connected, Stand Alone, Hybrid) تشکیل شده است. شکل ۴ بخش بندی نهایی عبارات کلیدی را که نشان‌دهنده ترکیبات همگون از کلمات کلیدی است، در ۷ خوشه نشان می‌دهد. گفتنی است که همگونی کلمات کلیدی جای گرفته در هر خوشه بر پایه میزان همبستگی آن با هر کدام از سه فرایند مشخص شده توسط خبرگان تعیین می‌شود. به این معنی که مجموعه‌ای از کلمات کلیدی که با هر کدام از این سه فرایند در فناوری فتوولتائیک بیشتر مورد توجه قرار گرفته بودند شناسایی شده و در قالب خوشه‌های جداگانه نمایش داده می‌شوند. لازم به ذکر است که در این شکل هر خوشه اصلی از مجموع چند خرده خوشه (شش گوشه‌ها) تشکیل شده است. یک خرده خوشه می‌تواند یک یا چند عبارت کلیدی که از لحاظ میزان همبستگی با سه فرایند مورد بررسی بسیار همسان هستند را در خود جای دهد. از سوی دیگر شدت رنگ خرده خوشه‌ها بیانگر میانگین همبستگی عبارات کلیدی جای گرفته در آن خرده خوشه با سه فرایند مورد بررسی است. به بیان ساده‌تر عبارات کلیدی که در بخش‌های پررنگتر شکل ۴ جای گرفته‌اند با هر سه فرایند مورد بررسی همبستگی بالایی دارند.



شکل ۴. خوشه‌های عبارات کلیدی با استفاده از روش SOM

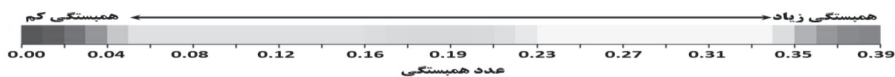
پس از مشخص کردن مرزهای بخش‌بندی می‌توان به واکاوی ویژگی‌های عبارات و کلمات کلیدی جای گرفته در هر خوشه بر مبنای فرایندهای فناوری فتوولتائیک پرداخت. شکل ۵ مرزبندی خوشه‌ها را نشان می‌دهد.



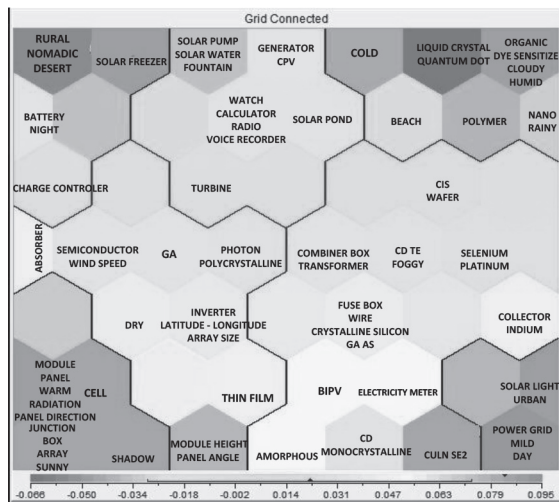
شکل ۵. مرزبندی خوشه‌ها

یکی دیگر از خروجی‌های روش SOM، نقشه‌های ویژگی^۱ هستند که توزیع برداری هر یک از متغیرهای خوشه‌بندی (سه فرایند مورد تحلیل) را در کل فضای تحلیل نشان می‌دهند. به عبارت دیگر نقشه‌های ویژگی، فضای خوشه‌بندی را به تفکیک فرایندهای مورد بررسی و نیز بر اساس عبارات کلیدی در هر خرده خوشه (شش ضلعی‌های رنگی) نشان می‌دهد.

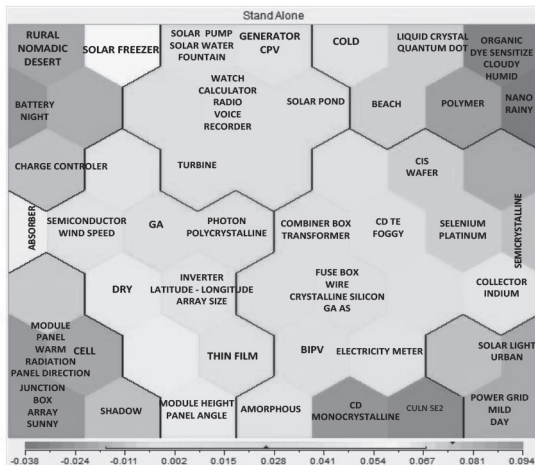
در پایین هر یک از این نقشه‌ها یک طیف رنگی از آبی تا قرمز همراه با معادل عددی آن مشخص شده است. رنگ هر خرده خوشه با توجه به معادل عددی آن بیانگر میزان همبستگی عبارت یا میانگین همبستگی عبارات جای گرفته در آن خرده خوشه با فرایند است که در بالای نقشه مشخص گردیده است. یکی از مزایای استفاده از روش SOM، تعیین جایگاه هر یک از اعضای خوشه در درون خوشه‌ها و نیز قابلیت ارزیابی میزان همبستگی هر عضو از خوشه (به عنوان مثال کلمات کلیدی) با هر یک از متغیرهای خوشه‌بندی (فرایندهای سه گانه مذکور) می‌باشد. نقشه‌های ویژگی این قابلیت‌ها را فراهم می‌سازند. به این صورت که در این شکل‌ها جایگاه هر کلمه کلیدی یا هر خرده خوشه، مشخص شده و نیز میزان همبستگی آن‌ها با هر یک از فرایندهایی که به عنوان متغیرهای خوشه‌بندی در نظر گرفته شده‌اند، به وسیله طیف رنگ‌های مشخص، تعیین می‌گردد. راهنمای طیف رنگ در شکل ۶ نشان داده شده است. به این ترتیب که رنگ قرمز بیانگر بیشترین میزان همبستگی و رنگ آبی بیانگر کمترین میزان همبستگی با فرایندهای مذکور می‌باشد.



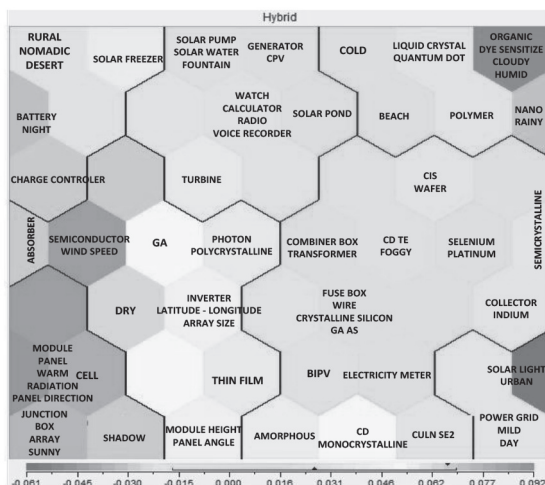
شکل ۶. راهنمای طیف رنگ نقشه‌های ویژگی



شکل ۷. نقشه ویژگی فرایند متصل به شبکه



شکل ۸. نقشه ویژگی فرایند مستقل از شبکه



شکل ۹. نقشه ویژگی فرایند ترکیبی

با استفاده از این نقشه‌ها از یک سو می‌توان به بررسی وضعیت عبارات کلیدی در هر یک از فرایندها پرداخت و از سوی دیگر همبستگی بین فرایندهای مختلف را مورد بررسی قرار داد. در شکل‌های ۷، ۸، ۹ نقشه‌های ویژگی گزارش شده به ترتیب برای فرایندهای متصل به شبکه، مستقل از شبکه و ترکیبی نشان داده شده است.

همان‌طور که در اشکال فوق نشان داده شده، به عنوان مثال کلمه Power Grid در خوشه شماره ۷، در فرایند Grid Connected با رنگ متمایل به قرمز مشخص شده است که بیانگر میزان همبستگی بالای این کلمه با این فرایند است در صورتی که در شکل مربوط به فرایندهای Stand Alone و Hybrid این کلمه با رنگ آبی مشخص شده که بیانگر همبستگی نزدیک به صفر این کلمه با این فرایندها می‌باشد. با بررسی تمام کلمات این خوشه، می‌توان به این نتیجه دست یافت که این خوشه مبین کلماتی است که با فرایند Grid Connected همبستگی بسیار بالا و با فرایندهای Stand Alone و Hybrid همبستگی نسبتاً پایینی دارند. در مثالی دیگر، کلمات Semiconductor و Wind Speed در خوشه شماره ۲ نسبت به هم در وضعیت مشابهی با سه فرایند برخورد دارند، به همین دلیل این دو کلمه با هم در یک خرده خوشه قرار گرفته‌اند. با بررسی رنگ خرده خوشه در هر فرایند، می‌توان مشاهده کرد که این دو کلمه با فرایند Hybrid از همبستگی بالایی برخوردار است (رنگ قرمز)، اما همین خرده خوشه در فرایندهای Grid Connected و Stand Alone با رنگ سبز

مشخص شده و بیانگر همبستگی متوسط این کلمات با فرایندهای یاد شده می باشد. ذکر این نکته ضروری است که در نقشه های ویژگی، فاصله خرده خوشه ها از یکدیگر بیانگر تفاوت عبارات کلیدی جای گرفته در آن ها با یکدیگر است. برای مثال عبارت کلیدی که در سمت راست و پایین نقشه قرار گرفته اند بیشترین تفاوت از لحاظ میزان همبستگی با فرایند مورد بررسی را با عبارات کلیدی دارند که در گوشه چپ و بالای نقشه جای گرفته اند. بر همین اساس و با هدف تصویرسازی چنین تفاوت هایی بین خرده خوشه ها و نیز با توجه به ابعادی که برای نقشه انتخاب شده است برخی از خرده خوشه ها به اصطلاح خالی می مانند و عبارت کلیدی در آن ها جای نمی گیرد. به بیان دیگر هر خرده خوشه در نقشه ویژگی با توجه به خرده خوشه هایی که مجاور آن قرار گرفته اند و نیز با توجه به فاصله آن با سایر خرده خوشه ها، یک برچسب فرضی از ویژگی های عبارات کلیدی که می توانند در آن دسته بندی شوند را به خود اختصاص می دهد. بر همین اساس اگر عبارات کلیدی که با این برچسب (از لحاظ میزان همبستگی با فرایندهای مورد بررسی) هماهنگی داشته باشند در داده ها موجود نباشد آن خرده خوشه خالی می ماند. این خرده خوشه های خالی می توانند موجب افزایش مساحت یک خوشه شوند در حالی که فراوانی داده های جای گرفته در آن خوشه ثابت می ماند.

نتیجه گیری

در این پژوهش با استفاده از متن کاوی پتنت ها و تحلیل خوشه ای (شبکه عصبی مصنوعی)، کلمات کلیدی این حوزه و هم وقوعی آن ها با فرایندهای سه گانه موجود در پتنت های فناوری فتوولتائیک ردیابی شد. با ترکیب روش متن کاوی و تحلیل خوشه ای (روش کمی) با نظرات خبرگان (روش کیفی)، حوزه هایی (کلمات کلیدی) که با هر یک از فرایندهای ذکر شده ارتباط بالایی دارند (رنگ قرمز تیره) یا دارای ارتباط و همبستگی کمی هستند (رنگ آبی تیره)، تعیین گردید.

همان گونه که در خوشه های به دست آمده نشان داده شد، تعدادی از کلمات با هیچ کدام از سه فرایند فوق هم وقوعی بالایی نداشتند (رنگ آبی تیره). بدین معنی که این حوزه ها هنوز در اختراعات فتوولتائیک با فرایندهای مذکور مورد توجه محققان در سطح جهان قرار نگرفته است. بررسی این عبارات و کلمات کلیدی، می تواند در یافتن حوزه های تحقیقاتی جدید در فناوری فتوولتائیک و جهت دهی به اختراعات آتی نقش بسزایی ایفا نماید. همچنین نتایج حاصل از این پژوهش می تواند جهت فرصت های سرمایه گذاری در بخش تحقیق و توسعه در این قلمرو بسیار مفید باشد. در ادامه

برخی از این ترکیبات مغفول مانده شناسایی و جهت تحقیقات بیشتر ارائه می گردد:

- مواد اولیه و خام تشکیل دهنده صفحات خورشیدی در سیستم های فتوولتائیک شامل سه نسل از فناوری می باشد. نسل اول سیلیکون کریستالی می باشد که رایج ترین ماده توده برای سیستم های فتوولتائیک می باشد. ماده توده سیلیکون با توجه به نوع کریستال و اندازه کریستال به سیلیکون تک کریستالی و سیلیکون چند کریستالی تقسیم می گردد. نسل دوم لایه نازک ها می باشد که از مواد اصلی آن گالیوم آرسنیدها می باشد. نسل سوم مبتنی بر مواد آلی می باشد، سیستم های فتوولتائیک ساخته شده از مواد آلی در مقایسه با همتایان دیگر خود بازده کمتری دارند اما به دلیل هزینه ساخت پایین و همچنین قابلیت هایی مانند انعطاف پذیری برای مصارف غیر صنعتی مناسب هستند. انواعی از این نسل شامل حساس به رنگ، پلیمری و مبتنی بر کریستال می باشد. در نتیجه وجود کلمه ی آلی^۱ و زیر مجموعه های مربوط به آن از قبیل: حساس به رنگ^۲، پلیمری^۳، نانو^۴ در قسمت آبی تیره نقشه های ویژگی هر فرایند نشان دهنده ی این است که مخترعان به این نسل از فناوری فتوولتائیک و تاثیرات آن توجه ننموده اند. علت این امر آن است که این نسل از فناوری هنوز در مرحله ی آزمایشگاهی بوده و هنوز بصورت تجاری مورد استفاده قرار نگرفته است در حالی که بنابر نظر خبرگان این فناوری می تواند بعنوان یک حوزه تحقیقاتی جدید مورد عنایت مخترعان قرار گیرد.
- پارامترهای محیطی موثر در عملکرد سیستم های فتوولتائیک عبارتند از عواملی که گویای شرایط آب و هوایی می باشد. برای مثال مکان و شرایط آب و هوایی نصب سیستم های فتوولتائیک در میزان جذب انرژی خورشیدی و اثر بخشی عملکرد سیستم های فتوولتائیک موثر است. با توجه به دیدگاه متخصصان وجود کلمه ابری^۵، بارانی^۶ و مرطوب^۷ در قسمت های آبی تیره نقشه های ویژگی حاکی از آن است که تاثیر عملکرد این شرایط جوی (آب و هوایی) در کارایی و عدم کارایی سیستم های فتوولتائیک تا بحال مورد غفلت قرار گرفته است.

1 . Organic
 2 . Dye Sensitize
 3 . Polymer
 4 . Nano
 5 . Cloudy
 6 . Rainy
 7 . Humid

منابع

- زارع احمدآبادی، حبیب؛ یوسف تبار میری، صادق. (۱۳۹۲). "پیش بینی فناوری با تحلیل محتوای حق ثبت اختراع؛ تحلیلی بر آینده فناوری لعاب"، *فصلنامه مدیریت توسعه فناوری*، سال اول، شماره ۲، صص ۵۷-۸۵.
- زالی، نادر. (۱۳۹۰). "آینده نگاری راهبردی و سیاست گذاری منطقه‌ای با رویکرد سناریو نویسی"، *فصلنامه مطالعات راهبردی*، سال چهارم، شماره چهارم، صص ۵۴-۳۳.
- مجید فر، فرزانه؛ تفضلی شادپور، محمد. (۱۳۸۹). "ارائه یک الگوی ارزیابی و پیش بینی تکنولوژی بر اساس آنالیز و متن کاوی اختراعات ثبت شده"، *چهارمین کنفرانس ملی مدیریت تکنولوژی ایران*.
- مجیدفر، فرزانه؛ مجیدفر، فرشید؛ محمدی، کمال؛ معصومی، غلامعلی؛ تفضلی شادپور، محمد. (۱۳۸۸). "پیش بین نوآوری‌های تکنولوژیک خودروهای هیبرید توسط فرایند پیشنهادی داده کاوی در پایگاه‌های داده‌ای اختراعات ثبت شده: مورد کاوی سیستم کنترل هیبرید"، *هشتمین همایش مراکز تحقیق و توسعه صنایع و معادن*.
- نوری، سیامک؛ ایوبی، مریم. (۱۳۸۸). "توسعه مدل آینده نگاری مبتنی بر پیمایش محیطی"، *مجله مدیریت فردا*، شماره ۲۲، سال هشتم، صص ۶۶-۵۵.
- وندل، بل. (۱۳۹۱). "مبانی آینده پژوهی"، مترجم مصطفی تقوی، محسن محقق، تهران، مرکز آینده پژوهی علوم و فناوری دفاعی.
- Abraham, B. P. and S. D. Moitra. (2001). «Innovation assessment through patent analysis», *Innovation*, 245-252.
- Bjorn L, Lubeck L. (2003), "Foresight – a successful project, with many lessons learned", *The second international conference on technology foresight, Tokyo*, Swedish Technology.
- Bower J. L. and. Christensen C. M., (2012). "Disruptive Technologies: Catching the Wave," *Harvard Business Review*: 43-53.
- Chen, Y.-H., C.-Y. Chen, et al. (2011). "Technology forecasting and patent strategy of hydrogen energy and fuel cell technologies" *Technological Forecasting & Social Change*, 6957-6969.
- Cohen, W. M. and S. A. Merrill. (2003). "Patents in the Knowledge-Based Economy", *Washington, DC, The National Academic Press*.
- Choi, J. Hwang, Y. (2013). "Patent keyword network analysis for improving technology development efficiency", *Technological Forecasting & Social Change*, TFS-17787 No13.

- Cooper, R. S. and S. A. Merrill, Stephen A. (1997). "US Industry: Restructuring and Renewal – Industrial Research and Innovation Indicators", *Washington, DC, National Academy Press* 120-129,
- Deng, Z., B. Lev, et al. (1999). «Science and technology as predictors of stock performance», *Technovation* , 20-32.
- Ernst, H. (1995). «Patenting strategies in the German mechanical engineering industry and their relationship to company performance», *Technological Forecasting & Social Chang* ,191-203
- Ernst, H. (2003). «Patent information for strategic technology management.» ,*World Patent Information* ,233-242.
- Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., Smyth, P.(2005). "The KDD Process for Extracting Useful Knowledge from Volumes of Data", *Communications of the ACM*, 27-34.
- Gordon T. J. and Glenn J. C., eds.(2003). "Futures Research Methodogy", *published by the Millennium Project of the American Council for the United Nations University*.
- Jeong, Y., Lee, K., Yoon, B., Phaal, R. (2015). "Development of a roadmap through the enervative Topographic mapping and Bass diffusion model", *Journal of Engineering and Technology management*. 112-123.
- Luhn, H.P. (1957) "A statistical approach to mechanized encoding and searching of literary information", *IBM Journal of Research and Development*, 1: 309-317.
- Miles, I., Keenan, M. (2000) "Overview of Methods used in Foresight", *Institute of Innovation Research*, University of Manchester, UK.
- Narin, F. (1998). "Patents as Indicators for the Evaluation of Industrial Research Output", *Scientometrics*, 489-496.
- Noh, Y., Jo, Y. and Lee, S. (2015). "Keyword Selection and Processing Strategy for application text mining to patent analysis", *Expert System With Applications*, page 13-24.
- Porter A. L., et al. (1991). "Forecasting and Management of Technology", *New York: John Wiley*.
- Porter, A. (2003), "Text mining for technology forecasting", J.C. Glenn, T.J. Gordon (Eds.), *Futures Research Methodology*, *American Council for the UNU, Washington, DC*.

- Porter A. L and S. W. Cunningham.(2004). "Tech Mining", *Wiley, New York*. 231-247.
- Rajman, M., Lebart, L.(2003). "Similarities for Textual Data", *In 4th International Conference on Statistical Analysis of Textual Data*.
- Santo, M, et al. (2006), "Text mining as a valuable tool in foresight exercises: A study on nanotechnology" *Technological Forecasting & Social Change*, 73,1013–1027.
- Singh, Neha et al, (2007), "Text mining a decade of progress in hospitality human resource management research: Identifying emerging thematic development", *Hospitality Management* 26, 131–147.
- Thomas, P. and G. S. Mcmillan (2001). «Using science and technology indicators to manage R&D as a business, *Expert System*, " 9-14.
- Trappey, C. V. (2010), "Clustering Patents Using Non-exhaustive Overlaps", 19, 162-181.
- Trappey, C. V., H.-Y. Wu, et al. (2011). «Using patent data for technology forecasting: China RFID patent analysis.» *Technological Forecasting & Social Change*, 53-64.
- Vanston J. H.(2008). "Technology Forecasting: An Aid to Effective Technology Management " , *Austin, TX: Technology Futures, Inc*
- Watts, Robert J .and Porter, Alan L. (2009). "Innovative Forecasting" ,*Technological Forecasting and Social Change* . 25-47.
- Wu ,J,et al.(2016). "A patent quality analysis and classification system using self-organization map with support vector machine" , *Applied soft computing*.305-316.