بررسی ساختار و تکامل شبکه نوآوری کشورهای فرارسی‌کننده در حوزه انرژی خورشیدی با استفاده از تحلیل استنادات پتنت

محبوبه نوری‌زاده*
دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
m.nourizadeh@sharif.edu

طاهره صاحب
دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
t.saheb@modares.ac.ir

شقایق صحرایی
دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
sh.sahraei@modares.ac.ir

علی ملکی
دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران
a.maleki@sharif.edu

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۳
تاریخ اصلاحات: ۱۴۰۰/۰۸/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۱۷

چکیده

به تازگی پژوهشگران به بررسی و تحلیل چگونگی این مورد پرداخته‌اند که چگونه تحول سبز به توسعه و فرارسی کشورهای متأخر و اقتصادهای نوظهور کمک کرده است ولیکن تعداد پژوهش‌ها در حوزه فرارسی از رهگذر انرژی‌های تجدیدپذیر هنوز قابل توجه نیست. فرارسی در فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر برای کشورهای در حال توسعه از آن جهت مورد تأکید است که از سویی بیشترین رشد تقاضای انرژی در سال‌های آینده در این کشورها خواهد بود و از سوی دیگر پنجره فرصت سبزی است تا سایر کشورهای در حال توسعه بتوانند با در نظر گرفتن آن به درس‌آموزی و یادگیری پرداخته و در جهت فرارسی در این حوزه‌ها تلاش نمایند. در این پژوهش سعی شده است تا فرارسی فناورانه از طریق تحلیل ساختار و تکامل شبکه نوآوری حوزه انرژی خورشیدی با استفاده از تحلیل استنادات پتنت بررسی شود. بدین منظور پتنت‌های این حوزه از پایگاه نوآوری درونت و در بازه زمانی سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷ استخراج و پاکسازی شد. سپس شبکه استنادات تشکیل و با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی ساختار کلی شبکه و ویژگی‌های سطح کشور بررسی شد. نتایج نشان داد برخی کشورها توانسته‌اند به مرور ظرفیت جذب خود را از طریق پیوستن به شبکه جهانی نوآوری و حرکت در خط سیر فناوری‌های کشورهای پیشرو از طریق افزایش استنادات به پتنت‌های این کشورها، افزایش دهند. در ادامه مسیر این کشورها توانسته‌اند پتنت‌های باکیفیتی و یا در حوزه‌های جدید فناورانه ثبت کنند که مورد استناد روزافزون سایر کشورها قرار گیرد. بدین ترتیب این کشورها موفق شدند در شبکه جایگاه ویژه‌ای به‌عنوان واسط و میانجی انتقال و اشاعه فناوری پیدا کنند و فرارسی فناورانه نمایند.

واژگان کلیدی

انرژی تجدیدپذیر خورشیدی؛ فرارسی فناورانه؛ تحلیل پتنت؛ شبکه نوآوری؛ پنجره فرصت.

۱- مقدمه

در طول سه دهه گذشته، تلاش‌های تحقیقاتی بر این موضوع متمرکز شده است که در یک اقتصاد جهانی بهم پیوسته، کشورهای متأخر چگونه و تحت چه شرایطی توانسته‌اند به تولیدکنندگان اصلی فناوری‌های جدید تبدیل شوند [۱]. یکی از حوزه‌هایی که برخی کشورهای در حال توسعه در فرارسی آن موفق بوده‌اند، انرژی‌های تجدیدپذیر بوده است. پرداختن به فرارسی فناورانه در انرژی‌های تجدیدپذیر برای کشورهای در حال توسعه از آن جهت مورد تأکید است که از سویی بیشترین رشد تقاضای انرژی جهان در سال‌های آینده در این کشورها اتفاق خواهد افتاد و از سوی دیگر پنجره فرصت سبزی است تا سایر کشورهای در حال توسعه نیز بتوانند با در نظر گرفتن آن به درس‌آموزی و یادگیری پرداخته و در جهت فرارسی در این حوزه‌ها تلاش نمایند. با توجه به اینکه بسیاری از صنایع سبز در کشورها جوان هستند، می‌توانند فرصت‌های مناسبی جهت توسعه پایدار این کشورها فراهم نمایند. تاکنون از منظرهای مختلف نظیر سیاست‌های و نظام ملی نوآوری، ویژگی‌های پایگاه دانش [۱]-[۳]، پویایی‌های فرارسی [۵] و [۴]، چرخه عمر فناوری [۶] و [۱]، رژیم‌های فناورانه [۷]، ویژگی‌های صنعت [۸]، پنجره‌های فرصت سبز [۱۱]-[۱۰] به بررسی فرارسی کشورها در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخته شده است. یکی از ابعادی که کمتر به نقش آن پرداخته شده است، مطالعه این پدیده از منظر شبکه‌های نوآوری در سطح جهانی و تحلیل عمیق و تکامل این شبکه در خلال فرارسی است.

* نویسنده مسئول

با توجه به جهانی‌شدن شبکه‌ها و فرایندهای نوآوری، نیاز به یادگیری‌های بین‌المللی در توسعه فناوری و در نتیجه پیوستن روزافزون کشورها به شبکه‌های جهانی نوآوری [۱۵]-[۱۲] درک ما از چگونگی این شبکه اهمیتی مضاعف پیدا خواهد کرد. برخی از کشورهای متأخر در مراحل اولیه از طریق پیوستن به شبکه‌های جهانی تولید و نوآوری، با استفاده از اکتساب دانش فناورانه خارجی پایه‌های دانشی خود را تقویت می‌کنند. سپس این دانش اکتساب شده را با دانش قبلی خود ترکیب کرده و آهسته آهسته وابستگی خود را از منابع فناورانه خارجی کم کرده و به مرور تا حدی خود اتکائی به دانش درونی پیدا می‌کنند و برخی از این مرحله نیز عبور کرده و به منبع دانش فناورانه برای سایر کشورها تبدیل می‌شوند. در این پژوهش سعی شده تا شبکه نوآوری و تکامل آن در طول زمان بررسی شود. نکته حائز اهمیت این پژوهش تمرکز بر شبکه‌های غیررسمی نوآوری در حوزه انرژی خورشیدی از طریق تشکیل شبکه استنادات پتنت و تکامل آن در طول دوره مورد بررسی است. داشتن دیدگاه تکاملی به جایگاه کشورها در شبکه نوآوری و دوره‌های زمانی مختلف و بررسی گذار کشورها از موقعیت پیرو و گیرنده محض فناوری به موقعیت پیشرو و منبع فناوری، بینش خوبی را برای فهم چگونگی این فرارسی فراهم می‌کند. فلذا سؤال کلی این پژوهش را می‌توان این‌گونه مطرح‌کرد که "تکامل ساختاری شبکه نوآوری کشورهای حوزه انرژی خورشیدی در مسیر فرارسی فناورانه چگونه بوده است؟" سؤالاتی که در ذیل این سؤال اصلی مطرح می‌شوند عبارتند از:

۱. تغییرات ساختاری شبکه نوآوری به چه صورت بوده است؟
۲. جایگاه کشورها در شبکه نوآوری در طول دوره مورد بررسی چه تغییراتی داشته است؟

در این پژوهش سعی بر آن است که به این سؤالات با استفاده از تحلیل استنادات پتنت‌های حوزه انرژی خورشیدی پاسخ داده شود. بدین منظور در بخش بعد مبانی نظری و پیشینه پژوهش آمده است. سپس روش پژوهش و شیوه جمع‌آوری و استخراج داده‌ها آمده‌است. در بخش چهارم به تجزیه و تحلیل داده‌ها با توجه به سؤالات فرعی پرداخته شده است و در آخر نتایج و جمع‌بندی و پیشنهادات پژوهش آمده‌اند.

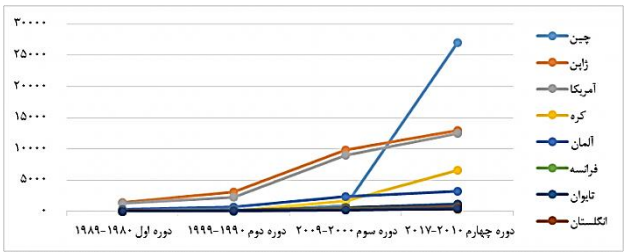
۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- مفهوم فرارسی فناورانه در انرژی خورشیدی

طی سه دهه گذشته بسیاری از مطالعات فرایندهای یادگیری موفقیت‌آمیز فناوری در صنعتی‌شدن کشورهای در حال توسعه را مورد بررسی قرار داده اند و معتقدند کشورهای تازه صنعتی شده در ابتدا فناوری‌ها را از کشورهای پیشرفته می‌آموزند و سپس توانایی‌های فناورانه خود را گام به گام ایجاد می کنند. در حقیقت داستان یادگیری فناوری نیز مربوط به نظریه فرارسی است. فرارسی فناورانه به‌عنوان تقویت توانایی‌های فناورانه نسبت به رقبا و کاهش فاصله فناورانه با آنها تعریف می‌شود. فرارسی فناورانه می تواند براساس اطلاعات کمّی (به‌عنوان مثال تعداد و کیفیت پتنت) یا ارزیابی کیفی "فاصله" تا مرز دانش جهانی در یک بخش مشخص اندازه‌گیری شود [۴].

۲-۲- فرارسی در انرژی خورشیدی

فناوری انرژی خورشیدی، براساس اثر فتوولتائیک، تابش خورشید را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. در مجموع الگوی نوآوری در این صنعت مبتنی بر مدل STI بوده و ناشی از پیشرفت در علوم مواد، فناوری نیمه هادی و رشته‌های مرتبط مانند مهندسی الکتروشیمی است [۱۶]. در مورد فناوری انرژی خورشیدی، همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، اگر تعداد پتنت‌ها را به‌عنوان شاخصی برای فرارسی فناورانه در نظر بگیریم، برخی از کشورها از منظر فناورانه توانسته‌اند به فرارسی در این حوزه دست یابند.



شکل ۱- مقایسه تعداد پتنت‌های انرژی خورشیدی در چهار دوره زمانی

همچنین همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده کشور چین بعد از سال ۲۰۰۹ به یکباره جهش زیادی را در تعداد پتنت‌ها داشته است به گونه‌ای که توانسته پیشگامان این حوزه یعنی ژاپن، ایالات‌متحده و آلمان را پشت سر گذارد و به همپایی از بعد فناورانه نیز دست یابد. همچنین کره‌جنوبی نیز توانسته‌است تا حد خوبی فاصله خود را از لحاظ میزان پتنت با کشورهای پیشرو کم کند. کشور تایوان نیز توانسته است کشور انگلستان را پشت سر گذارد و فاصله خود را کمی با سایر کشورهای پیشرو کم کند.

پژوهشگران برای فهم بهتر از زوایای مختلف به بررسی چگونگی فرارسی فناورانه در این حوزه پرداخته‌اند. روزیلو و ملکی (۲۰۲۱) با استفاده از تحلیل پتنت، پویایی‌های فرارسی فناورانه در سه صنعت بالا دست نفت و گاز، خورشیدی و بادی را بررسی و دریافتند افزایش تنوع مرتبط پایگاه دانش و تعاملات پیچیده در بین کلاس‌های فناورانه مانعی بر سر راه فرارسی در هر سه صنعت، است. کوتاه‌بودن چرخه‌های فناورانه با فرارسی در بخش بالادست نفت /گاز و انرژی خورشیدی همبستگی مثبت و در انرژی بادی همبستگی منفی دارد. همچنین رابطه پویای میان فرارسی و تغییر در ابعاد کلیدی رژیم فناورانه وابسته به صنعت می‌باشد [۱]. هانسن و هانسن (۲۰۲۰) در بررسی فرارسی در صنعت انرژی زیست توده دریافتند هم ویژگی های صنعت و هم میزان سرریز دانش داخلی به‌عنوان تعیین‌کننده‌های اصلی تعداد شرکت‌های موفق در فرارسی هستند [۱۷]. بینز و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی مراحل چرخه عمر در چهار

صنعت انرژی‌های تجدیدپذیرآنها را در دسته‌های مختلف طبقه‌بندی و دریافتند سرعت و شدت برافکن بودنِ تغییرات در ابتدای رهبری بین چهار صنعت به‌طور قابل توجهی متفاوت بوده و تأثیر راهبردهای ارتقا توانمندی و سیاست‌های فرارسی مشروط به ویژگی‌ها و نوع سیستم جهانی نوآوری در هر صنعت [۴]. هانتلر و همکاران (۲۰۱۶)، با هدف شناخت پویای تغییرات فناورانه و فرارسی فناورانه در صنایع انرژی بادی و خورشیدی دریافتند که در انرژی خورشیدی الگوی تولید انبوه در چرخه عمر فناوری‌ها حاکم بوده است، یعنی در ابتدا تمرکز بر نوآوری محصول و در ادامه و پس از ظهور فناوری غالب تمرکز بر نوآوری فرایندی بوده است، درحالی‌که الگوی حاکم بر صنعت انرژی بادی، الگوی سیستم‌ها و محصولات پیچیده بوده است [۶]. طبق مطالعه بینز و آنادون (۲۰۱۸) شرکت‌های چینی نه با استفاده از گسترده‌سازی مرتبط[1] بلکه با استفاده از دسترسی مستقیم به منابع بین‌المللی و خرید ماشین‌آلات تولید سلول‌های خورشیدی و روش‌های غیرمرسوم انتقال فناوری بهره برده و مسیر فرارسی را با «انتقال از جایی دیگر» و ایجاد مسیرهای جدید توسعه طی کردند [۲].

۲-۳- استفاده از تحلیل پتنت در بررسی فرارسی فناورانه

از آنجا که پتنت‌ها به‌عنوان منبع اساسی دانش فنی و تجاری بشمار می‌آیند و اطلاعات فنی موجود در پایگاه داده پتنت در سراسر جهان، بزرگ‌ترین مخزن دانش فناوری را نشان می‌دهد [۱۸]، با تحلیل پتنت می‌توان به اطلاعات ارزشمندی پیرامون روند و مسیر تکامل آنها، فعالان اصلی و دانش‌های نهفتهٔ مرتبط و همچنین، ارتباطات میان فناوری‌ها دست یافت [۱۹]. به‌عنوان مثال بیانلو و زارع (۱۳۹۵) با استفاده از تحلیل پتنت دریافتند تحقیقات فناوری فتوولتائیک به سمت نسل سوم فناوری (مواد آلی) و همچنین تمرکز بر پارامترهای محیطی و تأثیرات آن بر عملکرد سیستم‌های فتوولتائیک سوق پیدا خواهد کرد [۲۰]. همچنین پژوهش‌های مختلفی فرارسی فناورانه را با استفاده از تحلیل پتنت بررسی کرده‌اند. چن و گوان (۲۰۱۶) با استفاده از تحلیل استنادات پتنت، ساختار و تکامل اشاعه بین‌المللی فناوری را با استفاده از داده‌های اداره ثبت اختراعات آمریکا طی سه دوره بررسی کردند. آنها دریافتند نقش ارتباطات و پیوندهای دانشی بین کشورهای بریکز و به اصطلاح ارتباطات جنوب-جنوب[2] در توسعه و ظهور سیستم‌های نوظهور اقتصادی به سرعت در حال افزایش است. این مورد برای درک اهمیت منابع دانش برای تلاش کشورهای متاخر در ایجاد سیستم‌های نوآوری ملی مهم است و باید توسط مجریان و سیاست‌گذاران برای هدایت نوآوری مورد ارزیابی مجدد قرار گیرند [۲۱]. عاصم اوغلو و همکاران (۲۰۱۶) از طریق تحلیل استنادات ۱/۸ میلیون پتنت اداره پتنت آمریکا[3]، شبکه نوآوری و قدرت آن را که حوزه های مختلف فناورانه پتنت‌ها را به یکدیگر پیوند می‌داد، توصیف و به این نتیجه رسیدند که مقداری پیشرفت فناوری از حوزه‌های جداگانه سرریز کرده و به غنای فناوری‌های همسایه می‌انجامد، اما این سرریزها نیز محلی بوده و جهانی نیستند. پیشرفت نوآوری در یک قسمت از شبکه می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر حوزه‌های اطراف، اما به ندرت در موارد بسیار دور تأثیر گذارد. همچنین آنها قدرت و اهمیت پایدار شبکه نوآوری را با نشان‌دادن اینکه چونه نوآوری‌های گذشته توانستند نوآوری‌های آینده را در حوزه های دیگر در افق ۱۰ ساله پیش‌بینی کنند، تأیید و تأکید کردند که درک بهتر از چگونگی پیشرفت علمی و ساخت اختراعات یک ورودی مهم برای تصویر از روند تجمعی نوآوری و پیامدهای رشد اقتصادی و فرارسی دارد [۲۲]. بریتو و همکاران (۲۰۲۰) از اطلاعات مربوط به استنادات برای دانستن اینکه کدام حوزه‌های فناورانه جذب و انتشار دانش را در یک کشور معین در دوره‌های مختلف متمرکز می‌کند، استفاده کردند و دریافتند شدت و تنوع دانش، امکان شناسایی و جذب نوآوری را افزایش و در نتیجه فرصت‌های توسعه و فرارسی را چند برابر می‌کند [۲۳]. یانگ و همکاران (۲۰۲۱) با شناسایی پتنت‌های فراملی و تشکیل شبکه این پتنت‌ها، به بررسی ساختار و تکامل این شبکه در خلال فرارسی کشورها پرداختند. آنها استدلال کردند که کشورهای توسعه‌یافته به‌طور فعال از قدرت انحصاری که از طریق اختراعات فراملی بدست می‌آورند، برای شکل‌دادن به یک سیستم جهانی جدید استفاده می‌کنند [۲۴].

۳- داده و روش‌شناسی

مرحله ۱: اکتساب و پیش پردازش داده

داده‌های مورد استفاده، داده‌های پایگاه‌های ثبت اختراع در جهان است که تحت عنوان شاخص نوآوری دِروِنت[4] توسط مؤسسه کلاریویت[5] ارائه شده است [۲۵]. داده‌های مورد استفاده شامل اطلاعات گواهی اعم از شماره انتشار[6]، کشور متقاضی، تاریخ انتشار، آدرس مخترع، آدرس بنگاه صاحب پتنت[7]، تاریخ ثبت و انتشار، پتنت‌های استنادشده، و دسته‌بندی[8] توسط خبرگان مؤسسه است. این داده ها پس از جمع‌آوری از دفاتر ثبت پتنت در نقاط مختلف دنیا توسط مؤسسه، تکمیل، استانداردسازی و ارائه شده است. داده‌های مورد استفاده از پایگاه نوآوری دِروِنت از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷ استخراج شده است. تعداد پتنت‌های استخراج‌شده ۸۰۶، ۱۰۳و تعداد استنادات ۱۹۲,۳۶۹ بود.

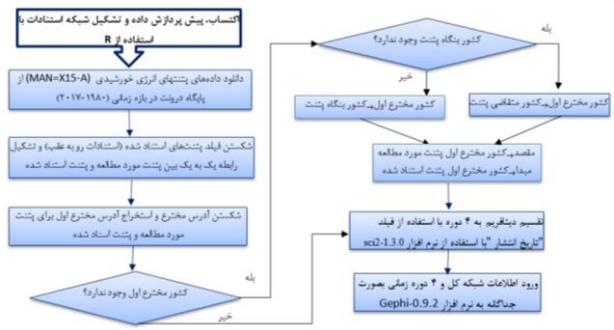
1. Related diversification
2. BRICS and South–South knowledge linkages
3. USPTO

4. Derwent
5. Clarivate
6. Publication code
7. Assignee Address
8. Derwent Manual Code

مرحله ۲: ساخت شبکه استنادات پتنت

اوژن گارفیلد یکی از پیشگامان استفاده از استنادها برای تجزیه و تحلیل ادبیات دانشگاهی، و همچنین پتنت است. وی شاخص استناد به علوم را در سال ۱۹۵۵ و شاخص استناد به پتنت را در سال ۱۹۶۴ ارائه نمود [۲۶]. در سال‌های اخیر داده‌های استنادی به خصوص در تجزیه و تحلیل داده‌های حجیم و تحلیل پتنت به شدت مورد توجه قرار گرفته‌است [۲۹]-[۲۷] و [۲۳]،[۲۲]. در هر پتنت دو نوع استناد وجود دارد: استنادات رو به عقب[1] و استنادات رو به جلو[2]. استنادات رو به عقب در واقع پتنت‌های پیشینی هستند که یک پتنت مورد مطالعه به آنها ارجاع داده است و نشان‌دهنده دانش و فناوری پیشینی هست که پتنت فعلی بر مبنای آن ساخته شده است. استنادات رو به جلو، مانند استنادات رو به عقب نیستند و به مرور و با گذشت زمان و هنگامی به پتنت مورد مطالعه ارجاع می‌دهند، در پتنت ذکر می‌شوند [۳۰].

به منظور تشکیل شبکه نوآوری میان کشورهای فعال در حوزه فناوری‌های خورشیدی، از استنادت رو به عقب موجود در پتنت استفاده و کشور مخترع اول پتنت مورد مطالعه به‌عنوان مقصد و کشور مخترع اول پتنت استناد شونده به‌عنوان مبدا در نظر گرفته شدند. از آنجایی‌که هر پتنت ممکن است به بیش از یک پتنت دیگر استناد کند، ابتدا فیلد پتنت‌های استناد شده[3] شکسته شد تا رابطه یک به یک میان پتنت مورد مطالعه و پتنت استناد شده برقرار شود. همچنین از آنجایی‌که در گواهی پتنت کشور مخترع به‌عنوان فیلد جداگانه وجود ندارد، ابتدا آدرس مخترع شکسته شده و سپس کد کشور اول نیز احصا گردید. در برخی موارد آدرس مخترع ناقص و یا خالی بود (بویژه در مورد پتنت‌های قدیمی) که در این موارد به جای کشور مخترع، با کشور بنگاه صاحب فناوری (مستخرج از آدرس بنگاه) و در صورت عدم وجود آدرس بنگاه، با کشور متقاضی پتنت جایگزین شد (شکل ۲).



شکل ۲- اکتساب، پیش پردازش داده، و تشکیل شبکه استنادات

مرحله ۳: تحلیل شبکه

در این پژوهش به منظور پاسخگویی به سؤال اصلی پژوهش و تحلیل ساختار و تکامل شبکه استنادات پتنت، از نظریه گراف و روش تجزیه و تحلیل شبکه اجتماعی[4] استفاده شده‌است. روش تجزیه و تحلیل شبکه اجتماعی در پژوهش‌های مختلف مطالعات و تکامل علم، فناوری و نوآوری مورد استفاده قرار گرفته‌است [۲۷]،[۲۴]،[۳۱]،[۳۲] نظریه گراف در واقع چارچوب اساسی ریاضی را برای توصیف رسمی شبکه نوآوری پتنت های کشورهای موجود در انرژی خورشیدی تعیین می‌کند و تحلیل شبکه اجتماعی بر این فرض استوار است که روابط میان کنشگران اجتماعی می‌تواند از طریق یک گراف تشریح شود [۳۳]. در این پژوهش، یک گراف G = (N, L, V) با تعداد N گره (کشور)، تعریف می‌شود که از طریق مجموعه‌ای ازیال‌ها (استنادات رو به عقب) به هم وصل می‌شوند. مجموعه V نشان‌دهنده وزن (تعداد استنادات بین پتنت‌های یک کشور توسط کشور دیگر) یال‌هاست. پس از تشکیل شبکه استنادات پتنت، برای بررسی تغییرات ساختاری و روند تکاملی شبکه، دوره زمانی مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار sci2-1.3.0 به ۴ زیر دوره شکسته شده شد (۱۹۸۰-۱۹۸۹، ۱۹۹۰-۱۹۹۹، ۲۰۰۰-۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷) و در نهایت با توجه به سؤالات فرعی پژوهش از ابزارهای بصری‌سازی و شاخص‌ها و روش‌های تحلیل شبکه‌های اجتماعی فراخور هر سؤال استفاده شد. در جدول زیر روش و ابزار مورد استفاده در این پژوهش به تفکیک سؤالات پژوهش آمده و در ادامه به توضیح شاخص‌ها پرداخته شده است:

جدول ۱- روش، ابزار و شاخص‌های مورد استفاده به تفکیک سؤالات پژوهش

سوال فرعی	روش	نرم افزار	شاخص‌ها
۱- تغییرات ساختاری شبکه به چه صورت بوده است؟	تحلیل توپولوژیک شبکه	Gephi-0.9.2	- تعداد گره‌ها - تعداد استنادات - تراکمDensity - قطر Diameter - میانگین طول مسیر Average path length - میانگین ضریب خوشه‌بندی Average clustering coefficient - میانگین درجه Average degree - میانگین درجه وزنی Weighted Average degree - مرکزیت درجه کل Network degree centrality
۲- جایگاه کشورها در طول دوره مورد بررسی چه تغییراتی داشته است؟	تحلیل مرکزیت گره	Pajek 5.13	- مرکزیت درجه Degree Centrality - مرکزیت بینابینی Betweeness Centrality

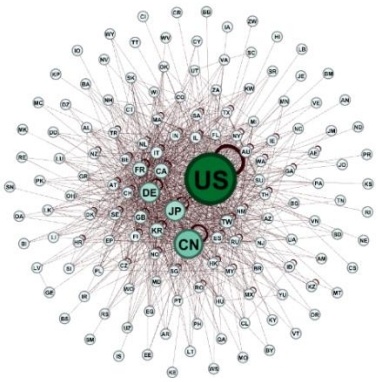
1. Backward Citation
2. Forward Citation
3. Cited Paents
4. Social Network Analysis

برای شناسایی و تحلیل جایگاه مرکزی و تأثیرگذار کشورها و همچنین تحلیل شبکه استنادات دو رویکرد عمده وجود دارد: رویکرد کل‌نگر (توپولوژیک) و رویکرد ویژگی‌های هر کشور به تنهایی. رویکرد کل‌نگر به دنبال تشریح ویژگی‌های شبکه استنادات به‌طور کامل بوده و اطلاعاتی را در مورد ساختار و ویژگی‌های کلی این شبکه و پویایی‌های کلی آن در بستر زمان می‌دهد. رویکرد ویژگی‌های هر کشور در جستجوی تحلیل ویژگی‌های فردی کشورها در شبکه استنادات است. هر کدام از این دو رویکرد از شاخص‌های خاصی برای تحلیل استفاده می‌کنند که در جدول ۱ آمده است.

۴- یافته‌ها

۴-۱- ساختار کلی شبکه

شکل ۵ نشان‌دهنده شبکه استنادات در بازه کلی (۱۹۸۰-۲۰۱۷) است. برای پرهیز از شلوغ‌شدن، تنها به مصورسازی شبکه در دوره کلی پرداخته شده است. اندازه گره‌ها با توجه به شاخص مرکزیت بینابینی که در ادمه خواهد آمد، مصور شده‌اند. همچنین میزان استنادات بین دو کشور، نشان‌دهنده ضخامت یا نازکی اتصالات بین دو کشور است.



شکل ۳- شبکه استنادات پتنت در بازه کلی (۱۹۸۰-۲۰۱۷) با استفاده از نرم‌افزار گِفی

بررسی تغییرات ساختاری و تحلیل کلی شبکه اطلاعاتی با شاخص‌های مرتبط سنجیده شده است که روند این تغییرات در در جدول ۲ آمده است.

- اندازه شبکه که نشان‌دهنده تعداد کشورهاست، از ۳۶ کشور در دوره اول به ۱۱۳ کشور در دوره چهارم رسیده است و تعداد استنادات رشد شدیدی را از دوره اول تا چهارم داشته‌است.
- تراکم: یکی از شاخص‌هایی است که از آن زیاد استفاده می‌شود. این شاخص به صورت نسبت تعداد همهٔ پیوندهای موجود به همهٔ پیوندهای ممکن تعریف می‌شود. این شاخص معرف میزان همبستگی شبکه است. تراکم شبکه بالاتر بیانگر فرکانس تعامل بالاتر بین کشورها و سرعت سریع‌تر انتقال اطلاعات و دانش در شبکه است. تراکم در دوره دوم نسبت به دوره اول کاهش چشم‌گیر داشته است ولی پس از آن تراکم شبکه زیاد شده است ولی با این وجود در دوره چهارم به میزان دوره اول نرسیده است و ۲/۵ درصد نسبت به دوره اول، کمتر است. این به خاطر این است که با بزرگ‌شدن شبکه تعداد اتصالات بالقوه به شدت افزایش می‌یابد ولی تعداد اتصالات واقعی (استنادات) که هر کشور ایجاد می‌کند، محدود باقی می‌ماند. تراکم کم شبکه استنادات‌ها و افزایش اندک آن نشانه‌هایی است از اینکه جهانی‌سازی باعث پراکندگی و پخش‌شدن جریان نوآوری های گزارش شده در پتنت‌ها و در نتیجه استنادات آنها می‌شود [۳۴] این یافته نشان می دهد که اکثر کشورها پتنت‌ها و در نتیجه استنادات کمی به پتنت‌های سایر کشورها ایجاد کرده‌اند فلذا با اینکه تعداد کشورها به مرور زیاد شده است ولی تعداد استنادات واقعی به همان اندازه تعداد استنادات بالقوه، افزایش نیافته است.
- قطر شبکه: حداکثر فاصله بین هر جفت کشور در شبکه است. قطر شبکه معیار جالبی است زیرا بر ظرفیت کشورها برای دستیابی به منابعی که اعضای دور در شبکه دارند تأثیر می‌گذارد. قطر این شبکه از دوره اول تا دوره چهارم بین ۵ تا ۳ رو به کاهش است و نشان می‌دهد اشتراک و انتشار دانش در این به مرور بهبود یافته و بیشتر شده است [۳۵].
- میانگین طول مسیر: به‌طور متوسط مقدار متوسط طول کوتاه‌ترین مسیر بین هر جفت گره در شبکه است. جدول ۲ نشان می‌دهد که میانگین طول مسیر از دوره اول تا دوره چهارم کاهش یافته است. در شبکه‌های واقعی، میانگین طول مسیر کوتاه‌تر باعث تسهیل انتقال سریع اطلاعات شده و در نتیجه هزینه‌ها کاهش می‌یابد. همچنین هرچه مسیر شبکه به‌طور متوسط کوتاه‌تر باشد، روند انتشار دانش سریع تر و کامل‌تر است [۳۵].
- میانگین ضریب خوشه‌بندی: ضریب خوشه‌بندی گره نسبت تعداد اتصالات واقعی بین همسایگان گره به تعداد حداکثر اتصالات بالقوه بین همسایگان است و برای شبکه میانگین ضرایب خوشه‌بندی همه گره‌ها است. جدول ۲ نشان می‌دهد که این شاخص از دوره اول تا دوره چهارم افزایش یافته است. ضریب خوشه‌بندی بالاتر باعث اشاعه و انتشار کاراتر دانش در شبکه خواهد شد [۳۶].
- میانگین درجه: تعداد متوسط پیوندهای (ورودی- خروجی) در هر گره است ک میزان این شاخص در طول هر چهار دوره افزایش زیادی داشته است (۲۱۴/۷۶/.) که نشان‌دهنده اینست که کشورها مستعد ایجاد ارتباط (استنادات) بیشتر با کشورهای دیگر در طول زمان شده‌اند.

مرکزیت درجه یک شبکه، تغییر درجه گره‌ها تقسیم بر حداکثر تغییر درجه است که در شبکه‌ای با همان اندازه امکان‌پذیر است. تغییر در واقع جمع اختلاف (قدر مطلق) بین درجه مرکزیت گره‌ها و حداکثر امتیاز مرکزیت در میان آنهاست. در جدول ۲ مشاهده می‌شود که روند مرکزیت درجه ورودی در دوره اول به دوره دوم کاهشی و در دوره سوم و چهارم افزایشی بوده است که این روند برای و مرکزیت درجه خروجی برعکس است. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که در ابتدا (دوره اول به دوم) کشورهای پیشرو همان

روند سابق خود که منبع و تولیدکننده دانش بوده‌اند را حفظ کرده‌اند ولیکن در دوره سوم و چهارم با پر رنگ‌شدن نقش کشورهای تازه وارد، کشورهای پیشرو خود استنادی را کاهش داده و تا حدی به اکتساب دانش خارجی از طریق استناد به پتنت‌های با کیفیت سایر کشورهای تازه وارد، پرداخته‌اند. همچنین این موضوع می‌تواند گواهی بر این مدعا باشد که برخی کشورهای متأخر توانسته‌اند پتنتهای جدیدی را در کلاس‌های فناورانه جدیدی که قبلاً کشورهای پیشرو در آن حضور پررنگی نداشته‌اند، ثبت کنند.

جدول ۲- شاخص‌های توپولوژیک (سطح شبکه) شبکه استنادات پتنت‌های خورشیدی

دوره	۱۹۸۹-۱۹۸۰	۱۹۹۹-۱۹۹۰	۲۰۰۹-۲۰۰۰	۲۰۱۷-۲۰۱۰	تغییر از دوره اول تا چهارم
تعداد کشورها (اندازه)	۳۶	۷۸	۱۱۴	۱۱۳	٪ ۲۱۳/۸۹
تعداد یال‌ها	۱۰۹	۲۸۲	۸۸۶	۱۰۷۷	٪ ۸۸۸/۰۷
تعداد پیوندها (استنادات)	۴۴۵۱	۱۲۰۲۸	۵۵۷۱۳	۱۲۰۱۷۷	٪ ۲۶۰۰
تراکم	۰/۰۸۷	۰/۰۴۷	۰/۰۶۹	۰/۰۸۵	٪ - ۲/۳۰
قطر	۵	۵	۴	۳	٪ - ۴۰
میانگین طول مسیر	۲/۱۱۱	۲/۲	۲/۰۰۸	۱/۹۹۱	٪ - ۵/۶۸
میانگین ضریب خوشه‌بندی	۰/۳۸۵	۰/۵۵۱	۰/۵۷۳	۰/۷۱۳	٪ ۸۵/۱۹
میانگین درجه	۶/۰۵۶	۷/۲۳۱	۱۵/۵۴۴	۱۹/۰۶۲	٪ ۲۱۴/۷۶
میانگین درجه وزنی	۱۲۳/۶۳۹	۱۵۴/۲۰۵	۴۷۷/۷۱۱	۱۰۶۳/۵۱۳	٪ ۷۶۰/۱۸
مرکزیت درجه ورودی	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۴۳	۰/۵۸	٪ ۱۷۶/۱۹
مرکزیت درجه خروجی	۰/۶۸	۰/۸۸	۰/۸۴	۰/۶۲	٪ -۸/۸۲

۴-۲- بررسی جایگاه کشورها با استفاده از سنجه‌های مرکزیت گره‌ها

موقعیت یک کشور در شبکه معمولاً با معیاری با عنوان مرکزیت بیان می‌شود. تفسیرهای گوناگونی از مرکزیت یک گره صورت گرفته است و همچنین رویکردهای مختلفی برای سنجش مرکزیت یک گره درون یک شبکه وجود دارد معیارهای مرکزیت، کشورهایی را که اهمیت ساختاری زیادی درون شبکه دارند و آنهائی که نقشی کلیدی در رفتار جهان واقعی و شبیه‌سازی شده دارند، را شناسایی می‌کند [۳۳]. در واقع مفهوم مرکزیت یک رویکرد نظری مفید برای پاسخگویی به سؤالاتی نظیر اینکه "کدام کشورها در مرکز شبکه استنادات پتنت واقع شده‌اند؟ پل‌هایی که اطلاعات از طریق آنها جریان می یابند و بین کشورهای شبکه رد و بدل می‌شوند چه کشورهایی هستند؟" می‌باشد.

- مرکزیت درجه: ساده‌ترین تعریف از مرکزیت درجه یک گره (کشور) این است که گره‌های مرکزی فعال‌ترین کشورها در شبکه استنادات هستند و بیشترین پیوندها را با کشورهای دیگر دارند. در شبکه‌های جهت‌دار دو درجهٔ ورودی و خروجی برای یک گره محاسبه می‌شود که اولی نشان دهندهٔ پیوندهای ورودی است و دومی پیوندهای خروجی گره را نشان می دهد. تعبیر این دو شاخص به این صورت است که پیوندهای خروجی به معنای ارائهٔ منابعی به شبکه است که در شبکه استنادات، بیشتر برای انتقال دانش فنی از کشور مبدأ به مقصد مورد استفاده قرار می‌گیرد و پیوندهای ورودی به معنای دریافت منابع است.
- مرکزیت بینابینی: ممکن است ارتباط بین دو کشور در شبکه به کشورهای دیگری وابسته باشد که بین این دو گره قرار گرفته‌اند. این کشورها می‌توانند روی تراکنش‌های بین این دو گره کنترل داشته باشند. شاخص بینابینی را می‌توان برای همهٔ گره‌های شبکه تعیین کرد. برای یک گره این شاخص به صورت «تعداد کوتاه‌ترین مسیرهای بین همهٔ گره‌هایی که شامل کشور کانونی شود» تعریف می‌شود. این شاخص معیاری برای کنترل است. استفاده از این شاخص کمک می‌کند گره‌های کنترلی را تشخیص داده و آن‌ها را در زمان دنبال کرد. در واقع در شبکه استنادات پتنت، مرکزیت بینابینی نشان می دهد که یک کشور از نظر فرصت واسطه‌بودن و میانجی‌گری، دارای مزیت رقابتی است [۳۷].

جدول ۳ تا ۶ نشان‌دهنده مقادیر معیارهای مرکزیت می‌باشد. مرکزیت درجه ورودی وزن‌دار (جدول ۳) نشان‌دهنده حجم دانش جذب‌شده توسط یک کشور از سایر کشورهاست است و مرکزیت درجه خروجی وزن‌دار (جدول ۴) نشان‌دهنده حجم دانش منتقل‌شده توسط یک کشور به سایر کشورهاست است. درجه ورودی (جدول ۵) نشان‌دهنده تعداد کانال جذب دانش توسط یک کشور از سایر کشورهاست و درجه خروجی (جدول ۶) نشان‌دهنده تعداد کانال اشاعه دانش توسط یک کشور به سایر کشورهاست. مرکزیت درجه ورودی و تعداد استنادات به پتنت‌های سایر کشورها نشان‌دهنده تعداد و حجم دانش جذب شده است که این دو به ترتیب می‌توانند به‌عنوان معیاری برای عرض (تعداد کانال‌ها) و عمق (تعداد استنادات ورودی) جذب دانش از سایر کشورها باشند. به همین ترتیب، مرکزیت درجه خروجی و تعداد استنادات انجام‌شده از پتنت‌های سایر کشورها به پتنت‌های یک کشور نشان‌دهنده تعداد و حجم سرریز دانش است که این دو به ترتیب می‌توانند به‌عنوان معیاری برای عرض (تعداد کانال‌ها) و عمق (تعداد استنادات خروجی) نفوذ دانش به سایر کشورها باشند [۲۱].

اطلاعات جدول ۳ و ۴ نشان‌دهنده دانش جذب‌شده از سایرین است. در دو دوره اول ژاپن و آمریکا و آلمان سه کشور اول بوده‌اند و در دوره سوم، ژاپن و آمریکا جای خود را عوض کرده‌اند. این نشان می‌دهد کشورهای پیشرو علاوه بر اینکه منبع فناورانه هستند برای اینکه جایگاه خود را حفظ کنند، به ورود دانش از سایر کشورها در فناوری‌های خود وابسته هستند. کشورهایی چون چین، کره و تایوان نیز به تدریج توانسته‌اند از این منظر رتبه خود را بهبود دهند و به تقویت پایه‌های

دانشی خود بپردازند. همچنین در تمامی دوره‌ها بالای ۹۰ درصد حجم دانش جذب شده، مربوط به ده کشور بوده است در حالیکه از نظر تعداد این ده کشور ۶۰ درصد (دوره اول) و حدود ۴۰ درصد (مابقی دوره‌ها) از پتنت‌های دریافتی را به خود اختصاص داده‌اند. این مورد نشان‌می‌دهد بسیاری از کشورهای موجود در شبکه از نظر میزان دریافت‌کنندگی و ظرفیت جذب نتوانسته‌اند خود را بهبود داده و در مسیر توسعه فناوری‌هایی قرار بگیرند که توسط سایر کشورها مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۳- تعداد استنادات به سایر پتنت‌ها (درجه ورودی وزن‌دار)

رتبه	۱۹۸۹-۱۹۸۰		۱۹۹۹-۱۹۹۰		۲۰۰۹-۲۰۰۰		۲۰۱۷-۲۰۱۰		۲۰۱۷-۱۹۸۰	
	کشور	تعداد	کشور	تعداد	کشور	تعداد	کشور	تعداد	کشور	تعداد
۱	ژاپن	۱۸۷۸	ژاپن	۵۲۵۹	آمریکا	۲۳۹۱۱	چین	۴۱۲۹۸	آمریکا	۶۲۰۶۵
۲	آمریکا	۱۷۴۹	آمریکا	۳۹۱۰	ژاپن	۱۵۹۷۱	آمریکا	۳۲۴۹۵	ژاپن	۴۳۲۴۶
۳	آلمان	۳۹۹	آلمان	۱۰۸۸	آلمان	۳۸۲۶	ژاپن	۲۰۱۳۸	چین	۴۲۶۲۵
۴	فرانسه	۱۲۵	کانادا	۲۴۹	کُره	۲۱۳۵	کُره	۸۹۶۸	کُره	۱۱۱۵۲
۵	انگلیس	۸۴	فرانسه	۱۹۷	چین	۱۳۲۱	آلمان	۴۷۱۱	آلمان	۱۰۰۲۴
۶	استرالیا	۴۰	انگلیس	۱۵۵	کانادا	۱۰۷۲	تایوان	۱۷۸۷	تایوان	۲۷۲۵
۷	ر.غ.ص[1]	۲۸	استرالیا	۸۸	تایوان	۸۸۱	ر.غ.ص	۱۷۲۱	فرانسه	۲۷۱۶
۸	کانادا	۲۲	هلند	۸۳	فرانسه	۸۱۷	فرانسه	۱۵۷۶	ر.غ.ص	۲۳۳۰
۹	هلند	۲۲	سوییس	۷۶	انگلیس	۶۸۴	کانادا	۹۳۴	کانادا	۲۲۷۷
۱۰	سوییس	۱۶	اسپانیا	۶۸	ر.غ.ص	۵۲۴	انگلیس	۹۲۹	انگلیس	۱۸۵۲
ده تای بالاتر		**۴۳۶۳**		**۱۱۱۷۳**		**۵۱۱۴۲**		**۱۱۴۵۵۷**		**۱۸۱۰۱۲**
درصد از کل		**٪۹۸**		**٪۹۳**		**٪۹۲**		**٪۹۵**		**٪۹۴**

جدول ۴- درجه ورودی

رتبه	۱۹۸۹-۱۹۸۰		۱۹۹۹-۱۹۹۰		۲۰۰۹-۲۰۰۰		۲۰۱۷-۲۰۱۰		۲۰۱۷-۱۹۸۰	
	کشور	تعداد	کشور	تعداد	کشور	تعداد	کشور	تعداد	کشور	تعداد
۱	ژاپن	۱۱	آمریکا	۲۰	آمریکا	۵۷	چین	۷۵	چین	۷۷
۲	آمریکا	۱۰	ژاپن	۲۰	آلمان	۴۶	آمریکا	۶۵	آمریکا	۷۰
۳	آلمان	۹	آلمان	۱۹	ژاپن	۴۰	آلمان	۴۸	آلمان	۵۶
۴	فرانسه	۹	فرانسه	۱۱	کانادا	۳۵	ژاپن	۴۴	ژاپن	۵۳
۵	انگلیس	۸	انگلیس	۱۱	چین	۳۳	کُره	۴۲	فرانسه	۴۸
۶	کانادا	۵	هلند	۱۱	تایوان	۳۲	فرانسه	۴۱	تایوان	۴۷
۷	استرالیا	۴	کانادا	۱۰	انگلیس	۳۲	تایوان	۳۹	کانادا	۴۷
۸	سوییس	۴	سوییس	۱۰	ایتالیا	۳۱	انگلیس	۳۷	انگلیس	۴۷
۹	ایتالیا	۴	اسپانیا	۱۰	فرانسه	۳۰	کانادا	۳۶	کُره	۴۵
۱۰	بلژیک	۴	استرالیا	۹	اسپانیا	۲۷	ایتالیا	۳۳	ایتالیا	۴۳
ده تای بالاتر		**۶۸**		**۱۳۱**		**۳۶۳**		**۴۶۰**		**۵۳۳**
درصد از کل		**٪۶۲**		**٪۴۶**		**٪۴۱**		**٪۴۳**		**٪۳۷**

اطلاعات جدول ۵ و۶ نشان‌دهنده دانش اشاعه‌شده به سایر کشورهاست. در سه دوره اول ژاپن و آمریکا و آلمان سه کشور اول بوده‌اند. در دوره چهارم چین به جایگاه دوم و کره و تایوان به جایگاه چهارم و ششم دست یافته‌اند. این نشان می‌دهد که این کشورها در مسیر توسعه فناورانه خود بخوبی توانسته‌اند ظرفیت جذب خود را بالا برده و در ابتدا در با استناد به پتنت‌های سایر کشورهای پیشرو، به کسب قابلیت‌های فناورانه و تقویت پایه‌های دانشی پرداخته و در این مسیر خود تا نوآوری کرده و پتنت‌هایی خلق کرده‌اندکه به مرور زمان از طرف سایر کشورها مورد استناد فراوان قرار گرفته و خود به منبع فناورانه برای سایرین تبدیل شده‌اند.

جدول ۵- تعداد استنادات دریافتی (درجه خروجی وزن‌دار)

رتبه	۱۹۸۹-۱۹۸۰		۱۹۹۹-۱۹۹۰		۲۰۰۹-۲۰۰۰		۲۰۱۷-۲۰۱۰		۲۰۱۷-۱۹۸۰	
	کشور	تعداد	کشور	تعداد	کشور	تعداد	کشور	تعداد	کشور	تعداد
۱	آمریکا	۲۳۷۵	آمریکا	۵۸۱۹	آمریکا	۲۵۳۹۳	آمریکا	۳۵۸۲۶	آمریکا	۶۹۴۱۴
۲	ژاپن	۱۶۷۳	ژاپن	۵۰۸۳	ژاپن	۲۰۸۹۶	چین	۳۳۱۴۸	ژاپن	۵۷۹۷۱
۳	آلمان	۲۰۷	آلمان	۶۷۱	آلمان	۳۱۵۹	ژاپن	۳۰۳۱۹	چین	۳۳۴۶۲
۴	فرانسه	۸۳	فرانسه	۱۰۵	کانادا	۱۴۶۲	کُره	۷۴۰۲	آلمان	۸۲۷۵
۵	ر.غ.ص	۳۳	کانادا	۷۲	کُره	۵۸۵	آلمان	۴۲۳۸	کُره	۷۹۸۹
۶	کانادا	۳۲	انگلیس	۴۹	چین	۴۸۷	تایوان	۲۷۷۳	تایوان	۳۲۶۲
۷	انگلیس	۱۵	سوییس	۳۵	تایوان	۴۶۳	کانادا	۱۵۵۸	کانادا	۳۱۲۴
۸	استرالیا	۸	ر.غ.ص	۳۳	فرانسه	۲۶۶	ر.غ.ص	۳۹۹	فرانسه	۸۴۹
۹	سوئد	۵	تایوان	۲۶	ر.غ.ص	۲۳۲	فرانسه	۳۹۵	ر.غ.ص	۶۹۷
۱۰	بلاروس	۵	بلاروس	۲۳	انگلیس	۲۳۰	انگلیس	۳۹۲	انگلیس	۶۸۶
ده تای بالاتر		**۴۴۳۶**		**۱۱۹۱۶**		**۵۳۱۷۳**		**۱۱۶۴۵۰**		**۱۸۵۹۰۹**
درصد از کل		**٪۹۹/۶**		**٪۹۹**		**٪۹۵**		**٪۹۷**		**٪ ۹۷**

جدول ۶- درجه خروجی

رتبه	۱۹۸۹-۱۹۸۰		۱۹۹۹-۱۹۹۰		۲۰۰۹-۲۰۰۰		۲۰۱۷-۲۰۱۰		۲۰۱۷-۱۹۸۰	
	کشور	تعداد	کشور	تعداد	کشور	تعداد	کشور	تعداد	کشور	تعداد
۱	آمریکا	۲۷	آمریکا	۷۲	آمریکا	۱۰۳	آمریکا	۷۹	آمریکا	۱۳۱
۲	ژاپن	۱۶	ژاپن	۴۳	ژاپن	۶۴	ژاپن	۵۹	ژاپن	۸۴
۳	آلمان	۱۴	آلمان	۲۷	آلمان	۶۰	چین	۵۷	آلمان	۷۸
۴	فرانسه	۱۲	فرانسه	۱۶	کانادا	۴۴	آلمان	۵۲	چین	۵۷
۵	کانادا	۷	کانادا	۱۵	انگلیس	۲۹	کُره	۴۸	کانادا	۵۷
۶	ر.غ.ص	۶	انگلیس	۱۲	فرانسه	۲۹	تایوان	۴۵	تایوان	۵۱
۷	انگلیس	۵	ر.غ.ص	۱۰	تایوان	۲۷	کانادا	۳۵	کُره	۵۰
۸	استرالیا	۵	سوئد	۹	سوییس	۲۳	انگلیس	۳۱	فرانسه	۴۳
۹	سوییس	۳	سوییس	۸	هلند	۲۳	فرانسه	۲۸	انگلیس	۴۰
۱۰	سوئد	۳	تایوان	۸	ر.غ.ص	۲۲	ایتالیا	۲۸	استرالیا	۳۱
ده تای بالاتر		**۹۸**		**۲۲۰**		**۴۲۴**		**۴۶۲**		**۶۲۲**
درصد از کل		**٪۹۰**		**٪۷۸**		**٪۴۸**		**٪۴۳**		**٪۴۳**

در جدول ۷، شاخص مرکزیت بینابینی یعنی میزانی را که یک کشور به‌عنوان واسطه یا دربان قادر به کنترل انتشار فناوری میان سایر کشورها است، آمده است. گره‌های دارای بینیت بالا نقش مهمی در اتصال شبکه ایفا می‌کنند که از جایگاهی مرکزی در شبکه برخوردار بوده و در گردش اطلاعات در شبکه نقشی مهم ایفا می‌کنند. کشور آمریکا در هر چهار دوره در رتبه اول این شاخص بوده است. کشور ژاپن در دو دوره اول، رتبه دوم و در دوره سوم و چهارم یک درجه کاهش رتبه داشته است.کشور آلمان در دو دوره اول رتبه

۱- رژیم غاصب صهیونیستی

سوم و و در دوره سوم ارتقای رتبه داشته و در دوره چهارم مجدداً جایگاه سوم را کسب کرده است. فرانسه در دوره سوم و چهارم کاهش رتبه داشته است.

کشور آلمان در دو دوره اول رتبه سوم و در دوره سوم ارتقای رتبه داشته و در دوره چهارم مجدداً جایگاه سوم را کسب کرده است. فرانسه در دوره سوم و چهارم کاهش رتبه داشته است. رتبه کانادا و انگلستان حالت سینوسی داشته و در ابتدا کاهش رتبه و سپس بهبود رتبه داشته است. یوگوسلاوی، سوئد و استرالیا در دوره اول جز ده کشور اول بوده‌اند ولی از دوره دوم تا چهارم کلاً از ده کشور برتر خارج شده‌اند. در مقایسه، ۲۴، ۵۸، ۶۷ و ۷۲ کشور با مقدار صفر از نظر مرکزیت بینابینی از دوره اول تا چهارم وجود دارد که نشان می‌دهد این کشورها با توجه به فرصت‌های واسطه‌بودن قادر به کسب رتبه نبودند. در زمینه اشاعه فناوری جهانی، کشورهایی که مرکزیت بینابینی آنها بالاتر است ارتباطات زائد کمتری دارند و بنابراین، از نظر فرصت‌های واسطه‌ای و درگاه تبادل دانش، از مزایای رقابتی گسترده‌ای برخوردار می‌شوند. کشور چین، کره و تایوان از نظر رتبه مرکزیت بیانبینی بازیگران جدیدی بودند. این کشورها به مرور توانسته‌اند اختراعاتی در زمینه انرژی خورشیدی ثبت‌کنند که فناوری‌های جدیدی را معرفی کنند که مورد استناد بسیاری از کشورهای دیگر قرار گرفته است.

جدول ۷- مرکزیت بینابینی

رتبه	۱۹۸۰-۱۹۸۹		۱۹۹۰-۱۹۹۹		۲۰۰۰-۲۰۰۹		۲۰۱۰-۲۰۱۷		۱۹۸۰-۲۰۱۷	
	کشور	تعداد	کشور	تعداد	کشور	تعداد	کشور	تعداد	کشور	تعداد
۱	آمریکا	۲۷	آمریکا	۷۲	آمریکا	۱۰۳	آمریکا	۷۹	آمریکا	۱۳۱
۲	ژاپن	۱۶	ژاپن	۴۳	ژاپن	۶۴	ژاپن	۵۹	ژاپن	۸۴
۳	آلمان	۱۴	آلمان	۲۷	آلمان	۶۰	چین	۵۷	آلمان	۷۸
۴	فرانسه	۱۲	فرانسه	۱۶	کانادا	۴۴	آلمان	۵۲	چین	۵۷
۵	کانادا	۷	کانادا	۱۵	انگلیس	۲۹	کُره	۴۸	کانادا	۵۷
۶	ر.غ.ص	۶	انگلیس	۱۲	فرانسه	۲۹	تایوان	۴۵	تایوان	۵۱
۷	انگلیس	۵	ر.غ.ص	۱۰	تایوان	۲۷	کانادا	۳۵	کُره	۵۰
۸	استرالیا	۵	سوئد	۹	سوییس	۲۳	انگلیس	۳۱	فرانسه	۴۳
۹	سوییس	۳	سوییس	۸	هلند	۲۳	فرانسه	۲۸	انگلیس	۴۰
۱۰	سوئد	۳	تایوان	۸	ر.غ.ص	۲۲	ایتالیا	۲۸	استرالیا	۳۱
ده تای بالاتر		**۹۸**		**۲۲۰**		**۴۲۴**		**۴۶۲**		**۶۲۲**
درصد از کل		**٪۹۰**		**٪۷۸**		**٪۴۸**		**٪۴۳**		**٪۴۳**

۵- نتیجه‌گیری، جمع‌بندی و پیشنهادات آتی

در این مقاله تعداد ۱۰۳۸۰۶ پتنت و ۱۹۲۳۶۹ استناد در حوزه انرژی خورشیدی در سطح ملی طی ۳۸ سال (۱۹۸۰-۲۰۱۷) و چهار دوره ۱۹۸۲-۱۹۸۹، ۱۹۹۲-۱۹۹۹، ۲۰۰۲-۲۰۰۹ و ۲۰۱۰-۲۰۱۷ به منظور تشکیل شبکه نوآوری و اشاعه فناوری در جهان با استفاده از روش تجزیه و تحلیل اجتماعی بررسی شد. روند رو به رشد میانگین درجه شبکه نشان داد که به مرور زمان کشورها پیوندهای (استنادات) بیشتر و بیشتری با هم برقرار کرده‌اند. روند افزایشی در درجه ورودی (۰/۲۱←۰/۲۱←۰/۴۳←۰/۵۸) و ابتدا افزایشی و سپس کاهشیِ درجه خروجی (۰/۶۸←۰/۸۸←۰/۸۴← ۰/۶۲) نیز نشان داد که کشورهای موجود در شبکه علاوه بر اینکه کانال‌های دریافت خود را به مرور بیشتر و عمیق‌تر کرده‌اند، در دو دوره اول تعداد کانال‌های خروج را نیز با شدت خیلی بیشتری افزایش و تعمیق داده‌اند. این روند نشان‌دهنده ایفای نقش بیشتر کشورهای تأمین‌کننده فناوری (استناد شونده) نسبت به کشورهای گیرنده فناوری (استنادکننده) است. همچنین میانگین درجه خروجی بیشتر نسبت به میانگین درجه ورودی بیانگر اینست که تولید دانش از مصرف دانش بیشتر هستند که البته اختلاف این دو در طول چهار دوره مرتب کم شده است. در طول دوره مورد بررسی، روند کاهشی قطر شبکه و روند افزایشی ضریب خوشه‌بندی، نشان‌دهنده اشاعه و انتشار کاراتر دانش در شبکه است [۳۸].

بررسی شاخص‌های سطح گره مشخص کرد که با گذشت زمان برخی از کشورهایی نظیر چین، کره و تایوان که در ابتدا تنها به‌عنوان گیرنده فناوری بودند، توانسته‌اند با افزایش تعداد و تعمیق کانال‌های دریافت، به افزایش یادگیری و ظرفیت جذب دست یابند و پایه‌های فناورانه خود را از تقویت و به مرور به‌عنوان مبدا دانش فناورانه برای سایر کشورها باشند. این یافته بیانگر اینست که این کشورها در مسیر توسعه فناورانه خود بخوبی توانسته‌اند ظرفیت جذب خود را بالا برده و در ابتدا با استناد به پتنت‌های سایر کشورهای پیشرو، به کسب قابلیت‌های فناورانه پرداخته و در این مسیر، تا حدی به نوآوری پرداخته و پتنت‌هایی خلق کرده‌اندکه به مرور زمان از طرف سایر کشورها مورد استناد فراوان قرار گرفته و خود به منبع فناورانه برای سایرین تبدیل شده‌اند.

روند شاخص مرکزیت بینابینی در دوره‌های مختلف نشان داد که چین، کره، تایوان، ایتالیا، انگلستان توانسته‌اند مقدار این شاخص را که بیانگر توانایی آنها در کنترل جریان دانش فناورانه در شبکه است و آن‌ها را قادر ساخته است نقش واسطهٔ دانش فناورانه را برای سایر کشورها ایفا کنند، افزایش دهند. این کشورها به مرور جایگاه مرکزی و راهبردی در شبکه را به‌دست آورده‌اند و روابط زیادی را با سایر کشورها برقرار کرده‌اند. کشور چین، کره و تایوان از نظر رتبه مرکزیت بینابینی بازیگران جدیدی بودند.

نتایج بالا را می‌توان بدین‌گونه ترکیب نمود که کشورهای موفق فرارسی‌کننده، ابتدا ظرفیت جذب خود را با استفاده از استناد به پتنت‌های کشورهای پیشرو و حرکت در خط سیر فناورانه آنها، افزایش داده‌اند (بالارفتن درجه ورودی). از جایی به بعد این کشورها توانسته‌اند خود دست به اختراعات با کیفیت زده و یا اختراعاتی جدید در زیر حوزه‌های جدید فناورانه زدند که مورد استناد روزافزون سایر کشورها قرار گرفته‌اند (بالارفتن درجه خروجی). بدین ترتیب این کشورها موفق شدند در شبکه جایگاه ویژه‌ای به‌عنوان واسط و میانجی انتقال و اشاعه فناوری پیدا کنند و فرارسی فناورانه نمایند (بالارفتن مرکزیت بینابینی).

به‌عنوان جمع‌بندی می‌توان گفت این پژوهش بدنبال این بود که با استفاده از اهمیت روزافزون جهانی‌شدن شبکه‌های نوآوری، تبادلات

فناورانه کشورهای درگیر حوزه انرژی خورشیدی در قالب شبکه نوآوری جهانی بررسی کرده و رویکرد و مسیر نظری جدید برای فهم پویایی‌های این شبکه و نقش این پویایی‌ها در فرارسی کشورهای متأخر ارائه نماید. همچنین این پژوهش راهی جدید برای استفاده از ظرفیت عظیم دانش فناورانه نهفته در اسناد پتنت گشود چرا که بخش بزرگی از ادبیات حوزه شبکه‌های جهانی نوآوری مبتنی بر بکارگیری محصولات با فناوری متوسط و پیشرفته خارجی و یا یادگیری مستقیم دانش فناورانه از طریق لیسانس، سرمایه‌گذاری خطرپذیر، قراردادهای تحقیق و توسعه مشترک و ... است و کمتر به این دانش و منبع عظیم دانش فناورانه توجه می‌شود.

استفاده از روش تحلیل استنادات پتنت به‌عنوان ابزار یادگیری و انتقال دانش فناورانه و در نتیجه افزایش ظرفیت جذب و تقویت توانمندی فناورانه، بسیار مثمرثمر خواهد بود.

همچنین تلاش این پژوهش برای نگاشت و مصورسازی عملیِ مفهوم شبکه نوآوری جهانی با استفاده از شبکه استنادات پتنت و تلفیق این دو رویکرد در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر برای فهم بیشتر ساختار و ارتباطات این شبکه و ارتباط آن با مفهوم فرارسی کشورهای متأخر، می‌تواند به‌عنوان راهنمایی برای سایر بنگاه‌داران، دانشمندان و سیاست‌گذاران کشورهای در حال توسعه باشد تا بتوانند از منظر سیاست‌گذاری و اولویت‌گذاری توسعه فناوری از این پنجره فرصت سبزی که بر روی آنها گشوده شده است، به درستی بهره ببرند.

در پایان شایان ذکر است یکی از محدودیت این پژوهش، در دسترس‌نبودن اطلاعات کامل پایگاه‌های معتبر پتنت‌های جهانی در ایران است. از دیگر محدودیت‌هایی که این پژوهش با آن روبروست، محدودیت اثربخشی است بدین معنا که نمی‌توان نتایج این پژوهش را به سایر حوزه‌های تجدیدپذیر نظیر بادی، زمین گرمایی و زیست‌توده بسط داد و از آنجا که سایر زیرحوزه‌های خورشیدی از رژیم‌های فناورانه مختلف تبعیت می‌کنند، پیشنهاد می‌شود مطالعه تطبیقی برای سایر زیر حوزه‌ها نیز انجام شود و نتایج آن با پژوهش حاضر مقایسه شود.

۶- مراجع

1- A. Rosiello and A. Maleki, "A dynamic multi-sector analysis of technological catch-up: The impact of technology cycle times, knowledge base complexity and variety," Res. Policy, vol. 50, no. 3, p. 104194, 2021.
2- C. Binz and L. D. Anadon, "Unrelated diversification in latecomer contexts: Emergence of the Chinese solar photovoltaics industry," Environ. Innov. Soc. Transit., vol. 28, pp. 14–34, 2018.
3- A. Maleki and A. Rosiello, "Does knowledge base complexity affect spatial patterns of innovation? An empirical analysis in the upstream petroleum industry," Technol. Forecast. Soc. Change, vol. 143, pp. 273–288, 2019.
4- C. Binz, J. Gosens, X.-S. Yap, and Z. Yu, "Catch-up dynamics in early industry lifecycle stages—a typology and comparative case studies in four clean-tech industries," p. 19, 2020.
5- A. Maleki, A. Rosiello, and D. Wield, "The effect of the dynamics of knowledge base complexity on Schumpeterian patterns of innovation: the upstream petroleum industry," RD Manag., vol. 48, no. 4, pp. 379–393, 2018.
6- J. Huenteler, T. S. Schmidt, J. Ossenbrink, and V. H. Hoffmann, "Technology life-cycles in the energy sector — Technological characteristics and the role of deployment for innovation," Technol. Forecast. Soc. Change, vol. 104, pp. 102–121, Mar. 2016, doi: 10.1016/j.techfore.2015.09.022.
7- N. Corrocher, F. Malerba, and A. Morrison, "Technological regimes, patent growth, and catching-up in green technologies," Ind. Corp. Change, p. dtab025, May 2021, doi: 10.1093/icc/dtab025.
8- D. S. Hain, R. Jurowetzki, P. Konda, and L. Oehler, "From catching up to industrial leadership: towards an integrated market-technology perspective. An application of semantic patent-to-patent similarity in the wind and EV sector," Ind. Corp. Change, 2020.
9- F. Landini, R. Lema, and F. Malerba, "Demand-led catch-up: a history-friendly model of latecomer development in the global green economy," Ind. Corp. Change, 2020.
10- R. Lema, X. Fu, and R. Rabellotti, "Green windows of opportunity: latecomer development in the age of transformation toward sustainability," Ind. Corp. Change, vol. 29, no. 5, pp. 1193–1209, Oct. 2020, doi: 10.1093/icc/dtaa044.
11- Y. Dai, S. J. Haakonsson, P. Huang, R. Lema, and Y. Zhou, "Catching up through green windows of opportunity," in Cooperating for Energy Transition, Sino-Danish Center, 2020, pp. 82–91.
12- C. Chaminade, R. Martin, and J. McKeever, "When regional meets global: exploring the nature of global innovation networks in the video game industry in Southern Sweden," Entrep. Reg. Dev., vol. 33, no. 1–2, pp. 131–146, 2021.
13- D. Ernst, "Innovation offshoring: Asia's emerging role in global innovation networks," East-West Cent. East-West Cent. Spec. Rep., vol. 10, 2006.
14- J. Liu, C. Chaminade, and B. Asheim, "The geography and structure of global innovation networks: a knowledge base perspective," Eur. Plan. Stud., vol. 21, no. 9, pp. 1456–1473, 2013.
15- D. Nepelski and G. De Prato, "The structure and evolution of ICT global innovation network," Ind. Innov., vol. 25, no. 10, pp. 940–965, 2018.
16- C. Binz, T. Tang, and J. Huenteler, "Spatial lifecycles of cleantech industries–The global development history of solar photovoltaics," Energy Policy, vol. 101, pp. 386–402, 2017.
17- T. Hansen and U. E. Hansen, "How many firms benefit from a window of opportunity? Knowledge spillovers, industry characteristics, and catching up in the Chinese biomass power plant industry," Ind. Corp. Change, 2020.
18- L. Aristodemou and F. Tietze, "Citations as a measure of technological impact: A review of forward citation-based measures," World Pat. Inf., vol. 53, pp. 39–44, Jun. 2018, doi: 10.1016/j.wpi.2018.05.001.
19- L.MahmudJanlu, B. Shirazi, I. Mahdavi and J. Soltanzadeh, "Patent Analysis by Data Mining for Identifying and Determining Relationships among Technologies", Iranian Journal of Information Processing & Management.vol. 33, no.4, pp. 1575-1610, 2018.{in Persian}
20- Z.Bayanloo, "Technology Forecasting Resrarches in Selected area of Solar Energy: Use the patent Analysis analysis and Artificial Neural Network". Journal of Technology Development Management, 4(1), 149-171. 2017. {in Persian}
21- Z. Chen and J. Guan, "The core-peripheral structure of international knowledge flows: evidence from patent citation data," RD Manag., vol. 46, no. 1, pp. 62–79, 2016.
22- D. Acemoglu, U. Akcigit, and W. R. Kerr, "Innovation network," Proc. Natl. Acad. Sci., vol. 113, no. 41, pp. 11483–11488, Oct. 2016, doi: 10.1073/pnas.1613559113.

23- J. N. de P. Britto, L. C. Ribeiro, L. T. Araújo, and E. da M. e Albuquerque, "Patent citations, knowledge flows, and catching-up: Evidences of different national experiences for the period 1982–2006," Sci. Public Policy, p. scaa041, Dec. 2020, doi: 10.1093/scipol/scaa041.
24- W. Yang, X. Yu, B. Zhang, and Z. Huang, "Mapping the landscape of international technology diffusion (1994–2017): network analysis of transnational patents," J. Technol. Transf., vol. 46, no. 1, pp. 138–171, Feb. 2021, doi: 10.1007/s10961-019-09762-9.
25- Derwent Innovation, "https://clarivate.com/derwent/solutions/derwent-innovation/," 2021. https://clarivate.com/derwent/solutions/derwent-innovation/ (accessed Mar. 16, 2021).
26- E. Garfield, I. H. Sher, and R. J. Torpie, "The use of citation data in writing the history of science," Institute for Scientific Information Inc Philadelphia PA, 1964.
27- T.-S. Cho and H.-Y. Shih, "Patent citation network analysis of core and emerging technologies in Taiwan: 1997–2008," Scientometrics, vol. 89, no. 3, pp. 795–811, 2011.
28- A. B. Jaffe and G. de Rassenfosse, "Patent citation data in social science research: Overview and best practices," J. Assoc. Inf. Sci. Technol., vol. 68, no. 6, pp. 1360–1374, Jun. 2017, doi: 10.1002/asi.23731.
29- J. Noailly and V. Shestalova, "Knowledge spillovers from renewable energy technologies: Lessons from patent citations," Environ. Innov. Soc. Transit., vol. 22, pp. 1–14, Mar. 2017, doi: 10.1016/j.eist.2016.07.004.
30- B. H. Hall, A. B. Jaffe, and M. Trajtenberg, "The NBER patent citation data file: Lessons, insights and methodological tools," National Bureau of Economic Research, 2001.
31- E. S. Kashani and S. Roshani, "Evolution of innovation system literature: Intellectual bases and emerging trends," Technol. Forecast. Soc. Change, vol. 146, pp. 68–80, 2019.
32- X. Ye, J. Zhang, Y. Liu, and J. Su, "Study on the measurement of international knowledge flow based on the patent citation network," Int. J. Technol. Manag., vol. 69, pp. 229–245, Jan. 2015, doi: 10.1504/IJTM.2015.072971.
33- S. Roshani, S. Ghazinoori, and S. H. Tabatabaeian, "A Co-Authorship network analysis of iranian researchers in technology policy and management," J. Sci. Technol. Policy, vol. 6, no. 2, pp. 69–89, 2014. {in Persian}
34- B. Moussa and N. C. Varsakelis, "International patenting: an application of network analysis," J. Econ. Asymmetries, vol. 15, pp. 48–55, 2017.
35- R. Cowan and N. Jonard, "Network structure and the diffusion of knowledge," J. Econ. Dyn. Control, vol. 28, no. 8, pp. 1557–1575, 2004.
36- L. Hua and W. Wang, "The impact of network structure on innovation efficiency: An agent-based study in the context of innovation networks," Complexity, vol. 21, no. 2, pp. 111–122, 2015, doi: 10.1002/cplx.21583.
37- W. Yang, X. Yu, D. Wang, J. Yang, and B. Zhang, "Spatio-temporal evolution of technology flows in China: patent licensing networks 2000–2017," J. Technol. Transf., Jun. 2019, doi: 10.1007/s10961-019-09739-8.
38- S.-W. Hung and A.-P. Wang, "Examining the small world phenomenon in the patent citation network: a case study of the radio frequency identification (RFID) network," Scientometrics, vol. 82, no. 1, pp. 121–134, 2010.