

ارزیابی اثرات تحریم‌های بین‌المللی بر توسعه نظام نوآوری فتوولتائیک در ایران

محمدجواد دهقان اشکذری^۱، طاهره میرعمادی^{۲*}، قاسم رمضان‌پور نرگسی^۳

- ۱- دانشجوی دکتری سیاست‌گذاری علم و فناوری، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران
- ۲- دانشیار پژوهشکده مطالعات فناوری‌های نوین، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران
- ۳- استادیار پژوهشکده مطالعات فناوری‌های نوین، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

چکیده

تحریم‌های اعمال‌شده علیه ایران از جنبه‌های مختلف بر کشور اثرگذار بوده لیکن عمده ارزیابی‌های انجام‌شده تاکنون در خصوص آثار تحریم‌ها، در حوزه تجارت و اقتصاد بوده و پژوهش‌های معدودی اثر تحریم‌ها بر حوزه علم و فناوری را بررسی کرده‌اند. هدف این مقاله، ارزیابی چگونگی اثرگذاری تحریم‌های بین‌المللی بر توسعه نظام نوآوری فتوولتائیک در ایران است. چارچوب ارزیابی این مقاله، به صورت نوآورانه و بر اساس نظریه‌های بین‌المللی‌سازی نظام نوآوری فناورانه طراحی شده که برای ارزیابی، ابتدا نظرات ۳۲ تن از خبرگان از طریق پرسشنامه جمع‌آوری و سپس با پنج تن از خبرگان، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته انجام شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که تحریم‌های بین‌المللی در اکثر کارکردهای نظام نوآوری فناورانه حوزه هدف، دارای اثرات مهمی بوده و کارکرد بسیج منابع بیش از سایر کارکردها تحت تأثیر تحریم‌ها، تضعیف شده است. همچنین تحریم‌های بین‌المللی باعث شده در سطح کارکرد هدایت تحقیق، نگاه محدودی به بُعد فراملی وجود داشته باشد و یکپارچگی و هماهنگی جهانی در پیشبرد کارکردها و همچنین جایگاه کشور در زنجیره جهانی ارزش در نظر گرفته نشود.

کلیدواژه‌ها: تحریم، نظام نوآوری فناورانه، بین‌المللی‌سازی، بُعد بین‌المللی، فتوولتائیک

برای استنادات بعدی به این مقاله، قالب زیر به نویسندگان محترم مقالات پیشنهاد می‌شود:

Dehghan Ashkezari, M. J., Miremadi, T., & Ramezanpour Nargesi, Gh. (2019). **The Assessment of International Sanctions on Photovoltaic Innovation System of Iran.** *Journal of Science & Technology Policy*, 10(4), 63-76. {In Persian}.

DOI: 10.22034/jstp.2019.10.4.539575

۱- مقدمه

راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی و در ادامه آن، تأسیس مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی اشاره کرد.

طبق جدیدترین پیش‌بینی اداره اطلاعات انرژی آمریکا، انرژی خورشیدی تا سال ۲۰۴۰ سریع‌ترین سرعت رشد را در میان صورت‌های مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر خواهد داشت. از آنجا که انرژی خورشیدی کمترین ضرر را برای محیط زیست دارد و به دلیل مسائل زیست‌محیطی که تا چند سال آینده از مهم‌ترین چالش‌های جهان خواهد بود این منبع انرژی می‌تواند

در سال‌های اخیر، نهادهای سیاست‌گذار در ایران تلاش کرده‌اند که زمینه توسعه علم و فناوری به منظور رشد اقتصادی در ابعاد مختلف را فراهم آورند. فناوری فتوولتائیک خورشیدی از جمله فناوری‌های نوظهور در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر است که تاکنون اقدامات مهمی برای توسعه آن در کشور انجام شده است. از جمله این اقدامات می‌توان به تصویب سند

DOI: 10.22034/jstp.2019.10.4.539575

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: tamiremadi@yahoo.com

داخل [۷-۹] و خارج کشور [۱۰-۱۲] مورد ارزیابی قرار گرفته است. عمده ارزیابی‌های انجام‌شده در این خصوص اما در حوزه تجارت و اقتصاد بوده و پژوهش‌های معدودی اثر تحریم‌ها بر حوزه علم و فناوری را بررسی کرده‌اند. فخاری و همکاران با اتخاذ یک رویکرد کیفی به بررسی اثرات مثبت و منفی تحریم‌ها بر عملکرد شرکت‌های دانش‌بنیان پرداخته‌اند [۱۳]. سعیدنیا و عبداللهی با مرور کلی آثار تحریم‌های بین‌المللی بر فعالیت‌های علمی در ایران به این نتیجه رسیده‌اند که تحریم‌های اعمال‌شده علیه هر کشوری، خواسته یا ناخواسته موجب می‌شود که دانشمندان و بنیان‌های علمی آن کشور دچار آسیب شوند [۱۴].

فناوری فتوولتائیک خورشیدی از جمله فناوری‌هایی است که توسعه آن تحت تأثیر تحریم‌های بین‌المللی قرار گرفته است. در این پژوهش، چگونگی اثرگذاری تحریم‌های بین‌المللی (سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴) بر توسعه فناوری فتوولتائیک در ایران مورد بررسی قرار می‌گیرد. پرسش اصلی این است که تحریم‌ها چه آثاری اعم از مثبت یا منفی و به چه میزان بر توسعه فناوری مدنظر در ایران داشته است.

۲- پیشینه نظری

۲-۱ فناوری و بازار فتوولتائیک

انرژی خورشیدی را می‌توان با استفاده از روش‌های مختلف مورد استفاده قرار داد. به پدیده‌ای که در اثر تابش نور خورشید بدون استفاده از مکانیزم‌های محرک، الکتریسیته تولید کند فناوری فتوولتائیک گفته می‌شود و یک مجموعه از سلول‌های سری و موازی‌شده که از آن جریان ولتاژ به دست می‌آید پنل فتوولتائیک نام دارد. سلول خورشیدی ساده‌ترین و پیشروترین شکل از وسائل در دسترس برای تولید انرژی است که حالت جامد داشته و هیچ قسمت متحرکی ندارد. این سلول‌ها به راحتی هم در تولید پراکنده و هم در تولید نیروگاهی الکتریسیته به کار می‌روند [۱۵].

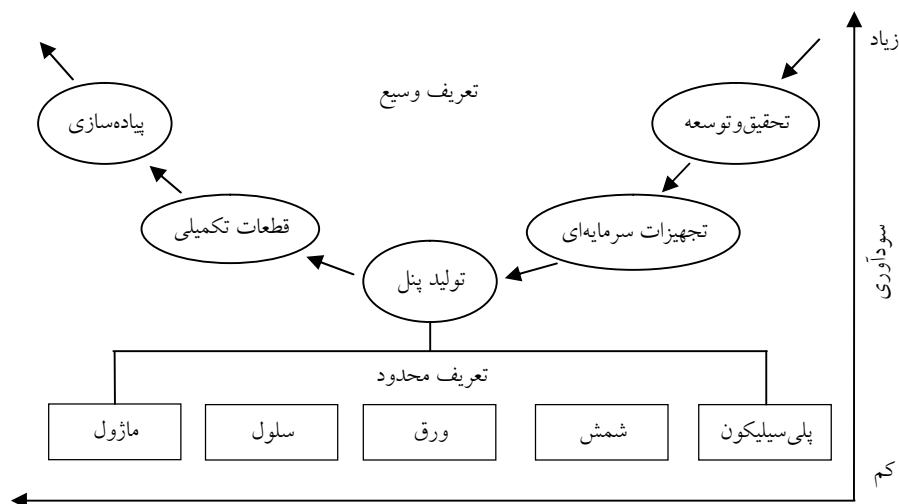
زنجیره ارزش در صنعت فتوولتائیک دارای یک تعریف محدود و یک تعریف وسیع است (شکل ۱). در تعریف محدود، زنجیره ارزش از تولید پلی‌سیلیکون آغاز و سپس به تولید شمش، ورق، سلول و در نهایت ماژول‌های فتوولتائیک می‌رسد. این زنجیره ارزش در واقع فرآیند تولید پنل‌های

برتری زیادی نسبت به دیگر منابع داشته باشد [۱]. با توجه به قابلیت بالای شار تابش خورشید در بخش‌های وسیعی از ایران، بهره‌برداری از فناوری فتوولتائیک در کشور ما کاملاً مطلوب و ارزشمند است [۲]. ایران با قرار گرفتن در کمربند خورشیدی جهان به طور متوسط از ۲۸۰۰ ساعت تابش آفتاب در سال برخوردار است و در برخی مناطق کشور مانند کویر مرکزی ایران، میانگین ساعات آفتابی، سالانه به بیش از ۳۲۰۰ ساعت نیز می‌رسد. میانگین انرژی دریافت‌شده از خورشید در این ساعات ۵/۴ کیلووات ساعت در هر مترمربع است که با توجه به استانداردهای بین‌المللی (حداقل ۵/۳ کیلووات ساعت در مترمربع)، استفاده از مدل‌های انرژی خورشیدی نظیر کلکتورهای خورشیدی یا سیستم‌های فتوولتائیک در ایران، اقتصادی و مقرون به صرفه است [۳].

با وجود پیشرفت‌هایی که تاکنون در صنعت فتوولتائیک کشور وجود داشته اما هنوز راه زیادی برای رسیدن به تراز جهانی وجود دارد. در حالی که مجموع ظرفیت نیروگاه‌های فتوولتائیک در حال بهره‌برداری تا پایان سال ۱۳۹۶، حدود ۲۰۰ مگاوات بوده [۴] ظرفیت پنل‌های خورشیدی نصب‌شده در آلمان تا سال ۲۰۱۶ به ۴۱ هزار مگاوات رسیده است [۵]. همچنین در شرایطی که ایران، برنامه‌ریزی‌هایی برای ساخت نیروگاه‌هایی با ظرفیت ۱۰۰ تا ۶۰۰ مگاوات در آینده انجام داده عربستان با همکاری سافت بانک ژاپن احداث نیروگاهی را آغاز کرده که تا سال ۲۰۳۰ ظرفیت تولید ۲۰۰ هزار مگاوات انرژی خورشیدی را خواهد داشت [۶].

یکی از مسائل اثرگذار بر روند توسعه فناوری در ایران، تحریم‌های بین‌المللی است. ایران پس از انقلاب اسلامی بنا به دلایل و بهانه‌های مختلف از جمله تسخیر لانه جاسوسی، مسئله رعایت حقوق بشر، توسعه فناوری انرژی هسته‌ای، برنامه‌های دفاعی موشکی و ... در معرض تحریم‌های یک‌جانبه آمریکا بوده و البته در سال‌های اخیر، تحت تحریم‌های چندجانبه شورای امنیت سازمان ملل و اتحادیه اروپا نیز قرار گرفت. شواهد و قرائن نشان می‌دهد ایران در آینده نیز همچنان کم و بیش با این مسئله درگیر خواهد بود.

تحریم‌های اعمال‌شده علیه ایران از جنبه‌های مختلف تجاری، اقتصادی، اجتماعی، سلامت، علم و فناوری و ... بر کشور اثرگذار بوده که بسیاری از این اثرات توسط محققان مختلف در



شکل (۱) تعاریف زنجیره ارزش برای صنعت فتولتائیک [۱۶]

فتولتائیک (دانشگاه‌ها، شرکت‌ها و سرمایه‌گذاران) در سطح بین‌المللی به یکدیگر متصل شده‌اند [۱۷].

بازار جهانی فتولتائیک در دهه گذشته رشد بسیار چشم‌گیری داشته است به طوری که از نصب سالانه ۰/۳ گیگاوات در سال ۲۰۰۰ به ۳۱ گیگاوات در سال ۲۰۱۲ رسیده (حدود ۱۰۰ برابر) و مجموع ظرفیت نصب‌شده تا سال ۲۰۱۶، حدود ۳۲۰ گیگاوات بوده است. همچنین تعداد پتنت‌های ثبت‌شده در این حوزه از ۱۳۸ پتنت در سال ۲۰۰۰ به ۲۳۰۰ پتنت در سال ۲۰۱۱ رسیده که حدود ۱۷ برابر افزایش را نشان می‌دهد. از سوی دیگر هزینه مواد اولیه نیز کاهش زیادی داشته و قیمت سیلیکون بلورین به ازاء هر وات از ۵ دلار در سال ۲۰۰۰ به ۰/۷۲ دلار در سال ۲۰۱۳ رسیده است [۱۸].

یکی از دلایل مهم کاهش هزینه‌ها، ورود چین به زنجیره جهانی این محصول است. در حالی که حدود ۱۵ سال پیش، عمده عرضه و تقاضا برای سیستم‌های فتولتائیک در اختیار تعداد انگشت‌شماری از کشورهای توسعه‌یافته همچون آمریکا، ژاپن و آلمان بود اکنون چین بر زنجیره جهانی ارزش فتولتائیک خورشیدی مسلط شده است [۱۹].

۲-۲ بین‌المللی‌سازی نظام نوآوری فناورانه

در سال‌های اخیر موضوع بین‌المللی‌سازی نظام‌های نوآوری مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته و نسبت به کم‌توجهی به آن در گذشته انتقاد شده است [۲۰-۲۲]. بررسی اقدامات انجام‌گرفته در این حوزه [۲۳ و ۲۴] نشان می‌دهد که بین‌المللی‌سازی نظام‌های نوآوری در اثر دو عامل «توسعه فرآیندهای جهانی شدن نوآوری» و «گسترش نظام‌های نوآوری

فتولتائیک را نشان می‌دهد و بسیاری جنبه‌های مهم بالادست و پائین‌دست را نادیده می‌گیرد. در تعریف وسیع، علاوه بر تولید پنل‌ها، تولید تجهیزات سرمایه‌ای، تحقیق و توسعه، تولید قطعات تکمیل‌کننده و طراحی و استقرار نیز در نظر گرفته می‌شود [۱۶]. می‌دانیم که عمده ارزش افزوده، در دو سر زنجیره ارزش قرار دارد یعنی تحقیق و توسعه و تجهیزات سرمایه‌ای در بالادست و قطعات تکمیلی و پیاده‌سازی در پائین‌دست. فرآیند تولید پنل (به ویژه از شمش تا ماژول) که در میانه زنجیره ارزش قرار دارد ارزش افزوده کمتری ایجاد می‌کند زیرا نیازمند دانش و مهارت کمتری است.

مطابق دسته‌بندی ارائه‌شده توسط بینز و ترافر^۱ [۱۷] فناوری فتولتائیک در دسته صنایع/فناوری‌های «آزاد و بدون قید» قرار می‌گیرد زیرا این فناوری به لحاظ نوآوری، مبتنی بر علم و فناوری بوده و به لحاظ ارزش‌گذاری محصول^۲، در گروه استاندارد قرار می‌گیرد.

نوآوری در فتولتائیک مبتنی بر پیشرفت‌های دانش تحلیلی در علوم مواد یا نانوفناوری است و از سوی دیگر فرآیند ارزشیابی آن امروزه استاندارد شده و دارای بازارهای انبوه جهانی است. اگر چه منابع اولیه سیستم فتولتائیک در چند کشور محدود مانند آمریکا، ژاپن و آلمان ایجاد شده اما امروزه در سایر نقاط نیز گسترش یافته است. بنابراین تمام زیرسیستم‌های فتولتائیک، مبتنی بر شبکه‌های پیچیده‌ای است که در مناطق مختلف گسترش یافته و ساختارهای نظام نوآوری فناوری

1- Binz & Truffer
2- Footloose
3- Product Valuation

در کشورهای در حال توسعه» بوده است.

عامل اول یعنی توسعه فرآیندهای جهانی شدن نوآوری، نتیجه رشد و گسترش شرکت‌های چندملیتی (MNE) و اهمیت یافتن سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) بوده است زیرا بزرگ‌ترین شرکت‌هایی که نسبت به سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی اقدام کرده‌اند بازیگران کلیدی تحقیق و توسعه و انتشار نوآوری نیز بوده‌اند و به مرور، برون‌مرزسپاری و بین‌المللی‌سازی فعالیت‌های تحقیق و توسعه را پی گرفته‌اند [۲۳]. گسترش جریان جهانی شدن نوآوری باعث شده برخی فناوری‌ها کاملاً بر مبنای همکاری‌های بین‌المللی توسعه یابند و بنابراین پژوهشگران حوزه نظام‌های نوآوری تلاش کرده‌اند تا ابعاد بین‌المللی را برای این رویکرد در نظر بگیرند.

استفاده از رویکرد نظام‌های نوآوری در کشورهای در حال توسعه، عامل دیگری بوده که نواقص نگرش نظام نوآوری را بیش از پیش مشخص کرده است. نگاه سیاستی موجود به نظام‌های نوآوری در برخی کشورهای در حال توسعه مبنی بر اینکه در این زمینه، ارتباطات ملی بسیار مؤثرتر از ارتباطات بین‌المللی هستند مسئله‌برانگیز است. این استدلال مبتنی بر این پیش‌فرض است که تفاوت‌های عمده‌ای از نظر بهره‌وری وجود ندارد و همه کشورها دارای یک پایگاه قدرتمند داخلی برای پشتیبانی از صنعت می‌باشند. لیکن واقعیت آن است که کشورهای در حال توسعه و عمده کشورهای تازه صنعتی‌شده و همچنین کشورهای رده دوم OECD از این پیش‌فرض مستثنی هستند. در این کشورها، ساختارهای اقتصادی بسیار ناهمگن، مانع از ایجاد یک اقتصاد انباشتی می‌شود؛ نهادهای اقتصادی ضعیف و ناپایدار، کارایی یادگیری را کاهش می‌دهند؛ منابع دانش ملی محدود است؛ ارتباطات داخلی ناقص، مانع از اشتراک منابع می‌شود؛ همچنین آسیب‌پذیری نسبت به تغییرات نرخ ارز و بازارهای مالی، سرمایه‌گذاری بلندمدت را با محدودیت مواجه می‌کند. حداقل می‌توان گفت که این کشورها، فرصت و یا شانس کمی در ایجاد نظام‌های نوآوری خودشان بر مبنای منابع داخلی داشته و برای توسعه نظام‌های نوآوری نیاز بیشتری به پیوندهای بین‌المللی دارند [۲۰]. بر این اساس، گروه دیگری از محققان حوزه نظام‌های نوآوری به این موضوع توجه کرده و درصدد مدل‌سازی آن برآمدند.

اگر چه با بررسی منابع نظری اولیه، اینگونه درک می‌شود که

رویکرد فناورانه به نظام نوآوری، به خودی خود یک مفهوم جهانی است اما اکثر اقدامات تجربی صورت‌گرفته در حوزه نظام نوآوری فناورانه نیز از مرزهای ملی به عنوان حدود نظام استفاده کرده و آن را مقیاس تحلیل خود قرار داده‌اند [۲۵]. بنابراین همانند سایر رویکردهای نظام نوآوری، این نقطه‌ضعف نظام‌های نوآوری فناورانه نیز اخیراً مورد توجه برخی محققان قرار گرفته و تلاش کرده‌اند چارچوب این رویکرد را از طریق اضافه کردن بُعد جغرافیایی و همچنین توجه به محیط بین‌المللی، بهبود ببخشند.

بین‌المللی‌سازی نظام‌های نوآوری فناورانه با دو رویکرد متفاوت قابل انجام است [۲۶]. در رویکرد اول، نظام نوآوری فناورانه، درون مرزهای ملی ایجاد می‌شود اما به عنوان یک سیستم باز، دارای ورودی‌های علمی، فناورانه، مالی و ... از خارج کشور می‌باشد. در رویکرد دوم، یک نظام نوآوری فناورانه فراملی (بین‌المللی یا جهانی) بین تعدادی از کشورها ایجاد و نظام فناورانه ملی به عنوان یک زیرسیستم آن مورد مطالعه قرار می‌گیرد. محققانی همچون گوزنس^۱ [۲۵ و ۲۷]، و سو^۲ [۲۸] و بنتو و فانتس^۳ [۲۶] در دسته اول و محققانی همچون بینز و ترافر [۲۹ و ۳۰] و برگک^۴ و همکاران [۳۱] در دسته دوم جای می‌گیرند. در ادامه به یافته‌های برخی از این پژوهش‌ها اشاره می‌شود:

گوزنس و همکاران [۲۵] برای اضافه کردن ارتباطات فراملی به نظام نوآوری فناورانه حوزه انرژی‌های پاک، چارچوب ساختاری-کارکردی پیشنهاد شده توسط برگک و همکاران [۳۲] را به عنوان پایه کار خود قرار داده‌اند. آنها پس از مشخص کردن مقیاس تمرکز سیستم، اجزاء ساختاری بین‌المللی را شناسایی کرده و دو جزء ساختاری را به آن اضافه می‌کنند که عبارتند از «شبکه‌های جهانی تولید» و «نهادهای فراملی یا جهانی». در مرحله بعد نیز الگوی کارکردی بین‌المللی را ترسیم می‌کنند که در جدول ۱ قابل مشاهده است.

گوزنس و همکاران در مقاله‌ای دیگر [۲۷] ابعاد بین‌المللی اجزاء ساختاری (بازیگران، شبکه‌ها و نهادها) را به طور مفصل بحث می‌کنند: همکاری‌های علمی بین‌المللی، تحرک جهانی نیروی کار ماهر، شرکت‌های چندملیتی، شبکه‌های جهانی

1- Gosens

2- Vasseur

3- Bento & Fontes

4- Bergek

جدول ۱) کارکردهای سیستم نوآوری فناورانه: فعالیت‌های ملی و ارتباطات فراملی [۲۵]

ردیف	کارکردهای سیستم	فعالیت‌های محلی	ارتباطات فراملی
۱	خلق و انتشار دانش	- سرمایه‌گذاری و فعالیت‌های تحقیق و توسعه، ثبت و نمایش پتنت - تبادل دانش در شبکه‌ها (کارگاه‌ها و کنفرانس‌ها)	- کارگاه‌های بین‌المللی، تبادل بین‌المللی دانشجویان و محققان - سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، پروژه‌های مشترک، تغییر محل شرکت، ادغام و جذب - خرید تجهیزات، امتیازها، پتنت‌ها و خدمات فنی - فعالیت سازمان‌های جهانی برای حقوق مالکیت فکری
۲	تأثیر بر هدایت تحقیق	- جهت‌دهی به توسعه فناوری - تنظیم مقررات ویژه یا ابزارهای مالی خاص - دورنمای آینده از جایگزین‌ها در برابر سستی‌ها	- تطبیق یا عدم تطبیق راه‌حل‌های فناورانه خارجی با نیازهای داخلی - اهداف سیاستی زیست‌محیطی و صنعتی و ترجیح تولید داخلی یا خارجی
۳	تجربیات کارآفرینانه	- تأسیسات و فعالیت‌های ثبت و نمایش پتنت - ایجاد تنوع در فعالیت‌های متصدیان - ایجاد تنوع در گزینه‌های فناورانه - واردشوندگان جدید به بازار	- میان‌بر زدن در تجربیات از طریق راه‌حل‌های رشدیافته خارجی - قابلیت انتقال و سازگاری راه‌حل‌های فناورانه خارجی به نظام‌های اقتصادی وسیع‌تر - رتبه‌ها و راهبردهای شرکت‌های خارجی در صنایع داخلی
۴	شکل‌گیری بازار	- خلق ارزش برای مصرف فناوری از طریق بهبود آن و سیاست‌های قیمت - تنظیم مقررات یا ابزارهای مالی، تعرفه‌های تغذیه داخلی، سهمیه‌بندی مصرف	- بازارهای داخلی و خارج و مزیت‌های رقابتی شرکت‌های داخلی و خارجی - مقررات تجارت خارجی، سهمیه‌بندی بومی‌سازی، تعرفه واردات و یارانه صادرات - سیستم‌های بین‌المللی سرمایه‌گذاری و تجارت برای گسیلش کربن
۵	بسیج منابع	- سرمایه - منابع انسانی - منابع تکمیل‌کننده	- سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، سرمایه‌گذاری مشترک، بانکداری بین‌المللی - پروژه‌های CDM (کاهش گسیلش) و وضع مالیات بر گسیلش - تأمین منابع مالی از صندوق‌های بین‌المللی - فرار مغزها در برابر برنامه‌های شکار مغزها
۶	مشروعیت	- تعیین مزایای اجتماعی فناوری - تمایل ذینفعان به فناوری - افزایش فعالیت‌ها و لابی‌های گروه‌های ذینفع - بحث‌های سیاسی در مجلس قانون‌گذاری و رسانه	- رژیم‌های بین‌المللی در خصوص مسائل زیست‌محیطی - «فرضیه قوی پورتر» در برابر مسائل رقابت‌پذیری بین‌المللی
۷	ایجاد اثرات بیرونی مثبت	- منحنی‌های یادگیری قیمت‌ها را کاهش می‌دهد - نقطه قوت قدرت سیاسی بازیگران سیستم - بهبود تقسیم نیروی کار	- تقسیم نیروی کار جهانی - رقابت کشورها برای توسعه فناوری پاک

چگونگی تأثیر بُعد فراملی بر کارکردهای مختلف نظام نوآوری فناورانه را نشان می‌دهد.

بینز و ترافر [۲۹] با این انتقاد از مطالعات گذشته که چرا تمرکزشان بر روی سطح ملی و حتی زیرملی بوده، گفته‌اند که این نگاه محدود، ماهیت بین‌المللی فرآیند نوآوری فناورانه در عصر حاضر را در نظر نمی‌گیرد و به طور ضمنی این نکته را القاء می‌کند که مقیاس بین‌المللی، اهمیت چندانی در فرآیند نوآوری ندارد.

بینز و همکاران [۳۰] در خصوص مفهوم «فضای جغرافیایی» و

تولید، بازارهای جهانی تجهیزات، بازارهای جهانی فناوری، تأمین‌کنندگان مالی خصوصی و نهادی، گروه‌های محیطی و انجمن‌های صنعتی جهانی، موافقتنامه جنبه‌های تجاری حقوق مالکیت فکری (TRIPS)، رژیم‌های محیطی بین‌المللی، برنامه‌های انتقال نهادی و نهایتاً استانداردها و گواهینامه‌های فناورانه. به زعم آنها، بُعد فراملی نظام نوآوری فناورانه علاوه بر اثرات مثبت، ممکن است در برخی موارد (مانند حقوق مالکیت فکری) اثرات منفی نیز داشته باشد و مانع از توسعه کارکردهای مختلف سیستم در یک کشور شود. جدول ۲

جدول ۲) چگونگی تأثیر بُعد فراملی بر کارکردهای مختلف نظام نوآوری [۲۷]

کارکردها	اثر تقویت‌کننده بُعد فراملی	اثر تضعیف‌کننده بُعد فراملی
خلق و انتشار دانش	تبادلات علمی دانشگاهی، کنفرانس‌های بین‌المللی، پروژه‌های مشترک، خرید امتیاز، پتنت و تجهیزات، FDI	محافظت از حقوق مالکیت فکری
هدایت تحقیق	سازمان‌های بین‌المللی (آنکتاد، سازمان تجارت جهانی و ...)، استانداردهای بین‌المللی، موافقتنامه‌های بین‌المللی	ترجیح استفاده از محصولات و فناوری‌های خارجی
تجارب کارآفرینانه	انتقال فناوری از کشورهای خارجی به منظور کاهش ابهام موجود در فضای فناوری	واردات تجهیزات و کالاهای خارجی و جلوگیری از شکل‌گیری تجارب کارآفرینانه
شکل‌گیری بازار	صادرات محصول و بازارهای خارجی	واردات محصولات مشابه خارجی
بسیج منابع	FDI، صندوق‌ها و بانک‌های بین‌المللی، نیروی انسانی خارجی	خروج نیروی انسانی ماهر (فرار مغزها)
مقبولیت	تجارب جهانی و رژیم‌های شکل‌گرفته پیرامون آنها	تجارب جهانی و رژیم‌های شکل‌گرفته پیرامون آنها
منافع جانبی	ایجاد منافع جانبی در سطح بین‌المللی (اقتدار، قدرت دیپلماسی، توسعه تعاملات و ...)	فشار محیط بین‌المللی و کاهش منافع جانبی همچون توسعه زیرساخت‌ها و توسعه سایر فناوری‌ها

بررسی جزئیات تحریم‌های خارجی علیه ایران، مشخص می‌کند که در سال‌های پس از انقلاب، تحریم‌ها روندی فزاینده و گسترش‌یابنده داشته‌اند. فزاینده به معنای افزایش حوزه‌های محدودیت (دفاعی، اقتصادی، انرژی، بازرگانی، مالی و ...) و گسترش‌یابنده به معنای افزایش کشورها یا نهادهای اعمال‌کننده تحریم‌ها است. در اثر هم‌افزایی روندهای افزایش حوزه‌ها و گسترش جغرافیایی که به خصوص از سال‌های ۱۳۹۰ رخ داد آثار تحریم‌ها در جامعه، روز به روز عمیق‌تر شد تا اینکه با شروع مذاکرات هسته‌ای از سال ۱۳۹۲ این روند متوقف شد و با حصول توافق «برجام» در سال ۱۳۹۴، بار دیگر صحبت از همکاری‌های فناورانه در بخش‌های مختلف صنعتی و فروش محصولات پیچیده به میان آمد [۳۴]. در این مقاله اثرات تشدید تحریم‌های بین‌المللی از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ مورد بررسی قرار گرفته است. تحریم‌های اعمال‌شده، به سه طریق می‌توانند دارای اثرات منفی بر توسعه فناوری در ایران باشند:

۱) اثرات مستقیم بر فناوری‌های خاص: تحریم‌هایی که مستقیماً بخش‌های صنعتی خاصی را هدف قرار داده‌اند مانند فناوری‌های تسلیحاتی یا دوگانه همچون فناوری هسته‌ای
 ۲) اثرات غیرمستقیم بر فضای کسب‌وکار شرکت‌های دانش‌بنیان: تحریم‌های سرمایه‌گذاری، بانکی، اعتباری، ارزی و ... که با تیره کردن فضای کسب‌وکار و افزایش خطرپذیری، رقابت‌پذیری شرکت‌های داخلی را کاهش می‌دهند.
 ۳) اثرات یخ‌زدگی^۱ فضای عمومی: منظور از یخ‌زدگی، آثار

اتخاذ دیدگاه «رابطه‌ای» نسبت به آن در نظام‌های نوآوری فناورانه بحث کرده و در ادامه، رویکرد بین‌المللی را برای اجزاء ساختاری و کارکردی نظام‌های نوآوری فناورانه بسط می‌دهند. آنها بین سه نوع ایده‌آل از الگوهای شبکه تمایز قائل می‌شوند. هر یک از این سه نوع شبکه که در یک طیف قرار دارند در زمانی مشخص می‌توانند معرف ویژگی‌های یک نظام نوآوری فناورانه یا یک کارکرد معین آن باشند. در یک سر طیف، شبکه‌های محلی مرتبط با نظام، در سطوح منطقه‌ای یا ملی ایجاد می‌شوند اما در سر دیگر آن، شبکه‌ها می‌توانند جهانی باشند و بین بازیگران مستقر در مکان‌هایی دور از هم ایجاد شوند مانند شبکه‌های نوآوری شرکت‌های چندملیتی یا شبکه‌های برنامه‌نویسی متن‌باز. نوع سوم الگوها هم در میانه طیف مذکور قرار دارند که در آنها، شبکه‌ها می‌توانند چندمکانی باشند یعنی توأماً از ارتباطات نزدیک و دور تشکیل شوند.

۲-۳ تحریم‌های بین‌المللی و آثار آنها

یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر ارتباط نظام نوآوری فناورانه با ابعاد بین‌المللی آن، «تحریم‌ها» است. تحریم‌های بین‌المللی که عمدتاً اقتصادی هستند یکی از ابزارهای سیاست‌گذاری محسوب می‌شوند که توسط یک یا چند دولت و در تلاش برای متقاعد کردن سایر دولت‌های مستقل برای تغییر برخی سیاست‌های خود، به کار گرفته می‌شود. این ابزارها به شکل محدودیت و ممنوعیت در عرضه بین‌المللی خدمات، صدور سرمایه و کالا و همچنین انتقال فناوری، ماشین‌آلات و مواد است [۳۳].

تحریم‌های بین‌المللی، ارتباط بین کارکردهای نظام نوآوری فناورانه و بُعد بین‌المللی آنها را با مشکل مواجه می‌کند چارچوب ارزیابی پژوهش به صورت شکل ۲ طراحی شد.

همانگونه که در این شکل مشخص است تحریم‌های بین‌المللی به عنوان یک نهاد بین‌المللی (ساختار)، مانعی برای ارتباط کامل کارکردهای مختلف با بُعد بین‌المللی آنها است و از آنجا که ابعاد بین‌المللی کارکردها، هم می‌توانند به توسعه نظام نوآوری فناورانه ملی کمک کنند و هم در برخی موارد، مانع توسعه آن شوند بنابراین تحریم‌های بین‌المللی دارای اثرات منفی و مثبت بر توسعه نظام نوآوری فناورانه در کشور هستند. در جدول ۳ طیف آثار مثبت و منفی احتمالی تحریم‌های بین‌المللی بر توسعه یک فناوری در کشور ارائه شده است.

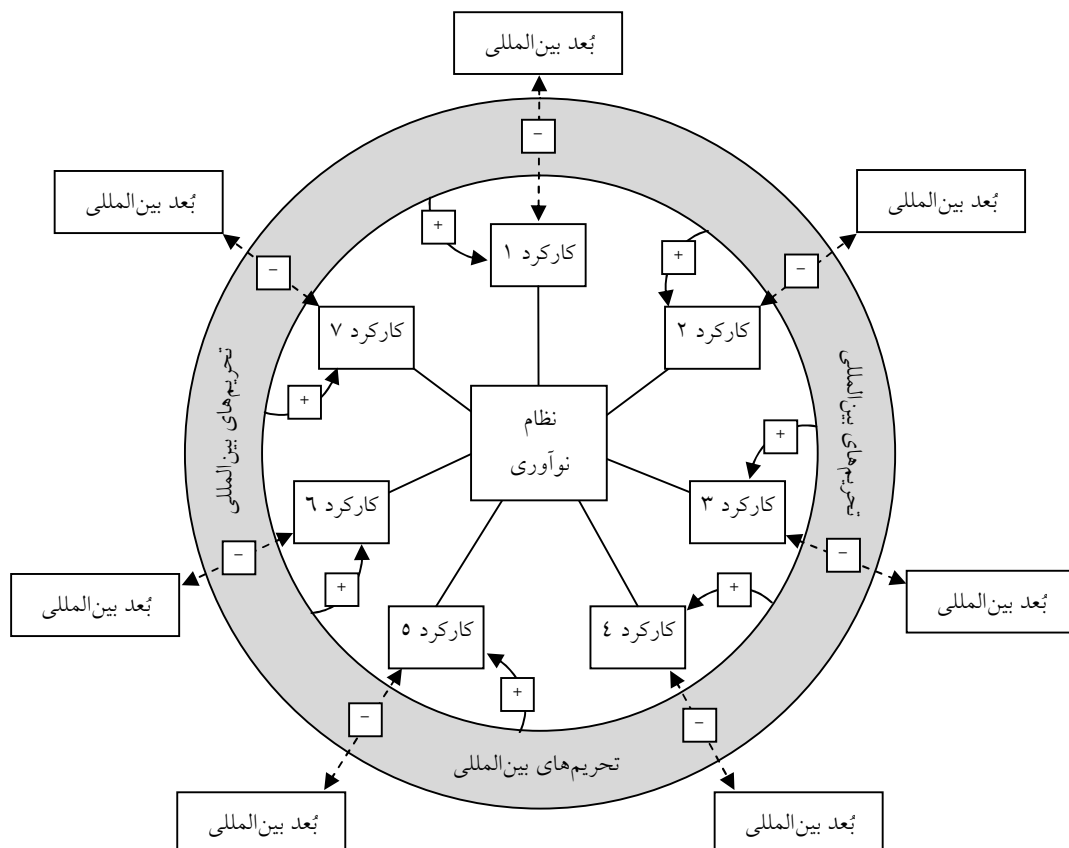
برای بررسی میزان این اثرات، فناوری فتولتائیک خورشیدی به عنوان مورد مطالعه انتخاب و سپس نسخه اولیه سؤالات پرسشنامه بر اساس چارچوب ارزیابی تدوین شد که در مرحله بعد، برای بررسی روایی به چند تن از خبرگان ارائه شد. سؤالات پرسشنامه بر اساس بازخوردهای دریافتی اصلاح و نسخه نهایی آن به صورت «بنتی بر وب» آماده شد. در پرسشنامه مذکور ابتدا وضعیت پیشبرد^۱ هر یک از کارکردهای

سوء ناشی از فضای امنیتی ملتهب شکل گرفته علیه ایران در کشورهای غربی به واسطه تحریم‌ها است. در اینگونه موارد بدون اینکه قانون یا تحریم خاصی وجود داشته باشد شرکت‌ها و مؤسسات به دلیل فضای اصطلاحاً سرد و یخزده موجود، از انجام معامله یا ارائه خدمات خودداری می‌کنند. نمونه آن عدم چاپ مقالات در مجلات علمی کشورهای مذکور است که توسط هیأت‌های تحریریه نشریات بین‌المللی اعمال می‌شود بدون آنکه مفاد تحریم‌ها دلالتی بر این امر داشته باشند [۳۴].

تحریم‌ها علاوه بر اثرات منفی، می‌تواند دارای اثرات مثبت هم باشد که از جمله می‌توان به تقویت روحیه خودباوری و خوداتکائی، کاهش رقابت با شرکت‌های بزرگ و چندملیتی و همچنین افزایش نوآوری به دلیل محدودیت‌ها اشاره کرد [۱۳].

۳- چارچوب ارزیابی و روش تحقیق

برای ارزیابی چگونگی اثرات تحریم‌های بین‌المللی بر توسعه نظام نوآوری فناورانه فتولتائیک در ایران، مدل ابعاد بین‌المللی کارکردهای نظام نوآوری فناورانه گزنس و همکاران [۲۵] (جدول ۲) در نظر گرفته شد و سپس ابعاد بین‌المللی آن با پژوهش‌های سایر محققان، مقایسه و تکمیل شد. از آنجا که



شکل ۲) چارچوب ارزیابی اثرات تحریم‌های بین‌المللی بر نظام نوآوری فتولتائیک در کشور

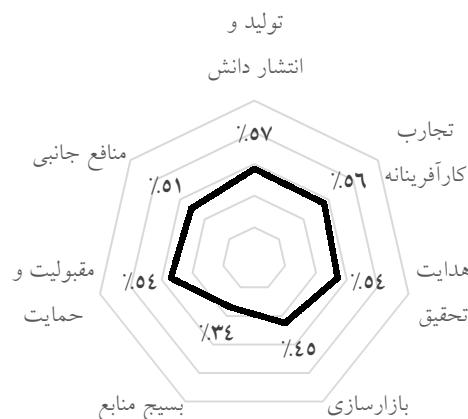
جدول ۳) آثار احتمالی تحریم‌ها بر کارکردهای مختلف نظام نوآوری (محقق ساخته)

کارکرد	اثر منفی تحریم	اثر مثبت تحریم
خلق و انتشار دانش	جلوگیری از همکاری‌های پژوهشی بین‌المللی	تولید دانش بومی از طریق تقویت روحیه خوداتکائی و افزایش همبستگی و ارتباط بازیگران داخلی
هدایت تحقیق	جلوگیری از مشارکت در موافقتنامه‌ها، برنامه‌های حمایتی و استانداردهای بین‌المللی؛ حذف مشوق‌ها به دلیل کمبود منابع مالی	در اولویت قرار گرفتن فناوری به دلیل فضای تحریم‌ها
تجارب کارآفرینانه	تشدید عدم قطعیت و جلوگیری از کاهش ابهام در حوزه فناوری به دلیل عدم ورود فناوری	عدم نیاز به رقابت با شرکت‌های چندملیتی
شکل‌گیری بازار	عدم دسترسی به بازارهای خارجی	انحصاری شدن بازار داخلی برای شرکت‌های بومی
بسیج منابع	عدم امکان استفاده از منابع بین‌المللی (FDI، صندوق‌های بین‌المللی، نیروی انسانی خارجی)	بسیج بیشتر منابع داخلی به دلیل فضای تحریم‌ها
مقبولیت	قطع ارتباط با گروه‌های ذینفع خارجی و رژیم‌های شکل‌گرفته پیرامون فناوری؛ کاهش مقبولیت به دلیل فشارهای بین‌المللی	افزایش مقبولیت به دلیل تقویت روحیه خودباوری
منافع جانبی	کاهش پویایی کارکردها؛ عدم بهره‌برداری از منافع جانبی در سطح بین‌المللی	افزایش بهره‌گیری از توان داخلی

(۹٪) نیز دارنده مدرک دکتری تخصصی و از جنبه جایگاه شغلی هم ۱۵ نفر (۴۷٪) مدیر، ۴ نفر (۱۲٪) پژوهشگر و ۱۳ نفر (۴۱٪) کارشناس بوده‌اند. همچنین بیش از ۷۰ درصد پاسخ‌دهندگان حداقل دو سال فعالیت مستمر در حوزه فتوولتائیک داشته‌اند.

۴-۲ وضعیت پیشبرد کارکردها

وضعیت پیشبرد هر یک از کارکردهای فناوری فتوولتائیک در ایران از دید خبرگان، در قالب شکل ۳ توصیف شده است.



شکل ۳) میزان پیشبرد کارکردهای فناوری فتوولتائیک در ایران

کارکرد «تولید و انتشار دانش» در بهترین وضعیت نسبت به سایر کارکردها قرار دارد هر چند میزان پیشبرد آن کمتر از ۶۰ درصد است. «بسیج منابع» کمترین میزان پیشبرد را داشته و وضعیت کارکرد بازارسازی نیز مناسب نیست. مهم‌ترین نکات مطرح‌شده توسط خبرگان در خصوص

نظام نوآورانه فناوری فتوولتائیک در ایران از طریق مجموعه‌ای از شاخص‌ها با طیفی هفت‌گزینه‌ای (از ۰ تا ۶) ارزیابی و در گام بعد، اثرات منفی و مثبت تحریم‌های اعمال‌شده بر هر یک از این کارکردها مورد پرسش قرار گرفته است.

جامعه متخصصان حوزه فناوری پیل‌های سوختی، مشتمل بر کارشناسان و مدیران حوزه سیاست‌گذاری، پژوهشگران و اعضای هیأت‌علمی و همچنین مدیران شرکت‌های خصوصی در نظر گرفته شد. سپس بر اساس معیارهای تجربه، میزان مسئولیت و همچنین قابل دسترس بودن، ۵۴ نفر به صورت هدفمند و به روش نمونه‌گیری گلوله برفی انتخاب و لینک پرسشنامه برای آنها ارسال شد که نهایتاً ۳۲ پرسشنامه تکمیل‌شده دریافت گردید.

پس از مشخص شدن نتایج پرسشنامه، به منظور تبیین عمیق‌تر و همچنین بررسی پایایی، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با پنج تن از متخصصان (دو مدیر از شرکت‌های بخش خصوصی، دو نفر در حوزه سیاست‌گذاری و یک پژوهشگر) انجام و چگونگی اثرات تحریم‌ها در هر یک از کارکردهای فناوری فتوولتائیک مورد سؤال قرار گرفت. معیار انتخاب این افراد نیز بیشترین میزان مسئولیت و تجربه و همچنین امکان مصاحبه با آنها بوده است.

۴- یافته‌ها

۴-۱ توصیف جامعه خبرگان

از میان پاسخ‌دهندگان، ۱۱ نفر (۳۴٪) دارای مدرک تحصیلی کارشناسی، ۱۸ نفر (۵۶٪) دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد و ۳ نفر

داشته است. نکته قابل توجه در خصوص کارکرد «هدایت تحقیق» این است که اگر چه اهداف، مشخص شده‌اند و به عنوان مثال در سال ۱۳۹۴ سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی به تصویب رسیده اما رویکرد حاکم بر آن توجه کمی به ابعاد بین‌المللی دارد و همچنین ابزارهای ایجادشده به منظور حمایت از فناوری، هنوز از کارایی لازم برخوردار نبوده و در حال اصلاح و بهینه‌سازی می‌باشند. کارکرد «بازارسازی» با توجه به مرحله‌ای که فناوری در آن قرار دارد یعنی مرحله شتاب‌گیری، بسیار حائز اهمیت است. با وجود اینکه اقدامات بسیار خوبی در مسیر توسعه بازار فتوولتائیک از جمله خرید تضمینی برق توسط دولت انجام شده اما هنوز نیازمند توجه بیشتر و افزایش کارایی مشوق‌های

وضعیت پیشبرد هر یک از کارکردهای فناوری فتوولتائیک به طور خلاصه در جدول ۴ بیان شده است. با جمع‌بندی نکات مطرح‌شده توسط خبرگان، در خصوص کارکرد «تولید و انتشار دانش» باید گفت که اگر چه در زمینه استقرار سیستم‌های فتوولتائیک و تولید پنل با استفاده از سلول‌های وارداتی، پیشرفت‌های دانشی خوبی حاصل شده اما همچنان برای تولید سلول‌های خورشیدی یا ورق و شمش سیلیکون، راه زیادی در پیش است. همچنین میزان همکاری و تعامل بازیگران مختلف، تنها طی چند سال اخیر و به ویژه از طریق شبکه‌های اجتماعی، افزایش یافته است. «تجارب کارآفرینانه» نیز با استفاده از واردات فناوری و توسعه نیروگاه‌های فتوولتائیک در چند سال گذشته، وضعیت خوبی

جدول ۴) مهم‌ترین نکات مطرح‌شده توسط خبرگان در خصوص وضعیت پیشبرد کارکردها

کارکرد	خبره ۱	خبره ۲	خبره ۳	خبره ۴	خبره ۵
تولید دانش	در سال‌های گذشته پیشرفت‌های بسیار خوبی در زمینه فتوولتائیک داشته‌ایم	با وجود پیشرفت‌ها، هنوز به دانش بنیادی در این حوزه نرسیده‌ایم	تولید سلول‌های خورشیدی بسیار اهمیت دارد و باید به این مرحله برسیم	اقدامات بسیار خوبی در زمینه توسعه دانش انجام شده است	همکاری و شبکه‌سازی، بسیار اهمیت دارد و باید توجه بیشتری به آن کرد
کارآفرینی	نیروگاه‌های زیادی در این چند سال تأسیس شده است	باید نیروگاه‌های بیشتری تأسیس و شرکت‌های تولید سلول توسعه یابند	واردات فناوری به توسعه این کارکرد کمک کرده است	پیشرفت خوبی به ویژه طی سال‌های اخیر داشته‌ایم	نیروگاه‌ها با استفاده از سرمایه‌گذاری‌های داخلی و خارجی توسعه پیدا کرده‌اند
هدایت تحقیق	برنامه‌ریزی‌های لازم انجام شده است	برنامه‌ها مشخص شده اما ابزارها باید توسعه پیدا کنند	سیاست‌های تشویقی خوب است اما باید به‌روزرسانی شود	اهداف، مشخص و اسناد بالادستی به تصویب رسیده است	برنامه‌ریزی‌های خوبی شده اما به هماهنگی بیشتری میان بازیگران نیاز است
بازارسازی	برای ایجاد بازار، دولت برق را به صورت تضمینی خریداری می‌کند	بازارسازی، متناسب با برنامه‌ها نبوده و قیمت برق پائین است	برای توسعه بازار به مشوق‌های بیشتری نیاز است	توسعه بازار فتوولتائیک مورد توجه دولت است	برای توسعه بازار باید سیاست‌های تشویقی را به‌روزرسانی کرد
بسیج منابع	نیروی انسانی نیاز به آموزش بیشتری دارد و منابع مالی کافی نیست	سرمایه‌گذاری نسبت به نیاز، خیلی کم است	به منابع بسیار بیشتری نیاز داریم	منابع مالی لازم به اندازه کافی در دسترس نیست	استفاده از منابع خارجی در سال‌های گذشته کمک‌کننده بوده ولی کافی نیست
مقبولیت	تقریباً همه، اهمیت این فناوری را پذیرفته‌اند	مقبولیت آن خوب است اما برخی فناوری‌ها جایگاه بهتری دارند	این فناوری مورد قبول بسیاری از ذینفعان است	اهمیت این فناوری برای همه روشن است	در زمینه پذیرش این فناوری مشکل خاصی وجود ندارد
منافع جانبی	به توسعه مناطق روستایی کمک می‌کند	به توسعه دانش‌های زیادی کمک می‌کند	برای مناطق روستایی مناسب است	دانش‌های متعددی به واسطه این فناوری توسعه پیدا می‌کنند	با سایر انرژی‌های تجدیدپذیر مثل پیل سوختی هماهنگی دارد و با هم قابل استفاده هستند

عدد ۳ (نقطه برش) است و این فرضیه‌ها هم برای آثار مثبت و هم برای آثار منفی تحریم‌ها ارزیابی شده‌اند که نتایج آزمون‌ها در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵) ارزیابی اثرات منفی و مثبت^۳ تحریم‌ها بر روی کارکردهای نظام نوآوری فناوری فتولتائیک

فرضیه	میانگین متغیر	P آزمون (یک طرفه)	نتیجه آزمون
اثر منفی تحریم بر کارکرد توسعه دانش	۴/۵	<۰/۰۰۱	قبول فرضیه
اثر منفی تحریم بر کارکرد کارآفرینی	۴/۰	<۰/۰۰۱	قبول فرضیه
اثر منفی تحریم بر کارکرد هدایت پژوهش	۲/۹	۰/۳۲۴	رد فرضیه
اثر منفی تحریم بر کارکرد بازاریابی	۳/۵	۰/۰۴۹	قبول فرضیه
اثر منفی تحریم بر کارکرد بسیج منابع	۴/۸	<۰/۰۰۱	قبول فرضیه
اثر منفی تحریم بر کارکرد مقبولیت	۲/۶	۰/۴۷۰	رد فرضیه
اثر منفی تحریم بر کارکرد منافع جانبی	۳/۴	۰/۰۴۷	قبول فرضیه

^۳ حصول اثر مثبت از تحریم‌ها برای تمامی کارکردها رد شده است.

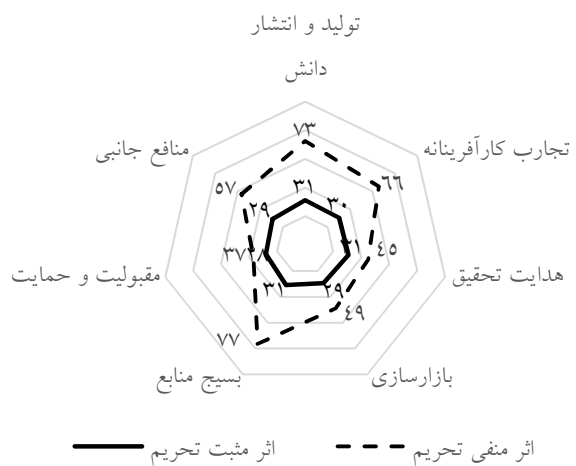
مهم‌ترین نکات مطرح‌شده توسط خبرگان در خصوص چگونگی اثرگذاری تحریم‌ها بر هر یک از کارکردهای فناوری فتولتائیک در جدول ۶ گردآوری شده است.

با جمع‌بندی نکات مطرح‌شده توسط خبرگان می‌توان گفت که در خصوص کارکرد «تولید و انتشار دانش»، بیشترین اثر منفی تحریم‌ها مربوط به ایجاد پروژه‌های مشترک بین‌المللی است هر چند در برخی موارد معدود، حتی پذیرش دانشجویان نیز به دلیل ایرانی بودن با مشکل مواجه شده است. پروژه‌های مشترک بین‌المللی، مهم‌ترین ابزاری است که به توسعه دانش در عمل کمک می‌کند و تحریم‌های بین‌المللی باعث می‌شوند جذابیت ایران به عنوان یک همکار برای اجرای این پروژه‌ها کاهش یابد. در شرایطی که واردات فناوری اعم از ماژول، سلول، ورق یا شمش سیلیکون به دلیل تحریم‌های بین‌المللی با مشکل مواجه است و حتی برخی شرکت‌های خارجی برای فروش سلول‌های فتولتائیک به شرکت‌های ایرانی هم واهمه و نگرانی از جریمه شدن توسط آمریکا را دارند و بعضاً ترجیح می‌دهند که محل

موجود است. «بسیج منابع» کارکردی است که پیشبرد آن در همه مراحل توسعه فناوری، لازم و ضروری است [۳۵] و پیشبرد ضعیف آن در حال حاضر، به ویژه به علت فقدان گرنت‌های مالی و سرمایه‌های خطرپذیر داخلی و عدم دسترسی به منابع خارجی، یک مانع اساسی بر سر راه توسعه فناوری است. با توجه به اینکه فناوری فتولتائیک در مرحله شتاب‌گیری قرار دارد «مقبولیت» لازم را در گذشته پیدا کرده و تمامی ذینفعان به اهمیت آن، تأکید دارند. همچنین این فناوری، از طریق توسعه دانش‌های مکمل و میان‌رشته‌ای، «منافع جانبی» نسبتاً خوبی ایجاد می‌کند.

۴-۳ اثرات منفی و مثبت تحریم‌های بین‌المللی

نتایج سؤال‌های مربوط به هدف اصلی تحقیق یعنی میزان آثار مثبت و منفی تحریم‌های بین‌المللی بر توسعه نظام نوآوری فتولتائیک در ایران، در یک طیف امتیازی از ۰ تا ۱۰۰ در شکل ۴ نشان داده شده است. اثرات منفی در دو کارکرد «تولید و انتشار دانش» و «بسیج منابع» به بیشترین میزان خود می‌رسد. با توجه به اینکه وضعیت پیشبرد کارکرد بسیج منابع در ایران مناسب نیست تأثیرگذاری شدید تحریم‌ها روی این کارکرد بسیار بیشتر نیازمند توجه است.



شکل ۴) میزان اثرات مثبت و منفی تحریم‌های بین‌المللی بر توسعه کارکردهای فناوری فتولتائیک در ایران

پس از آنکه نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنف مورد تأیید قرار گرفت ($P=۰/۰۵۹$) معنی‌داری نظرات پاسخ‌دهندگان در خصوص اثرات مثبت و منفی تحریم‌ها از طریق آزمون T با سطح اطمینان ۹۵ درصد بررسی شد. فرضیه‌ها به این صورت بوده که مقادیر میانگین پاسخ‌ها بیش از

جدول ۶) مهم ترین نکات مطرح شده توسط خبرگان در خصوص اثرات تحریم‌ها

کارکرد	خبره ۱	خبره ۲	خبره ۳	خبره ۴	خبره ۵
تولید دانش	حتی برخی دوستان من برای اخذ پذیرش در دانشگاه‌های خارجی هم با مشکل مواجه شدند	پروژه‌های مشترک بین‌المللی در زمان تحریم به سختی انجام می‌شد و پس از برجام کمی بهتر شد	تحریم‌ها مانع توسعه همکاری‌های بین‌المللی است	کمبود پروژه‌های مشترک بین‌المللی مهم‌ترین اثر تحریم‌ها است	مشکلی برای تبادلات نظری وجود ندارد اما مهارت فنی در عمل و همکاری منتقل می‌شود
کارآفرینی	شرکت‌های خارجی برای فروش محصول، نگران جریمه شدن هستند	به دلیل مشکلات مالی، همکاری‌های بین‌المللی دشوار است	مشکل در واردات فناوری، کارآفرینی را با مشکل مواجه می‌کند	واردات مواد اولیه با مشکل مواجه است	برای واردات قطعات باید هزینه‌های اضافی کرد
هدایت تحقیق	تحریم، توجه به همکاری‌های بین‌المللی را کاهش می‌دهد	مشکل خاصی وجود ندارد	کاهش بودجه به دلیل تحریم، مشوق‌ها را کم می‌کند	استفاده از پتانسیل‌های بین‌المللی در برنامه‌ریزی‌ها دیده نمی‌شود؛ فرآیند گرفتن استاندارد را سخت می‌کند	فضای بین‌المللی به صورت محدود و جزیره‌ای دیده می‌شود
بازارسازی	در این زمینه به نظرم مشکلی از سمت تحریم نیست	مشکل در تبادلات مالی، بیشترین اثر را دارد	مهم‌ترین اثر تحریم، تبادلات مالی است	مشکل خاصی وجود ندارد	فعالاً اثر تحریم‌ها موضوعیت ندارد
بسیج منابع	استفاده از منابع مالی بین‌المللی با مشکل مواجه است	سرمایه‌گذاری خارجی در زمان تحریم محدود بود	تحریم، سرمایه‌گذاری خارجی را دچار مشکل می‌کند	نمی‌توان به استفاده از منابع مالی بین‌المللی امید داشت	سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی کم‌رنگ می‌شود البته مشکلات داخلی نیز اهمیت زیادی دارند
مقبولیت	در این زمینه تحریم مشکلی ایجاد نمی‌کند	مشکل خاصی برای این کارکرد ایجاد نمی‌شود	مشکل خاصی وجود ندارد	مشکل خاصی وجود ندارد	مشکل خاصی وجود ندارد
منافع جانبی	اقتدار بین‌المللی را کاهش می‌دهد	سرعت رشد فناوری را کاهش می‌دهد	از نظر من مشکلی ایجاد نمی‌شود	پویایی کارکردها کاهش می‌یابد	با کاهش سرعت توسعه فناوری، از منافع جانبی آن کمتر می‌توان استفاده کرد

اصولی معضل فوق تلقی می‌شود اما تحریم‌ها نیز تا حدودی در این زمینه دارای نقش منفی هستند. شرکت‌های فعال در عرصه فناوری فتوولتائیک در ایران هنوز نمی‌توانند به کشورهای خارجی و به ویژه کشورهای همسایه، به عنوان یک بازار نگاه کنند چرا که کیفیت مازول‌های تولیدشده در ایران هنوز پائین است و استانداردهای لازم نیز گرفته نشده است. زمانی که شرکت‌ها بتوانند صادرات انجام دهند تحریم‌های بین‌المللی در زمینه تبادلات مالی می‌تواند دردسرساز شود و اثر منفی بر پیشبرد کارکرد «بازارسازی» داشته باشد. صادرات برق تولیدی توسط نیروگاه‌های فتوولتائیک به کشورهای همسایه، یکی از گزینه‌های اخیراً مطرح شده است. در مورد کارکرد «بسیج منابع» باید گفت که فضای تحریم‌های بین‌المللی علیه

تحویل محصول و دریافت پول نیز خارج از ایران باشد کاهش ابهام در فضای فناوری به کندی پیش می‌رود که این امر، پیشبرد کارکرد «تجارب کارآفرینانه» را با مشکل مواجه می‌کند. مهم‌ترین اثر تحریم‌ها بر کارکرد «هدایت تحقیق»، تغییر نگرش نسبت به همکاری‌های بین‌المللی است. نخست اینکه اهمیت همکاری‌های بین‌المللی را در دیدگاه بازیگران مختلف کاهش می‌دهد و دیگر اینکه به جای تمرکز بر جهانی شدن و قرار گرفتن در زنجیره جهانی ارزش، صرفاً همکاری‌های جداگانه بین‌المللی در نظر گرفته می‌شود. اثر دیگر تحریم‌ها در زمینه هدایت تحقیق، مربوط به ایجاد مشکل در ارتباط شرکت‌های داخلی با شرکت‌های خارجی ارائه‌دهنده استاندارد است. اگر چه عملکرد ضعیف خود شرکت‌ها برای ایجاد این ارتباط، دلیل

به صورت مستقیم و غیرمستقیم، ارتباطات فراملی و پیوندهای بین‌المللی را دچار مشکل کرده و در نتیجه اثرات منفی و مثبتی بر توسعه نظام نوآوری خواهند داشت.

در این مقاله با یک مطالعه موردی، پس از بررسی وضعیت پیشبرد کارکردهای نظام نوآوری فتوولتائیک در ایران، چگونگی اثرگذاری تحریم‌های بین‌المللی بر توسعه آن مورد ارزیابی قرار گرفته که در ادامه، یافته‌ها و نتایج پژوهش به تفکیک هر یک از کارکردها ارائه می‌شود:

⊕ کارکرد تولید و انتشار دانش

میزان پیشبرد این کارکرد نسبتاً خوب بوده (۵۷٪) اما هنوز دانش کافی در زمینه تولید مواد اولیه ایجاد نشده است. بیشترین اثر منفی تحریم‌ها در این کارکرد مربوط به توسعه پروژه‌های مشترک بین‌المللی است. سبک نوآوری در فتوولتائیک، علم و فناوری است و در نتیجه بخش عمده‌ای از دانش به صورت مدون‌شده از طریق تبادلات علمی و انجام پروژه‌های مشترک، قابل انتقال است اما تحریم‌های بین‌المللی مانع آن می‌شود که این کار به سهولت انجام شود و در نتیجه، توسعه دانش باید با هزینه‌های بالاتر به صورت داخلی و با اتکاء بیشتر بر توان بومی انجام گیرد.

⊕ کارکرد تجارب کارآفرینانه

میزان پیشبرد این کارکرد در چند سال گذشته با استفاده از واردات فناوری و توسعه نیروگاه‌های فتوولتائیک بهبود یافته و در حال حاضر خوب است (۵۶٪). واردات فناوری و مواد اولیه به دلیل تحریم‌های بین‌المللی با مشکل مواجه است و مهم‌ترین مشکل نیز فضای یخ‌زده است.

⊕ کارکرد هدایت تحقیق

چشم‌انداز و اهداف در حوزه فناوری فتوولتائیک تعیین شده و میزان پیشبرد این کارکرد هم نسبتاً خوب ارزیابی شده است (۵۴٪) اما از نظر خبرگان، ابزارهای سیاستی باید توسعه یابند و برنامه‌های تشویقی نیز باید به‌روزرسانی شوند. همچنین نیاز به هماهنگی بیشتری میان بازیگران مختلف این حوزه است. گرچه از جنبه آماری، اثر منفی تحریم‌ها بر روی این کارکرد تأیید نشده اما به زعم برخی خبرگان، مهم‌ترین اثر تحریم‌ها بر کارکرد هدایت تحقیق از این زاویه است که نگاه به بُعد بین‌المللی را محدود و باعث می‌شود فضای بین‌المللی به صورتی مجزا و نه در قالب یک زنجیره جهانی دیده شود که در

ایران باعث می‌شود تمایل به سرمایه‌گذاری در ایران به شدت کاهش یابد و کشور نتواند از منابع مالی بین‌المللی و سرمایه‌گذاری‌های مستقیم خارجی به خوبی استفاده کند زیرا در اثر تحریم‌ها هم سازوکارهای تبادلات مالی دچار مشکل شده و هم فضای عدم اطمینان و یخ‌زده ایجاد می‌شود. البته این شرایط پس از توافق «برجام» اندکی بهبود یافت و سرمایه‌گذاری‌هایی نیز در ایران انجام شد. تحریم‌ها تأثیر خاصی بر روی کارکرد «مقبولیت» نداشته‌اند اما باعث شده‌اند که پویایی بین کارکردها و سرعت توسعه فناوری کم شود و به تبع آن «منافع جانبی» فناوری در سطح بین‌المللی کاهش یابد یعنی فناوری، بخشی از قابلیت خود برای ایجاد اقتدار در سطح بین‌المللی را از دست می‌دهد.

۵- نتیجه‌گیری

فرآیندهای جهانی شدن و تغییرات فناورانه در سال‌های گذشته به طور متقابل بر هم اثر گذارده و یکدیگر را توسعه داده‌اند. از آنجا که جهانی شدن، فرصت‌های بی‌شماری را برای اشتراک دانش، فناوری، ارزش‌های اجتماعی، هنجارهای رفتاری و توسعه در سطوح مختلف به وجود می‌آورد شرکت‌ها برای دسترسی به طیف متنوع‌تری از منابع دانش، وارد همکاری‌های بین‌المللی می‌شوند [۳۶]. محققین حوزه نظام‌های نوآوری نیز به این موضوع مهم توجه کرده و به ویژه در سال‌های اخیر تلاش کرده‌اند تا بین‌المللی شدن نظام‌های نوآوری را مورد مطالعه قرار دهند. برای توسعه فناوری در کشورهای در حال توسعه، بین‌المللی شدن نظام‌های نوآوری ضرورت بیشتری پیدا می‌کند زیرا این کشورها به دلیل منابع دانش ملی محدود و ارتباطات داخلی ناقص، فرصت و یا شانس کمی برای ایجاد نظام‌های نوآوری خودشان بر مبنای منابع داخلی را دارند و برای توسعه نظام‌های نوآوری نیاز بیشتری به پیوندهای بین‌المللی دارند [۲۰]. فضای بین‌المللی اما ممکن است در مواردی محدودیت‌هایی را نیز برای کشورها ایجاد کند [۲۷].

ایران به عنوان کشوری در حال توسعه، عزم خود را بر فرارسی^۱ با کشورهای صنعتی بنا نهاده اما یکی از عوامل مهمی که بر توسعه نظام‌های نوآوری در ایران اثرگذار بوده مسئله تحریم‌های بین‌المللی علیه کشورمان است چرا که این تحریم‌ها

⊕ کارکرد مقبولیت

میزان پیشبرد کارکرد مقبولیت، خوب ارزیابی شده (۵۴٪) و تقریباً همه ذینفعان، اهمیت این فناوری را پذیرفته‌اند اگر چه گاهی اوقات فناوری فتوولتائیک در اولویت‌بندی‌ها جایگاه مناسبی پیدا نمی‌کند. از نظر خبرگان، تحریم‌های بین‌المللی مشکل خاصی برای پیشبرد این فناوری ایجاد نکرده و به لحاظ آماری نیز اثر منفی تحریم بر روی این کارکرد رد شده است.

⊕ کارکرد منافع جانبی

از آنجا که توسعه فناوری فتوولتائیک کمک مهمی به توسعه دانش‌های بنیادی می‌کند و همچنین از سوی دیگر موجب توسعه مناطق روستایی می‌شود میزان پیشبرد منافع جانبی این فناوری نسبتاً خوب (۵۱٪) ارزیابی شده است. مهم‌ترین اثر تحریم‌ها بر روی این کارکرد این است با کاهش سرعت توسعه فناوری، امکان بهره‌مندی از منافع جانبی در سطح بین‌المللی همچون اقتدار سیاسی کاهش می‌یابد.

نتیجه نمی‌توان از مزایای زنجیره جهانی ارزش همچون ارتقاء به خوبی استفاده کرد. به عنوان مثال در تصویب سند «راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی» که در سال ۱۳۹۴ به انجام رسید [۳۷] مدل TIS مورد استفاده قرار گرفته لیکن این سند فاقد ابعاد بین‌المللی است و اگر چه همکاری‌های بین‌المللی ذیل بخش اقدامات آورده شده اما در آن، نگاهی یکپارچه و منسجم به بُعد فراملی نظام نوآوری فناورانه و همچنین زنجیره جهانی ارزش وجود ندارد.

⊕ کارکرد بازاریابی

میزان پیشبرد کارکرد بازاریابی نزدیک به متوسط ارزیابی شده است (۴۵٪). با وجود اینکه اقدامات بسیار خوبی در زمینه توسعه بازار فتوولتائیک از جمله خرید تضمینی برق توسط دولت انجام شده اما به دلیل پائین بودن قیمت برق در ایران، هنوز نیازمند توجه بیشتر و افزایش کارایی مشوق‌های موجود است. مهم‌ترین اثر منفی تحریم‌ها بر کارکرد بازاریابی، در زمینه تبادلات مالی است زیرا صادرات را چه در خصوص پنل‌ها و چه در خصوص محصول نهایی یعنی برق با مشکل مواجه می‌کند.

⊕ کارکرد بسیج منابع

این کارکرد، پیشبرد نسبتاً ضعیفی داشته (۳۴٪) و مهم‌ترین دلایل ضعف آن نیز فقدان گرت‌های مالی و سرمایه‌های خطرپذیر داخلی و عدم دسترسی به منابع خارجی بوده است. از آنجا که فناوری فتوولتائیک در گروه فناوری‌های آزاد و بدون قید قرار می‌گیرد سرمایه‌گذاری بین‌المللی به راحتی در این حوزه انجام می‌شود و می‌توان با استفاده از ارتباطات و منابع بین‌المللی، در جهت توسعه این کارکرد، اقدام کرد. تحریم‌های بین‌المللی بیشترین اثر منفی را بر روی این کارکرد داشته‌اند زیرا به واسطه تحریم‌ها هم سازوکارهای تبادلات مالی دچار مشکل شده و هم فضایی از عدم اطمینان و یخزده ایجاد شده است. در خصوص ناتوانی ایران برای جذب منابع بین‌المللی، علاوه بر تحریم‌ها مشکلات دیگری نیز وجود دارند که در مصاحبه با خبرگان به برخی از آنها اشاره شده است. از جمله این موانع می‌توان به سوءمدیریت، عدم وجود هماهنگی لازم بین بخش‌های مختلف داخلی، اطلاع‌رسانی ناکافی، عدم ثبات در سیاست‌گذاری، عدم هماهنگی سیاست‌ها، مواضع خاص سیاسی و ... اشاره کرد.

References

منابع

- [1] National Energy Foresight project. (2016). **Report No. 7: International Roadmap for Photovoltaic Technology**. {In Persian}.
- [2] Kavyani, M. (2002). **Energy limitation and evaluation of potential solar Energy in Iran**. *Journal of the Faculty of Letters and Humanities (University of Isfahan)*, 30-31, 15-38. {In Persian}.
- [3] Ghaemirad, M., and Shahi, A. (2016). **Development of solar energy technologies in Iran: SWOT and DEMATEL methods**. *Journal of Energy Planning and Policy Research*, 2(5), 97-130. {In Persian}.
- [4] SATBA. (2018). **List of renewable power plants and parks built in the country**. Retrieved from: http://www.satba.gov.ir/suna_content/media/image/2018/11/6360_orig.pdf.
- [5] Zheng, C., & Kammen, D. M. (2014). **An innovation-focused roadmap for a sustainable global photovoltaic industry**. *Energy Policy*, 67, 159-169.
- [6] DiChristopher, T. (2018, 27 March). **SoftBank and Saudi Arabia are creating world's biggest solar power generation project**. Retrieved from <https://www.cnbc.com/2018/03/27/softbank-and-saudi-arabia-announce-new-solar-power-generation-project.html>
- [7] Azarbajejani, K., Tayebi, S. K. and Safadargiri, H. (2015). **The effect of economic sanctions of US and EU on bilateral trade flows between Iran and its major trading partners: An application of gravity model**. *Journal of Economic Research*, 112, 539-562. {In Persian}.
- [8] Ezzati, M., and Salmani, Y. (2015). **Estimating the effect of economic sanctions on Iran's economic growth**. *Basij strategic studies quarterly*, 67, 69-102. {In

- (2015). **Combining the Global Value Chain and the Innovation System perspectives.** *Aalborg University, Department of Business and Management, IKE/DRUID*, Denmark.
- [25] Gosens, J., & Lu, Y. (2013). **From lagging to leading? Technological innovation systems in emerging economies and the case of Chinese wind power.** *Energy Policy*, 60, 234-250.
- [26] Bento, N., & Fontes, M. (2015). **Spatial diffusion and the formation of a technological innovation system in the receiving country: The case of wind energy in Portugal.** *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 15, 158-179.
- [27] Gosens, J., Lu, Y., & Coenen, L. (2015). **The role of transnational dimensions in emerging economy 'Technological Innovation Systems' for clean-tech.** *Journal of Cleaner Production*, 86, 378-388.
- [28] Vasseur, V., Kamp, L. M., & Negro, S. O. (2013). **A comparative analysis of Photovoltaic Technological Innovation Systems including international dimensions: the cases of Japan and The Netherlands.** *Journal of cleaner production*, 48, 200-210.
- [29] Binz, C., & Truffer, B. (2011). **Technological innovation systems in multi-scalar space.** *Geographica Helvetica*, 66(4), 254-260.
- [30] Binz, C., Truffer, B., & Coenen, L. (2014). **Why space matters in technological innovation systems — mapping global knowledge dynamics of membrane bioreactor technology.** *Research Policy*, 43(1), 138-155.
- [31] Bergek, A., Hekkert, M., Jacobsson, S., Markard, J., Sandén, B., & Truffer, B. (2015). **Technological innovation systems in contexts: Conceptualizing contextual structures and interaction dynamics.** *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 16, 51-64.
- [32] Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., & Rickne, A. (2008). **Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis.** *Research policy*, 37(3), 407-429.
- [33] Miremadi, T. (2014). **Comprehensive Explanation of the Security Concept.** Scientific Report of the Research Project commissioned by the Vice-Presidency for Science and Technology. Tehran: *Iranian Organization of Scientific and Technology*. {In Persian}.
- [34] Miremadi, T., and Rahimirad, Z. (2015). **Ex-Ant Evaluation of Impacts of JCAP and SC Resolution 2231 on Process of Technology Development in Iran.** *Science Cultivation Journal*, 5(2), 40-47. {In Persian}.
- [35] Hekkert, M., Negro, S., Heimeriks, G., & Harmsen, R. (2011). **Technological innovation system analysis. A manual for analysts.** *Utrecht University*.
- [36] Sachwald, F. (2008). **Location choices within global innovation networks: the case of Europe.** *The Journal of Technology Transfer*, 33(4), 364-378.
- [37] Power Research Institute. (2015). **National Strategy Plan and Roadmap for Developing Solar Energy Technologies.** 1077 pages. {In Persian}.
- Persian}.
- [9] Kazerooni, S. A., Asgharpour, H., and Khezri, A. (2016). **The impact of economic sanctions on the composition of major trade partners of Iran (1992-2013).** *Iranian Journal of Trade Studies*, 79, 1-34. {In Persian}.
- [10] Yang, J., Askari, H., Forrer, J., & Teege, H. (2004). **US economic sanctions: An empirical study.** *The International Trade Journal*, 18(1), 23-62.
- [11] Roopchand, K. (2010). **Examining the Effects of Trade Sanctions on Iran through the Gravity Model.** Doctoral dissertation, Brandeis University.
- [12] Akbarifard, H., Alaei, R., & Jalali, O. (2014). **Investigating the effect of Security Council comprehensive sanctions on Iran's regional integration with members of eco and d8 blocs.** *Indian j. Sci. Res*, 4(6) 440-449.
- [13] Fakhari, H., Salmani, D., and Daraei, M. R. (2013). **The impact of Economic Sanctions on the Knowledge Based Companies in Iran.** *Journal of Science and Technology Policy*, 5(3), 1-16. {In Persian}.
- [14] Saeidnia, S., and Abdollahi, M. (2013). **Consequences of International Sanctions on Iranian Scientists and the Basis of Science.** *Hepat Mon*, 13(9), e14843.
- [15] Forghani, A., Sa'edpanah, B., and Akhoundi, A. (2013). **An Introduction on the development of solar power plant roadmap in Iran.** *Journal of Industrial Technology Development*, 21, 87-106. {In Persian}.
- [16] Zhang, F., & Gallagher, K. S. (2016). **Innovation and technology transfer through global value chains: Evidence from China's PV industry.** *Energy Policy*, 94, 191-203.
- [17] Binz, C., & Truffer, B. (2017). **Global Innovation Systems—A conceptual framework for innovation dynamics in transnational contexts.** *Research Policy*, 46(7), 1284-1298.
- [18] Zheng, C., & Kammen, D. M. (2014). **An innovation-focused roadmap for a sustainable global photovoltaic industry.** *Energy Policy*, 67, 159-169.
- [19] Carvalho, M., Dechezleprêtre, A., & Glachant, M. (2017). **Understanding the dynamics of global value chains for solar photovoltaic technologies.** *World Intellectual Property Organization Economic Research Working Paper*, (40).
- [20] Ernst, D. (2002). **Global production networks and the changing geography of innovation systems. Implications for developing countries.** *Economics of innovation and new technology*, 11(6), 497-523.
- [21] Carlsson, B. (2006). **Internationalization of innovation systems: A survey of the literature.** *Research policy*, 35(1), 56-67.
- [22] Pietrobelli, C., & Rabellotti, R. (2008). **Innovation systems and global value chains.** *IV Globelics Conference at Mexico City*.
- [23] Martínez-Noya, A., & García-Canal, E. (2014). **International evidence on R&D services outsourcing practices by technological firms.** *The Multinational Business Review*, 22(4), 372-393.
- [24] Jurowetzki, R., Lundvall, B. A., & Lema, R.

The Assessment of International Sanctions on Photovoltaic Innovation System of Iran

**MohammadJavad Dehghan Ashkezari¹,
Tahereh Miremadi^{2*},
Ghasem Ramezanpour Nargesi³**

- 1- Ph.D. Candidate on Science and Technology Policy Making, IROST, Tehran, Iran
2- Associate Professor, Faculty of Modern Technologies Studies, IROST, Tehran, Iran
3- Assistant Professor, Faculty of Modern Technologies Studies, IROST, Tehran, Iran

Abstract

The sanctions against Iran have affected the country in many respects, but most of the assessments carried out so far have been in the field of trade and economics and a few studies have examined the impact of sanctions on science and technology. The purpose of this study was to assess the impact of international sanctions on the development of the photovoltaic technological innovation system in Iran. The evaluation framework of this paper is innovatively based on the theories of internationalization of the technological innovation system. 32 respondents answered the questionnaire and then semi-structured interviews were conducted with 5 experts. The results of the evaluation show that international sanctions have significant effects on most of the functions of the photovoltaic innovation system. The "resource mobilization" function has been weakened more than other functions due to sanctions. Also in "research guidance" function, international sanctions have led to a narrower attitude to the transnational dimension and the global integration and

coordination are not considered in fulfilment of functions and there is no look at the status of the country in the global value chain.

Keywords: Sanction, Technological Innovation System, Internationalization, International Dimension, Photovoltaic

* Corresponding author: tamiremadi@yahoo.com