شناسایی و بررسی موانع گذار اجتماعی- فنی به سیستم‌های خورشیدی فتوولتاییک با تأکید بر رژیم برق فسیلی

زهره رحیمی‌راد*[۱]
محمود یحیی‌زاده‌فر[۲]
طاهره میرعمادی[۳]
مهرداد مدهوشی[۴]

چکیده:

با وجود پتانسیل بسیار بالای ایران در تولید برق از سیستم‌های خورشیدی فتوولتاییک، انتشار این سیستم‌ها بسیار کند است. پژوهش حاضر که در بازه زمانی ۱۳۹۷-۱۳۹۵ صورت گرفته، با ترکیب رویکردهای چند سطحی و نظام نوآوری فناورانه، در پی شناسایی و بررسی موانعی برآمده که رژیم اجتماعی – فنی برق فسیلی ایران در بستر تاریخی و فرهنگی خود موجبات عدم گذار به سیستم‌های خورشیدی فتوولتاییک را فراهم آورده‌اند. بدین منظور، در مرحله نخست ابتدا پس از مرور ادبیات، مصاحبه با خبرگان و سپس تحلیل مضمون داده‌های حاصله، موانع گذار با تأکید بر رژیم شناسایی شدند و سپس از تکنیک دلفی فازی جهت آزمون نتایج و خبره سنجی استفاده گردید که درنهایت ۱۰ مانع در ۴ دسته اقتصادی، نهادی، سیاسی و فنی طبقه‌بندی شدند که می‌توان به کنترل بازار توسط رژیم حاکم، به‌کارگیری استراتژی‌های گفتمانی، تنظیم مقررات و استانداردها در تثبیت رژیم حاکم، سرمایه‌گذاری عظیم در توزیع و استخراج نفت و گاز و ... اشاره کرد. در مرحله دوم نیز مصاحبه با خبرگان و استفاده از روش تحلیل و توسعه گزینه‌های استراتژیک (سودا) مشخص کرد که این موانع بیشترین تأثیر را بر کارکردهای تخصیص منابع، مشروعیت بخشی و جهت‌دهی به سیستم داشته‌اند. در نهایت نیز تعدادی سازوکار برای غلبه بر این موانع پیشنهاد گردید.

واژه‌های کلیدی:

رژیم اجتماعی- فنی، نیچ، نظام نوآوری فناورانه، سیستم‌های خورشیدی فتوولتاییک، برق فسیلی.

---

۱ . دانشجوی دکتری، سیاست‌گذاری علم و فناوری، دانشگاه مازندران، مازندران.
* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: Zrahimi.rad@gmail.com
۲ . عضو هیئت‌علمی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، مازندران.
۳ . عضو هیئت‌علمی، پژوهشکده مطالعات فناوری‌های نوین، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران.
۴ . عضو هیئت‌علمی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، مازندران.

مقدمه

پیش‌بینی‌های جهانی تخمین زده‌اند که انتشار گازهای گلخانه‌ای کشورهای درحال‌توسعه و یا در حال ظهور در دهه‌های آتی حتی فراتر از کشـــورهای توسعه‌یافته خواهد بود (اداره اطلاعات انرژی آمریکا[1]، ۲۰۱۳)؛ بنابراین گذار[2] به سمت توسعه کم‌کربن چالشی است که به‌شدت برای کشورهای درحال‌توسعه ضروری است و یکی از راهکارهای مطرح آن نیز استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر است. در این راستا یکی از اهداف ایران در زمینه انرژی تجدید پذیر احداث ۵۰۰۰ مگاوات نیروگاه تجدید پذیر طی برنامه ششـــم توسعه است. تا زمان نگارش این مقاله ظرفیت فعلی نیروگاه‌های تجدید پذیر کشور تنها ۵۲۷ مگاوات اعلام شـــده (اردکانیان،۱۳۹۷) که دراین‌بین طبق آمار کارشناســـان سازمان ساتبا سهم تولید نیروگاه‌های فتوولتاییک کشـــور ۵۳,۲ مگاوات اســـت و این در حالی است که به‌طور بالقوه ایران یکی از بهترین مناطق برای اســـتفاده از انرژی خورشـــیدی به‌عنوان یک انرژی تجدید پذیر است[3]. این آمار و شـــواهد به‌خوبی نشان می‌دهد ایران به‌عنوان یک کشـــور صادرکننده نفت دچار معضل قفل‌شدگی کربنی[4] آن‌هم از نوع مضاعف اســـت، زیرا نه‌تنها از نظر فناوری انرژی، دارای پدیده قفل‌شدگی فناورانه وابســـتگی به انرژی‌های فســـیلی است، بلکه این قفل‌شدگی در سطح نهادی پذیرش انرژی‌های پاک و تجدید پذیر نیز مشاهده می‌شود (میرعمادی و رحیمی‌راد،۱۳۹۶) و باآنکه در حال حاضر برای حمایت از توسعه انرژی‌های تجدید پذیر ابزارهای سیاستی متنوعی چون قیمت‌گذاری بر کربن، خرید تضمینی برق، اســـتانداردهای پورتفولیو ســـبد انرژی تجدید پذیر، یارانه‌های مســـتقیم، پژوهانه‌های تحقیقاتی، قوانین قیمت‌گذاری، معافیت‌های مالیاتی، الزامات جیره‌بندی و غیره در سیاســـت‌گذاری کشـــورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه استفاده می‌شود (نجات و همکاران[5]،۲۰۱۳)، در ایران به‌استثنای ابزارهای تشویقی تحقیق و توسعه دانشگاهی، خرید تضمینی برق و تصویب طرح دریافت عوارض تجدید پذیر، ابزار سیاستی مؤثر و هدفمندی یافت نمی‌شود.

1 . US Energy Information Administration

2 . Transition

۳ . بـــا توجـــه به اســـتانداردهای بین‌المللی اگر میانگین انرژی تابشـــی خورشـــید در روز بالاتر از ۳.۵ کیلووات ســـاعت در مترمربع (۳۵۰۰ وات/ ساعت) باشد استفاده از مدل‌های انرژی خورشیدی نظیر سیستم‌های فتوولتائیک بسیار اقتصادی و مقرون‌به‌صرفه اســـت. متوسط تابش خورشـــید در ایران ۴,۵ تا ۵,۵ کیلووات ساعت در مترمربع است به‌طوری‌که ۳۰۰ روز آفتابی در دو ســـوم مســـاحت ایران وجود دارد. علاوه بر این، یک ارزیابی در سطح کشور نشان می‌دهد که در ۸۰ درصد از سرزمین ایران، تابش خورشید بین ۱۶۴۰ تا ۱۹۷۰ کیلووات ساعت در مترمربع در سال می‌رسد (سایت ساتبا، ۱۳۹۶).

4 . Carbon-lock in

5 . Nejat et al.

چندین چارچوب در حال حاضر برای بررسی فرآیند گذار وجود دارد؛ مانند مدیریت گذار[1] (کمپ و همکاران[2]،۱۹۹۸؛ روتمنس و همکاران[3]،۲۰۰۱؛ لورباچ[4]،۲۰۱۰)، مدیریت استراتژیک نیچ[5] (کمپ و همکاران، ۱۹۹۸؛ اسمیت[6]،۲۰۰۷؛ راون و گیلز[7]،۲۰۰۷)، رویکرد چند سطحی[8] (گیلز، ۲۰۰۲، ۲۰۰۵)، گذار اجتماعی-فنی (گیلز،۲۰۰۲؛ گیلز و شات،۲۰۰۷؛ اسمیت و همکاران[9]،۲۰۱۰)، بااین‌حال، بسیاری از این چارچوب‌ها بر اساس مطالعات موردی در کشورهای توسعه‌یافته ایجاد شده است (ایزوکا[10]،۲۰۱۵). ازاین‌رو، آن‌ها کمتر به چالش‌های مختلف موجود در کشورهای درحال‌توسعه، مانند وابستگی به مسیر، سطح پایین توانمندی (ظرفیت فناوری و جذب[11])، حضور منافع توسعه رقابتی (رشد اقتصادی در برابر پایداری)، وجود زیرساخت‌های ضعیف (فیزیکی، نهادی) و ... پرداخته‌اند (ایزوکا،۲۰۱۵)؛ بنابراین استفاده از چارچوب‌های فوق برای کشورهای درحال‌توسعه، نیازمند درک بیشتر از الگوی ویژه گذار در کشورهای درحال‌توسعه است و به‌طورکلی پژوهش درباره گذار در کشورهای درحال‌توسعه نیاز به بازاندیشی دارد (وایزروک[12]،۲۰۱۷). فلذا هدف این مقاله رمزگشایی از موانعی است که در بستر تاریخی و فرهنگی ایران به‌عنوان یک کشور درحال‌توسعه و تولیدکننده نفت منجر به معضل قفل‌شدگی کربنی آن شده است و نیت از این رمزگشایی کمک به بازیگران، نهادها و شبکه‌هایی است که در عرصه فناوری فتوولتاییک خورشیدی به‌عنوان کارآفرین، فناور، نوآور، تولیدکننده و پژوهشگر فعالیت دارند و با وجود همت زیاد، بسیار کمتر موفق شده‌اند که سیاست‌های حمایتی را به‌پیش ببرند؛ بنابراین در این پژوهش به تحلیل فناوری فتوولتاییک خورشیدی به‌عنوان نیچ و رژیم برق فسیلی به‌عنوان رژیم اجتماعی- فنی حاکم پرداخته شده و همچنین از رویکرد نظام نوآوری فناورانه[13] به‌منظور تحلیل نیچ استفاده شده است (در بخش چارچوب نظری به دلایل چگونگی ترکیب این دو رویکرد پرداخته می‌شود). به‌طور

1 . Transition management
2 . Kemp et al.
3 . Rotmans et al.
4 . Loorbach
5 . Strategic niche management
6 . Smith
7 . Raven and Geels
8 . Multi-level perspective(MLP)
9 . Smith et al.
10 . Iizuka
11 . Technological and absorptive capacity
12 . Wieczorek
13 . Technological innovation system(TIS)

خلاصه این تحقیق در پی آن است تا پس از مرور ادبیات، مصاحبه با خبرگان و به‌کارگیری تکنیک‌های تحلیل مضمون و دلفی فازی به شناسایی موانع گذار اجتماعی- فنی به سیستم‌های خورشیدی فتوولتاییک با تأکید بر رژیم برق فسیلی بپردازد. سپس با استفاده از روش ساخت دهی مسئله با رویکرد تحلیل و توسعه گزینه‌های استراتژیک (سودا[1]) مشخص کند هر یک از این موانع منجر به ضعف در کدام‌یک از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه شده است.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در این بخش به ادبیات پژوهش در دو بخش چارچوب چند سطحی و نظام نوآوری فناورانه پرداخته می‌شود.

چارچوب چند سطحی

نظریه گذار نظام اجتماعی- فنی، نوآوری را در سطح جامعه انسانی مطرح می‌کند و طبق آن فناوری و مصنوعات صنعتی مستقیماً نمی‌توانند کارکردهای اجتماعی داشته باشند بلکه تنها در مجاورت عناصر انسانی و نهادهای اجتماعی است که می‌توانند کارکردهای مورد اشاره در نظریات نوآوری را داشته باشند. بنابراین نقطه عزیمت مطالعه باید انسان‌ها و روابط اجتماعی آنان و نه مصنوعات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری فناورانه[2] باشد، زیرا در موقعیت‌های زندگی واقعی (در خانه، محل کار و کارخانه‌ها) ما هرگز با مصنوعات به‌صورت تجریدی روبرو نیستیم بلکه همیشه با آن‌ها در بستر زمینه‌های اجتماعی تعامل می‌کنیم (گیلز،۲۰۰۵). بنابراین واحد تحلیل مناسب ترکیب و تعامل بین امر فناورانه[3] و امر اجتماعی[4] است.

چارچوب چند سطحی، این گذارها را در سه سطح مختلف (دورنما[5]، رژیم اجتماعی-فنی و نیچ) توضیح می‌دهد (گیلز، ۲۰۰۲، ۲۰۰۵). مفهوم کلیدی این چارچوب، رژیم اجتماعی- فنی است، ریپ و کمپ (۱۹۹۸) یک رژیم فناورانه را چنین تعریف می‌کند: " گرامر یا مجموعه قوانین ترکیب‌شده در پیچیدگی دانش‌های علمی، تجربه‌های مهندسی، فناوری‌های فرایند تولید، ویژگی‌های محصول، مهارت‌ها و رویه‌ها و نهادها و زیرساخت‌هایی که درمجموع یک فناوری را شکل می‌دهند". نیچ سطح

1 . SDOA
2 . Technological artifacts
3 . The Technical
4 . The Social
5 . Landscape

خرد این چارچوب را نشان می‌دهد که برعکس رژیم‌ها، فضاهای حمایت‌شده‌ای است که شکل‌بندی‌های اجتماعی- فنی در آن در حال شکل‌گیری است. این فضاها در حال تجربه‌اندوزی و توسعه و تکامل خود هستند. نیچها برعکس رژیم‌ها نه‌تنها خود قواعد بازی بازار را شکل نداده‌اند، بلکه قادر نیستند در برابر آن مقاومت کنند (گیلز، ۲۰۰۵؛ کمپ و همکاران، ۱۹۹۸).

جدول ۱- تمایزات مختلف قدرت

لوی و نیوول[1] (۲۰۰۲)	آولینو و روتمنس[2] (۲۰۰۹)	گرین[3] (۲۰۱۰)	کرن[4] (۲۰۱۱)	گیلز (۲۰۱۴)
مادی[5]	ابزاری[6]	ارتباطی[7] (تعاملات فوری بین بازیگران)	منافع[8]	ابزاری
گفتمانی[9]	گفتمانی	ذاتی[10] (مربوط به قوانین، منابع، ترجیحات بازیگران و تصاویر غالب)	ایده‌ها (گفتمان)	گفتمانی
سازمانی[11]	ساختارگرایی[12] (مادی و نهادی[13])	ساختاری (مربوط به ترتیبات گسترده‌تر از سلطه و مشروعیت)	نهادها	مادی
				نهادی

به‌عنوان‌مثال ژانگ و همکاران[14] (۲۰۱۴) با مطالعه مفهوم رژیم اجتماعی- فنی جهت شناسایی عواملی که مسیر توسعه انرژی خورشیدی را در چین ناپایدار ساخته به این نتیجه رسیده که مسیر توسعه به سمت گذار کم‌کربن تحت تأثیر طیف وسیعی از نیروهای سیاسی و اقتصادی است. به‌طورکلی بازیگران رژیم، به‌ویژه شرکت‌های معتبر و سیاست‌گذاران، با اعمال انواع قدرت‌ها می‌توانند در برابر تغییرات اساسی در زمینه گذار کم کربن، مقاومت کنند. جدول زیر با توجه به پژوهش‌های مختلف،

1 . Levy and Newell
2 . Avelino and Rotmans
3 . Grin
4 . Kern
5 . Material
6 . Instrumental
7 . Relational
8 . Interests
9 . Discourse
10 . Dispositional
11 . Organizational
12 . Structuralist
13 . Institutional
14 . Zhang et al.

یک دید کلی از تمایزات مختلف قدرت را در ارتباط با بحث گذار کم کربن ارائه داده است.

به‌عنوان‌مثال در دسته‌بندی گیلز (۲۰۱۴) قدرت ابزاری اشاره به قدرت بازیگرانی دارد که از منابعی چون جایگاه قدرت، پول، دسترسی به رسانه، کارکنان و قابلیت‌ها استفاده می‌کنند. بازیگران رژیم همچنین می‌توانند به روش استراتژی‌های گفتمانی نیز مقاومت کنند که زمانی می‌تواند قوی باشد که منجر به گفتمان‌های غالبی شود که نه‌تنها مسئله موردبحث (که دستور کار را مشخص می‌کند) را تعیین می‌کند بلکه چگونگی بحث پیرامون مسائل را هم مشخص می‌کند. بازیگران رژیم همچنین می‌توانند با استفاده از استراتژی‌های مادی از خود دفاع کنند و از قابلیت‌های فنی و منابع مالی برای بهبود بعد فنی رژیم‌های اجتماعی و فنی استفاده کنند. نوع چهارم مقاومت به قدرت نهادی گسترده مربوط می‌شود که در فرهنگ‌های سیاسی، ایدئولوژی و ساختارهای حاکمیتی قرار دارد.

بنابراین با توجه به مسئله مقاومت رژیم‌ها، اخیراً مطالعات به این سمت گرایش پیدا کرده که چگونه می‌توان رژیم حاکم را بی‌ثبات کرد، به‌عنوان‌مثال هس[1] (۲۰۱۶) با تجزیه‌وتحلیل چهار مطالعه موردی در حوزه انرژی خورشیدی در ایالات‌متحده نشان داد که سازمان‌های نیچ از طریق سه مکانیسم می‌توانند بر قدرت سیاسی سازمان‌های رژیم غلبه کنند: تشکیل ائتلاف‌ها با احزاب سیاسی که از فناوری‌های نیچ پشتیبانی می‌کنند، کسب حمایت سازمان‌های صنعتی با قدرت برابر و تشکیل ائتلاف با جنبش‌های اجتماعی برای بسیج کردن اعتراضات و درخواست‌های سیاسی. به‌طورکلی همان‌گونه که در مقدمه نیز بیان گردید علی‌رغم پیشرفت‌ها در این حوزه، کمتر مطالعه‌ای (از جمله وایزروک، ۲۰۱۷) اختصاصاً به مسئله گذار و خاصه موانع آن در کشور ما و به‌طورکلی کشورهای نفت‌خیز و درحال‌توسعه پرداخته است که این پژوهش سعی کرده به این حوزه بپردازد.

نظام نوآوری فناورانه

چارچوب سیستم‌های نوآوری به‌طور فزاینده‌ای به‌عنوان یک ابزار تحلیلی برای بررسی و تأثیرگذاری بر سرعت و جهت نوآوری مورد استفاده قرار گرفته است. دیدگاه‌های زیادی در مورد سیستم‌های نوآوری مختلف، از جمله سیستم‌های نوآوری ملی، منطقه‌ای، بخشی و فناورانه توسعه یافته است. تنوع این روش‌ها عمدتاً به تعریف سیستم‌ها و هدف تجزیه‌وتحلیل برمی‌گردد (ادکویست[2]، ۲۰۰۴؛ مارکارد و تروفر[3]، ۲۰۰۸).

1 . Hess
2 . Edquist
3 . Markard & Truffer

هکرت و همکاران[1] (۲۰۰۷) و نگرو و همکاران[2] (۲۰۰۸) استدلال کرده‌اند که با توجه به تعداد زیاد بازیگران در سیستم نوآوری ملی، منطقه‌ای و بخشی، تمرکز تحلیلی این نظام‌ها اغلب بر روی ساختارهاست. این نوع تحلیل منجر به بینش‌های محدودی پیرامون پویایی‌های سیستم‌های نوآوری می‌شود. نقدهای دیگر به چارچوب سیستم‌های نوآوری عبارت‌اند از: کاربرد کمتر در تحلیل سطح خرد، مشخص نبودن مرز سیستم (هکرت و همکاران،۲۰۰۷؛ رادوسویچ[3]، ۱۹۹۸)؛ اما نظام نوآوری فناورانه علی‌رغم دارا بودن ویژگی‌های مشترک با سایر رویکردهای نظام نوآوری، دارای دو ویژگی متمایزکننده از آن‌هاست که عبارت‌اند از:

- تأکید بر نقش شایستگی اقتصادی: به معنی توانایی در توسعه و بهره‌برداری از فرصت‌های جدید کسب‌وکار. بر این اساس، بهره‌برداری و ترکیب دانش‌های موجود جز جدایی‌ناپذیر نوآوری فناورانه است. در حقیقت برخلاف سایر رویکردها که تفکری کلان از نوآوری داشتند، این ویژگی بر اهمیت نیروهای کارآفرین به‌عنوان منابع نوآوری تأکید دارد.
- تأکید جدی بر پویایی سیستم: تمرکز بر اقدام کارآفرینانه، پژوهشگران حوزه نظام نوآوری فناورانه را تشویق به نگریستن به آن به‌عنوان چیزی کرده که با گذر زمان ایجاد می‌گردد (سورس[4] و هکرت،۲۰۰۹).

تعدادی از محققین حوزه نظام‌های نوآوری فناورانه به تعریف اجزای ساختاری این نظام از دیدگاه خود پرداخته‌اند و به اجزای مشترکی چون بازیگران، نهادها، شبکه‌ها، زیرساخت‌ها و فناوری اشاره کرده‌اند (کارلسون و استانکویز،۱۹۹۱؛ وایزروک و هکرت[5]،۲۰۱۲؛ جاکوبسن و جانسون[6]،۲۰۰۰)؛ اما ازآنجایی‌که تنها با تحلیل ساختاری نظام‌های اجتماعی- فنی نمی‌توان تغییرات فناورانه را تحلیل کرد، این رویکرد باید فراهم آورنده چارچوبی برای تحلیل کارکردی نظام‌های اجتماعی- فنی باشد. محققان تاکنون کارکردهای مختلفی را با توجه به دسته‌بندی خود برای نظام‌های نوآوری فناورانه شناسایی کرده‌اند (سورس و هکرت،۲۰۰۹؛ هکرت و همکاران،۲۰۰۷؛ برگک و همکاران[7]،۲۰۰۸؛ نگرو و همکاران[8]،۲۰۰۹). به‌عنوان‌مثال سورس (۲۰۰۹) کارکردها را به ۷ دسته فعالیت‌های کارآفرینانه، خلق

1 . Hekkert et al.
2 . Negro et al.
3 . Radosevic
4 . Suurs
5 . Wieczorek & Hekkert
6 . Jacobsson & Johnson
7 . Bergek et al.
8 . Negro et al.

و توسعه دانش، انتشار دانش، جهت‌دهی به سیستم، شکل‌گیری بازار، تخصیص منابع و مشروعیت بخشی تقسیم می‌کند.

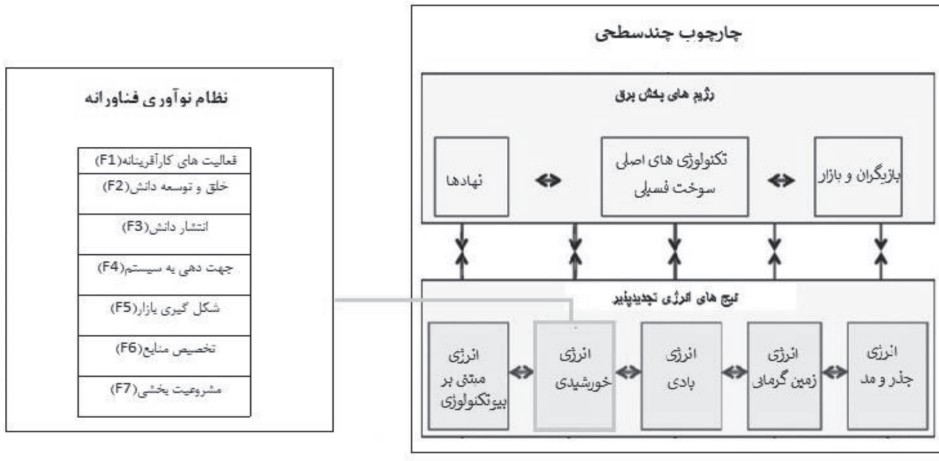
چارچوب نظری

محققان مختلفی همپوشانی و مکمل بودن TIS و MLP را تشخیص داده‌اند. به‌عنوان‌مثال کوئنن و لوپز[1] (۲۰۱۰) مشخص کردند که مفاهیم در یکی از این چارچوب‌ها به‌گونه‌ای است که ضعف‌های چارچوب دیگر را می‌پوشاند. برای مثال، درحالی‌که یکی از نقاط قوت TIS توانایی آن در تجزیه‌وتحلیل فرایندهای پویاست (هکرت و همکاران، ۲۰۰۷)، تجزیه‌وتحلیل تعامل بین بازیگران، نهادها و سازمان‌ها یک ضعف در چارچوب MLP است (فارلا و همکاران[2]، ۲۰۱۲؛ اسمیت و همکاران، ۲۰۰۵). در مقابل، عدم تجزیه‌وتحلیل رژیم و دورنما در چارچوب TIS یکی از نقاط قوت چارچوب MLP محسوب می‌شود. به عقیده گیلز و همکاران (۲۰۰۸): "هکرت و جاکوبسن نکته مشابهی را بیان می‌کنند که گرچه هر دوی TIS و MLP از سطوح در تجزیه‌وتحلیل خود استفاده می‌کنند، به نظر من عادلانه است که بگوییم MLP بعدها در مفهوم‌پردازی تعاملات بین فرآیندهای داخلی و خارجی موفق‌تر بوده است " (گیلز و همکاران، ۲۰۰۸). از نظر مفاهیم اساسی، هر دو مفاهیم نظام نوآوری فناورانه و نیچ ها مشترک هستند زیرا همه آن‌ها بازیگران، شبکه‌ها و نهادها را به‌عنوان اجزای مفهومی مهم در نظر می‌گیرند، گرچه تفاوت‌های اندکی نیز با هم دارند. در حال حاضر شماری از مقالات از چارچوب نظام نوآوری فناورانه برای تحلیل نیچ استفاده کرده‌اند که از آن جمله می‌توان به (والریو و راون[3]،۲۰۱۶؛ والز و همکاران[4]،۲۰۱۶؛ ادسند[5] ، ۲۰۱۷) اشاره کرد. ادسند (۲۰۱۷) نیز انتشار کند انرژی بادی در کلمبیا را با ارزیابی کارکردهای TIS همراه با تأثیر عوامل دورنما تحلیل کرده و نشان داده عوامل متعددی در سطح دورنما، تأثیر قابل‌توجهی بر کارکردهای TIS انرژی بادی کلمبیا داشته‌اند. والریو و راون (۲۰۱۶) نیز یک مدل پویایی سیستم را توسعه داده‌اند که در آن مفاهیم موتورهای نوآوری در سیستم‌های نوآورانه فناوری نوظهور را با مسیرهای گذار به‌عنوان بخشی از تفکر چارچوب چند سطحی، ادغام کرده‌اند و بدین ترتیب رفتار مدل با استفاده از تجزیه‌وتحلیل پویایی‌های TIS در مسیرهای مختلف

1 . Coenen & López
2 . Farla et al.
3 . Walrave & Raven
4 . Walz et al.
5 . Edsand

گذار، تحت شرایط مختلف منابع نشان داده شده‌اند. والز و همکاران (۲۰۱۶) نیز تجزیه‌وتحلیل کرده‌اند که چگونــه رویکرد ترکیبــی TIS-MLP می‌تواند مبنای مفهومی بــرای تجزیه‌وتحلیل پویایی‌های سیستم ایجاد کند و این مفهوم را در موارد مطالعه انرژی بادی چین و آلمان مورد بررسی قرار داده‌اند.

بنابراین با توجه به نکات فوق، پژوهش حاضر به‌منظور شناســایی و بررسی موانع گذار اجتماعی- فنی، به فناوری فتوولتاییک خورشیدی به‌عنوان نیچ و به رژیم برق فسیلی به‌عنوان رژیم اجتماعی- فنی حاکم نگریسته است همچنین از رویکرد کارکردی نظام نوآوری فناورانه به‌منظور تحلیل نیچ استفاده کرده است. کارکردهای یک نظام نوآوری فناورانه، فعالیت‌هایی هستند که بر توسعه فناوری اثرگذارند و برای شــکل‌گیری یک نظام ضروری‌اند بنابراین ممکن است تحت تأثیر عوامل مختلف قرار بگیرند و از قوت و ضعف برخوردار باشند که در این پژوهش منحصراً موانعی که از سوی رژیم بر این کارکردها اعمال می‌شــود بررسی می‌شود. ضمناً دسته‌بندی‌های مختلفی از کارکردها صورت گرفته است که در اینجا از دسته‌بندی سورس (۲۰۰۹) استفاده می‌شود. چارچوب نظری پژوهش در شکل زیر به تصویر درآمده اســت (با توجه به آنکه در این پژوهش به ســطح دورنما پرداخته نمی‌شود در چارچوب مذکور بدان اشاره نشده است).



شکل۱-چارچوب نظری پژوهش

روش پژوهش

پژوهش حاضر از منظر هدف، اکتشافی -توصیفی است و با توجه به ترکیب روش پژوهش کیفی (تحلیل مضمون) و کمی (دلفی فازی)، ماهیت آن آمیخته[1] است. جامعه آماری این پژوهش، کلیه خبرگان و متخصصان حوزه انرژی‌های تجدید پذیرند که در این حوزه صاحب‌رأی و نظرند. نمونه آماری پژوهش عبارت‌اند از: ۵ نفر از سازمان انرژی‌های تجدید پذیر و بهره‌وری انرژی، ۱ نفر از ستاد توسعه فناوری حوزه انرژی، ۴ نفر از اساتید دانشگاه و ۵ نفر از مدیران شرکت‌های خصوصی حوزه فتوولتاییک که با استفاده از روش گلوله برفی[2] انتخاب شدند. در این روش، نفر اول، شخص دوم را به پژوهشگر معرفی می‌کند و نفر بعدی نیز همین‌طور و این روند ادامه می‌یابد (بالتار و برونت[3]،۲۰۱۲). این پژوهش در دو گام به انجام خواهد رسید که در ادامه شرح هر یک آمده است.

گام اول: شناسایی موانع گذار اجتماعی- فنی به سیستم‌های خورشیدی فتوولتاییک با تأکید بر رژیم برق فسیلی

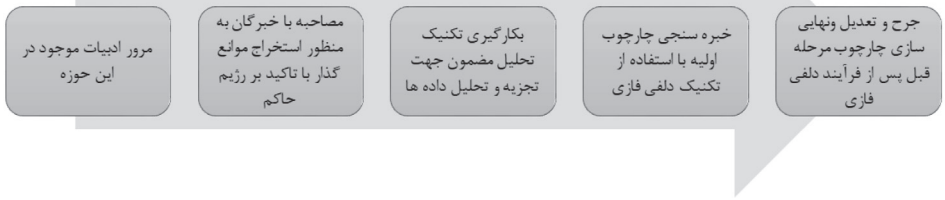
جهت نیل به هدف نخست پژوهش (شناسایی موانع اثرگذار بر توسعه نظام نوآوری فناورانه فتوولتاییک از جانب رژیم فسیلی)، ابتدا پژوهش‌های صورت گرفته در این حوزه بررسی شد. سپس با مراجعه به خبرگان مورد اشاره و با بهره‌گیری از ابزار مصاحبه لیست موانع شناسایی و تکمیل شد. مصاحبه‌ها به‌صورت کاملاً باز و ساختار نیافته انجام گرفت. با دقت در داده‌های فراهم آمده، با توجه به آنکه پس از مصاحبه ۱۲ ام هیچ داده‌ای متفاوت از داده‌های قبل، به دست نیامد کفایت نظری حاصل شد. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل اطلاعات برآمده از ادبیات پژوهش و نظرات خبرگان جهت استخراج موانع مربوطه، از روش تحلیل مضمون استفاده شد. تحلیل مضمون روشی برای تعیین، تحلیل و بیان الگوهای (مضامین) موجود درون داده‌ها است. این روش در حداقل کاربردش داده‌ها را سازمان‌دهی و در قالب جزئیات توصیف می‌کند، اما می‌تواند از این فراتر رفته و جنبه‌های مختلف موضوع پژوهش را تفسیر کند در هر مرحله از تحلیل، سطح بالاتری از انتزاع به دست می‌آید (براون و کلارک[4]،۲۰۰۶). در این پژوهش از روش براون و کلارک (۲۰۰۶) استفاده شد که مراحل شش‌گانه آن عبارت‌اند از:

۱. آشنایی با داده‌ها، ۲. ایجاد کدهای اولیه، ۳. جستجوی تم‌ها، ۴. بازبینی تِم‌ها، ۵. تعریف و

1 . Mixed
2 . Snowball Sampling
3 . Baltar and Brunet
4 . Braun and Clarke

نام‌گذاری تِم‌ها، ۶. تهیه گزارش

پس از اســتخراج مدل اولیه، در قالب یک پرسشــنامه هفت مقیاســی، موانع اثرگذار با استفاده از نظرات خبرگان معرفی‌شده و روش دلفی فازی مورد خبره سنجی قرار گرفت. تفاوت روش دلفی فازی با روش دلفی سنتی در این است که در روش دلفی سنتی پیش‌بینی‌های ارائه‌شده توسط افراد خبره در قالــب اعداد قطعی بیان می‌گردند که اســتفاده از اعداد قطعی برای پیش‌بینی‌های بلندمدت نتایج آن را از دنیای واقعی دور می‌ســازد؛ بنابراین مورای و همکاران[1] (۱۹۸۵) مفهومی برای برطرف کردن ابهامات روش دلفی پیشنهاد کردند که روش دلفی سنتی و تئوری فازی را با یکدیگر یکپارچه می‌سازد. ایشــیکاوا[2] (۱۹۹۳) تئوری فازی را وارد روش دلفی کرد و اچســو و یانگ[3] (۲۰۰۰) عدد فازی مثلثی را بــرای در برگرفتن نظرات خبــرگان و ایجاد روش دلفی فازی بکار بردند. در تصمیم‌گیری گروهی با استفاده از روش دلفی، نظرات مختلفی در مورد تعداد خبرگان موردنیاز وجود دارد: بین ۱۰ تا ۵۰ نفر (تیورف[4]، ۱۹۷۰)، بین ۸ تا ۱۲ نفر (کاوالی اسفورا و اورتولانو[5]، ۱۹۸۴) و بین ۷ تا ۱۲ نفر (فیلیپس[6]، ۲۰۰۰)؛ بنابراین خبره ســنجی با اســتفاده از نظرات ۱۵ خبره معرفی شده در ابتدای این بخش کافی و امکان‌پذیر بود. همچنین بر اســاس نظر چنگ و همکاران[7] (۲۰۰۲)، چنانچه اختلاف بین دو مرحله نظرسنجی کمتر از حد آستانه خیلی کم (مثلاً ۰,۱) باشد، فرآیند نظرسنجی متوقف می‌شود.



شکل ۲- فرآیند گام اول پژوهش

1 . Murray
2 . Ishikawa
3 . Hsu and Yang
4 . Turoff
5 . Cavalli-Sforza and Ortolano
6 . Phillips
7 . Cheng et al.

برای تأمین روایی و پایایی روش تحلیل مضمون، از روش ارزیابی گوبا و لینکلن[1] (۱۹۹۴) به‌صورت زیر استفاده شد:

- اعتبار پذیری: از دو کدگذار برای کدگذاری ۴ نمونه مصاحبه جهت کسب اطمینان از یکسانی دیدگاه کدگذاران استفاده شد.
- انتقال‌پذیری: از ۵ خبره که در فرآیند پژوهش حضور نداشتند، در مورد یافته‌های پژوهش، مشورت گرفته شد.
- قابلیت اطمینان: مستندات فایل‌های صوتی مصاحبه‌ها و متن‌های کدگذاری شده آن‌ها موجود است.
- تائید پذیری: کلیه جزئیات فرآیند تحلیل مضمون در تمامی مراحل به‌دقت ثبت و ضبط شده است.

همچنین در روش دلفی فازی به‌منظور تعیین پایایی پرسشنامه از روش آلفای کرونباخ استفاده شد؛ که ضرایب آلفای به‌دست‌آمده برای تک‌تک متغیرها و ابعاد محاسبه‌شده بزرگ‌تر از ۰,۷ است.

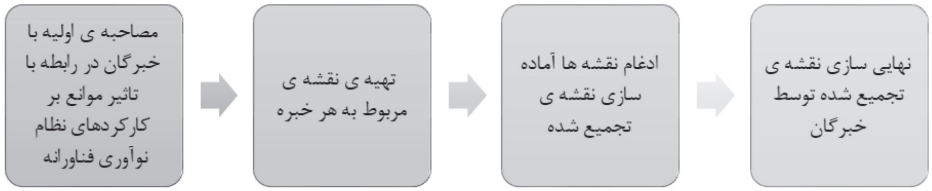
گام دوم: بررسی تأثیرات موانع شناسایی‌شده بر کارکردهای نظام نوآوری فناورانه

به‌منظور نیل به هدف دوم پژوهش یعنی تعیین اثرگذاری این موانع بر کارکردهای نظام نوآوری فناورانه، پس از مصاحبه با خبرگان پیرامون تأثیرات این موانع بر کارکردها و پیاده‌سازی مصاحبه‌ها، با استفاده از روش ساخت دهی مسئله با رویکرد تحلیل و توسعه گزینه‌های استراتژیک (سودا) مشخص می‌شود که هر یک از این موانع منجر به ضعف در کدام‌یک از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه شده است. استفاده از این نگاشت‌ها به ما کمک می‌کند که عوامل اثرگذار بر هر کارکرد را با دید مناسب‌تر مشاهده کنیم و ببینیم که در صورت علاقه‌مندی به بهبود یک مؤلفه خاص، باید کدام‌یک از موانع مورد توجه قرار داد.

ابتدا در مرحله مصاحبه فردی، محقق به‌طور مجزا با هر یک از خبرگان مصاحبه انجام می‌دهد و ذهن خبره موردنظر را به سمت مسئله هدایت می‌کند و نظرات او را ثبت می‌نماید (به‌عنوان‌مثال از خبره پرسیده شد که مانع اول چه تأثیری بر توسعه فتوولتاییک داشته است). البته این مصاحبه‌ها با توجه به شرایط مسئله می‌تواند ساختاریافته، نیمه ساختاریافته و یا ساختار نایافته باشد که در این

1 . Guba & Lincoln

پژوهش به‌صورت نیمه ساختاریافته انجام شد. سپس با توجه به اطلاعات جمع‌آوری‌شده نقشه هر خبره را تشکیل می‌دهد و تمام نقطه نظرات خبره را تبدیل به نقشه می‌کند. در مرحله بعد محقق این نقشه‌ها را با بررسی نقشه‌های تشکیل‌شده و اظهارات همه خبرگان با هم ادغام می‌کند و نقشه‌های واحد تشکیل می‌دهد که این نقشه حاصل نظرات همه خبرگان است. بعدازاینکه نقشه واحد شکل گرفت، این نقشه به‌طور مجدد در معرض دید تمام خبرگانی که با آن‌ها مصاحبه انجام شد، قرار می‌گیرد. در این مرحله نقشه با استفاده از نقطه نظرات خبرگان ویرایش می‌شود. شود. در مرحله نهایی محقق با استفاده از نرم‌افزار Decision Explorer روابط را مشخص کرده و سپس مسئله را تجزیه‌وتحلیل می‌کند (آذر و همکاران،۱۳۹۴).



شکل ۳- فرآیند گام دوم پژوهش

یافته‌های تحقیق

نتایج مرور پژوهش‌های صورت گرفته در این حوزه نشان داد مطالعات اندکی (نصیری و همکاران[1]،۲۰۱۳؛ حافظنیا و همکاران[2]،۲۰۱۷؛ میرعمادی، ۱۳۹۱) در مورد تأثیر مقاومت‌های رژیم فسیلی بر رشد فناوری‌های انرژی‌های تجدید پذیر انجام شده است. پس از مرور ادبیات اولیه، محقق به مصاحبه با خبرگان پرداخته و پس از پیاده‌سازی مصاحبه‌ها، به هر یک از مصاحبه‌ها یک کد اختصاص داده شد. همان‌گونه که در بخش روش‌شناسی شرح داده شد برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های مستخرج از ادبیات و مصاحبه‌ها از روش تحلیل مضمون استفاده خواهد شد. بر این اساس، مصاحبه‌ها چندین بار توسط محقق خوانده شد و مطالب مرتبط با حوزه پژوهش مشخص شدند. سپس داده‌های منتخب کدگذاری شدند. پس از اتمام کدگذاری‌ها اولیه و استخراج مضامین فرعی آن‌هایی را که بیشترین قرابت معنایی و مفهومی را با هم داشتند، کنار هم قرار داده و در قالب مضامین اصلی دسته‌بندی شدند. تمام

1 . Nasiri
2 . Hafeznia et al.

مضامین اصلی و فرعی که در جدول ۳ مندرج شده‌اند در واقع همان پاسخ به سؤال اول پژوهش‌اند که از داده‌های کیفی استخراج شده‌اند.

جدول ۲- یک نمونه از استخراج مضامین اصلی و فرعی

کدهای اولیه و نقل‌قول‌های مرتبط با آن	مضمون فرعی	مضمون اصلی
سازوکارهای یارانه‌های مستقیم و یارانه پنهان، رژیم صنعتی ایران را به‌طرف صنایع با محوریت انرژی ارزان به‌پیش برد.	تنظیم مقررات و استانداردها در تثبیت رژیم حاکم	موانع نهادی
رفتار رانتیر در مکانیسم‌های انتخاب فناوری تأثیر می‌گذارد.		
در بخش سیستم‌های خانگی فتوولتاییک این ذهنیت در مردم وجود دارد که آیا قابلیت اطمینان و پایداری وجود دارد که بتواند روی آن سرمایه‌گذاری کنند	ذهنیت مردم و مسئولان و آگاهی عمومی پایین در مورد فناوری انرژی‌های تجدید پذیر به دلیل تسلط نفت و گاز در بخش انرژی در ایران	
برای مصرف تجدیدپذیرها، نیازمند تغییرات رادیکالی در فرهنگ مصرف مردم هستیم		
به دلیل مسائلی چون وجود بهره بانکی بالا، امنیت سرمایه‌گذاری چه داخلی و چه خارجی در تمام حوزه‌های فناورانه شاخص قابل قبولی نیست	عدم اطمینان روانی از ثبات سرمایه‌گذاری و اطمینان از پایداری در میان سرمایه‌گذاران و تولیدکنندگان	
با توجه به آنکه قراردادهای زیادی بسته نشده این عدم اطمینان روانی وجود دارد که آیا دولت به قراردادهای خرید تضمینی پایبند هست		

فرآیند کار در گام اول با توزیع پرسشنامه‌ها در سه مرحله و استفاده از تکنیک دلفی فازی به‌منظور خبره سنجی ادامه یافت. بنا بر نتایج به‌دست‌آمده، همه مضامین اصلی و فرعی به‌جز مضمون فرعی منافع دانشمندان، دارای عدد فازی زدایی شده بالاتر از ۷ هستند و اختلاف نظرات خبرگان نیز مطابق با نظر چنگ و همکاران (۲۰۰۲) کمتر از حد آستانه است، فلذا می‌توانند در تحلیل مورد استفاده قرار گیرند. امتیازهای کسب‌شده از خبرگان در جدول ۴ و ۵ مشخص است.

جدول ۳- چارچوب اولیه موانعی که رژیم برای نیچ ایجاد می‌کند

مضامین اصلی	مضامین فرعی
موانع اقتصادی	کنترل بازار توسط رژیم حاکم (قیمت‌گذاری پایین و تخصیص یارانه به انرژی‌های فسیلی)
موانع نهادی	به‌کارگیری استراتژی‌های گفتمانی برای بی‌اهمیت جلوه دادن نیاز به تحولات توسط بازیگران رژیم
	ذهنیت مردم و مسئولان و آگاهی عمومی پایین در مورد فناوری انرژی‌های تجدید پذیر به دلیل تسلط نفت و گاز در بخش انرژی در ایران
	عدم اطمینان روانی از ثبات سرمایه‌گذاری و اطمینان از پایداری در میان سرمایه‌گذاران و تولیدکنندگان
	تنظیم مقررات و استانداردها در تثبیت رژیم حاکم
موانع سیاسی	تسلط رژیم‌های حاکم بر فرایند سیاست‌گذاری و وجود لابی و گروه‌های فشار
	عدم دستیابی به توافق سیاسی در حمایت از گذار
	فقدان چشم‌انداز مشترک در مورد توسعه فنّاوری جدید
موانع فنی	تثبیت رژیم حاکم به‌وسیله ماشین‌آلات و زیرساخت‌های موجود از طریق سرمایه‌گذاری‌های انجام شده و مکمل‌های فنی بین اجزای سازنده
	سرمایه‌گذاری عظیم در توزیع و استخراج نفت و گاز و شکل‌گیری زیرساخت‌های توسعه در بخش انرژی ایران عمدتاً حول انرژی فسیلی
	منافع دانشمندان

جدول ۴- نتایج خبره سنجی مضامین اصلی

مضمون اصلی	میانگین هندسی حد پایین عدد مثلثی فازی	میانگین هندسی حد وسط عدد مثلثی فازی	میانگین هندسی حد بالا عدد مثلثی فازی	عدد فازی زدایی شده
اقتصادی	۶,۶۱	۷,۹۸	۹,۲۸	۷,۹۷
نهادی	۵,۹۱	۷,۷۳	۹,۰۵	۷,۶۵

مضمون اصلی	میانگین هندسی حد پایین عدد مثلثی فازی	میانگین هندسی حد وسط عدد مثلثی فازی	میانگین هندسی حد بالا عدد مثلثی فازی	عدد فازی زدایی شده
سیاسی	۵,۵۱	۷,۵۵	۸,۹۹	۷,۴۵
فنی	۵,۳۲	۷,۳۹	۹,۰۳	۷,۳۱

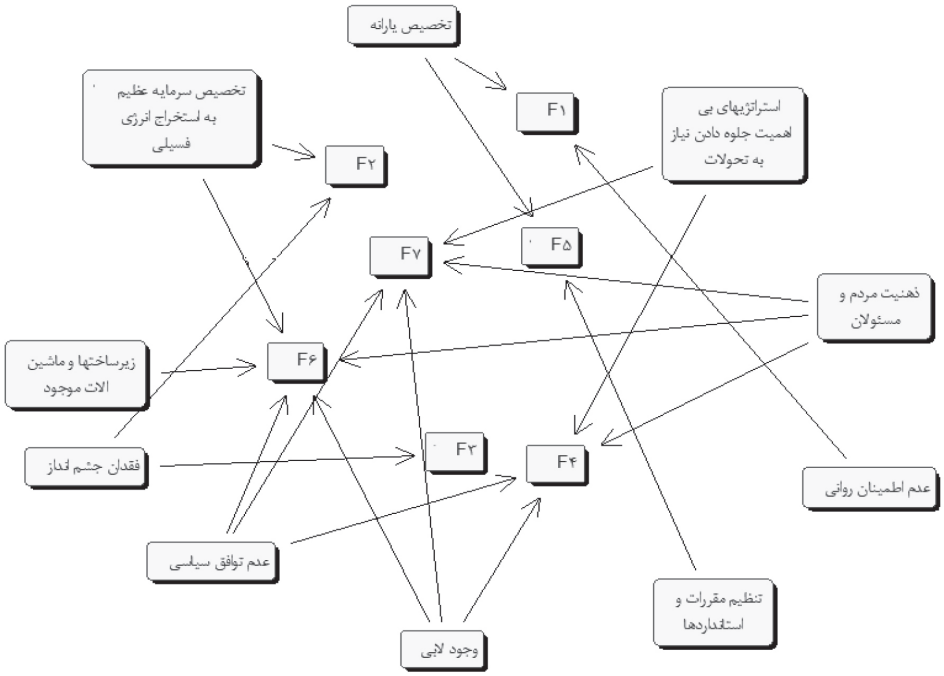
جدول ۵- نتایج خبره سنجی مضامین فرعی

مضمون فرعی	میانگین هندسی حد پایین عدد مثلثی فازی	میانگین هندسی حد وسط عدد مثلثی فازی	میانگین هندسی حد بالا عدد مثلثی فازی	عدد فازی زدایی شده
کنترل بازار توسط سیستم برق فسیلی، قیمت‌گذاری پایین و تخصیص یارانه به انرژی‌های فسیلی	۸,۰	۹,۴۰	۹,۹۹	۹,۲۶
به‌کارگیری استراتژی‌های گفتمانی برای بی‌اهمیت جلوه دادن نیاز به تحولات توسط بازیگران رژیم	۵,۴۰	۷,۲۴	۸,۹۵	۷,۲۲
ذهنیت مردم و مسئولان و آگاهی عمومی پایین در مورد فناوری انرژی‌های تجدید پذیر به دلیل تسلط نفت و گاز در بخش انرژی در ایران	۵,۵۲	۷,۳۹	۸,۷۳	۷,۳۰
عدم اطمینان روانی از ثبات سرمایه‌گذاری و اطمینان از پایداری در میان سرمایه‌گذاران و تولیدکنندگان	۵,۷۱	۷,۶۰	۸,۹۲	۷,۵۰
تنظیم مقررات و استانداردها در تثبیت رژیم حاکم	۶,۳۸	۸,۰۱	۹,۳۶	۷,۹۷
تسلط رژیم‌های حاکم بر فرایند سیاست‌گذاری و وجود لابی و گروه‌های فشار	۶,۳۴	۷,۹۲	۹,۲۸	۷,۸۸
عدم دستیابی به توافق سیاسی در حمایت از گذار	۶,۲۵	۷,۷۹	۹,۱۷	۷,۷۶
فقدان چشم‌انداز مشترک در مورد توسعه فنّاوری جدید	۵,۷۵	۷,۵۸	۸,۹۸	۷,۵۱

مضمون فرعی	میانگین هندسی حد پایین عدد مثلثی فازی	میانگین هندسی حد وسط عدد مثلثی فازی	میانگین هندسی حد بالا عدد مثلثی فازی	عدد فازی زدایی شده
تثبیت رژیم حاکم به‌وسیله ماشین‌آلات و زیرساخت‌های موجود از طریق سرمایه‌گذاری‌های انجام شده و مکمل‌های فنی بین اجزای سازنده	۵,۶۶	۷,۲۰	۹,۰۱	۷,۲۵
سرمایه‌گذاری عظیم در توزیع و استخراج نفت و گاز و شکل‌گیری زیرساخت‌های توسعه در بخش انرژی ایران عمدتاً حول انرژی فسیلی	۵,۶۳	۷,۴۳	۸,۷۹	۷,۳۶
منافع دانشمندان	۲,۴۲	۴,۴۲	۶,۴۰	۴,۴۲

در گام دوم به‌منظور بررسی تأثیرات موانع شناسایی‌شده بر کارکردهای نظام نوآوری فناورانه با استفاده از نظرات خبرگان، نگاشت هر خبره تهیه و در نهایت با بحث و بررسی طولانی به‌صورت یک نگاشت ادغام‌شده تدوین شد؛ و در نهایت با تشکیل گروه هم‌اندیشی و ویرایش نهایی، نگاشت نهایی با استفاده از نرم‌افزار Decision Explorer رسم شده است. یکی از کارکردهای اصلی روش سودا شناسایی موضوعات کلیدی[1] است که یکی از راه‌های شناسایی این موضوعات، تحلیل دامنه‌ای[2] است که در آن تعداد ورودی و خروجی‌های هر گره مشخص می‌شود و در اصل شلوغ بودن هر گره را محاسبه می‌کند. هر چه قدر عدد به‌دست‌آمده آماده برای هر گره بیشتر باشد، آن گره به‌عنوان گره مهم در نظر گرفته می‌شود فلذا نیاز به‌صرف منابع دارند. نقاط پایینی مدل به‌طورمعمول گزینه‌ها[3] هستند که از بین آن‌ها، گزینه‌های مهم برای حائز اهمیت هستند. گزینه‌های مهم آن‌هایی هستند که تأثیرات بیشتری روی موضوعات کلیدی می‌گذارند (آذر و همکاران،۱۳۹۴). با مشاهده شکل ۴ مشخص است که کارکردهای تخصیص منابع، مشروعیت بخشی و جهت‌دهی به سیستم- به ترتیب با درجات ۵، ۴ و ۴- گره‌های مهم را شکل می‌دهند و همچنین موانع ذهنیت مردم و مسئولان، وجود لابی و عدم توافق سیاسی به‌عنوان گزینه‌های مهم، بیشترین تأثیر را بر کارکردهای مختلف نظام نوآوری فناورانه سیستم‌های خورشیدی فتوولتاییک داشته‌اند.

1 . Key issue
2 . Domain Analysis
3 . Options



شکل ۴- صورت‌بندی روابط متقابل موانع شناسایی‌شده و کارکردهای نظام نوآوری فناورانه[1]

بحث پیرامون یافته‌ها

در این بخش، هر یک از موانع استخراج‌شده را به تفضیل تشریح می‌کنیم که چگونه هر یک از این موانع توسط رژیم فسیلی باعث عدم توسعه سیستم‌های خورشیدی فتوولتاییک در کشور شده است. لازم به ذکر است این بخش حاصل خروجی‌های ادبیات پژوهش و مصاحبه با خبرگان است.

- **کنترل بازار توسط رژیم حاکم (قیمت‌گذاری پایین و تخصیص یارانه به انرژی‌های فسیلی)**

به عقیده مصاحبه‌شونده شماره ۳:"قیمت {برق حاصل از} انرژی فسیلی در {کشور} واقعی نیست... عواملی چون قیمت غیرواقعی آن‌ها، عرضه بی‌حدوحصر منابع فسیلی و اختصاص یارانه به آن‌ها از موانع جدی انرژی‌های پاک خواهد بود." مصاحبه‌شونده شماره ۶ نیز معتقد است:»یارانه

---

۱ . لازم به ذکر است علائم F۷,F۶,F۵,F۴,F۳,F۲,F۱ به ترتیب معادل کارکردهای فعالیت‌های کارآفرینانه، خلق و توسعه دانش، انتشار دانش، جهت‌دهی به سیستم، شکل‌گیری بازار، تخصیص منابع و مشروعیت بخشی هستند.

انرژی در کشور باعث شده فناوری‌ها و زیرساخت‌های مرتبط با حوزه انرژی تجدید پذیر در مقایسه با سوخت‌های فسیلی قیمت گران‌تری داشته باشد و رقابت‌پذیر نباشد و به دلیل قیمت فوق‌العاده ارزان برق، حتی طرح‌های تسهیلات نیروگاه‌های خورشیدی خانگی نیز با عدم استقبال مواجه شد." راتینن و لوند[1] (۲۰۱۷) نیز به‌طور مشابه این نتیجه رسیدند سیاست‌های ملی انرژی فنلاند در حوزه قیمت، رژیم را تقویت کرده و بدین ترتیب قادر به کنترل توسعه نیچ شده به‌طوری‌که سرعت توسعه شرکت‌های تجدید پذیر فنلاند بسیار آهسته باقی مانده است.

- **به‌کارگیری استراتژی‌های گفتمانی برای بی‌اهمیت جلوه دادن نیاز به تحولات توسط بازیگران رژیم**

به گفته مصاحبه‌شونده شماره ۱:"در سال‌های پیشین همسویی نظرات به این سمت بود که در کشوری مانند ایران که سرشار از منابع نفت و گاز است، توسعه تجدیدپذیرها ضرورتی ندارد و باید متوقف شود.» در حال حاضر نیز این عقیده از جانب برخی دولتمردان وجود دارد که تجدیدپذیرها توجیه اقتصادی ندارند، این در حالی است که به عقیده خبرگان اگر به‌اندازه انرژی فسیلی بر آن‌ها سرمایه‌گذاری شده بود (اعم از یارانه‌های آشکار و پنهان) که مانع توسعه این بخش شده است، این توجیه اقتصادی نیز پدید می‌آمد. می‌توان گفت بازیگران رژیم تمایل به برجسته کردن معایب و خطرات و عوارض جانبی منفی ممکن نوآوری‌های نیچ دارند. به‌طورکلی بازیگران رژیم در روش مقاومت به‌صورت استراتژی‌های گفتمانی، منجر به گفتمان‌های غالبی می‌شوند که نه‌تنها مسئله موردبحث (که دستور کار را مشخص می‌کند) را تعیین می‌کند بلکه چگونگی بحث پیرامون مسائل را هم مشخص می‌کند (گیلز،۲۰۱۴).

- **ذهنیت مردم و مسئولان و آگاهی عمومی پایین در مورد فناوری انرژی‌های تجدید پذیر به دلیل تسلط نفت و گاز در بخش انرژی در ایران**

مصرف فناوری‌های نوین، نیازمند تغییرات رادیکالی در فرهنگ مصرف مردم دارد. به عقیده مصاحبه‌شونده شماره ۱۱: "در بخش سیستم‌های خانگی {فتوولتاییک} این ذهنیت در مردم وجود دارد که آیا قابلیت اطمینان و پایداری وجود دارد که بتواند روی آن سرمایه‌گذاری کند { آیا این راه‌حل توجیه اقتصادی دارد}. با توجه به وجود منابع فسیلی و سیستم مبتنی بر یارانه این

1 . Ratinen& Lund

گذار مشکل‌تر است و این سؤال وجود دارد که چرا به سمت تجدید پذیر برویم." بنابراین چگونگی تبیین لزوم گذار بسیار مهم است و پذیرش فرهنگی فناوری‌ها بخشی از مرحله مصرف است. این مرحله نیازمند آموزش و یادگیری، نهادسازی و انطباق[1] است. پذیرش فرهنگی فناوری‌ها دارای ابعاد نمادین، واقعی و ادراکی است. به‌طور مثال پذیرش فرهنگی الکتریسیته در خانه، کارخانه و حمل‌ونقل شهری با مبارزات قدرت سیاسی، اجتماعی و عدم اطمینان و یادگیری و تغییرات بزرگ‌تر فرهنگی همراه بوده است (میرعمادی و رحیمی راد، ۱۳۹۶).

- **عدم اطمینان روانی از ثبات سرمایه‌گذاری و اطمینان از پایداری در میان سرمایه‌گذاران و تولیدکنندگان**

مصاحبه‌شونده شماره ۱۱ اظهار می‌دارد: " به دلیل وجود برق فسیلی منابع کافی برای توسعه فتوولتاییک در کشور پیش‌بینی‌نشده به دلیل مسائلی چون وجود بهره بانکی بالا، امنیت سرمایه‌گذاری چه داخلی و چه خارجی در تمام حوزه‌های فناورانه شاخص قابل قبولی نیست و سرمایه‌گذاری ریسک بالایی دارد. نکته مهم دیگر آنکه با توجه به آنکه قراردادهای زیادی بسته نشده این عدم اطمینان روانی وجود دارد که آیا دولت به قراردادهای خرید تضمینی پایبند هست."مصاحبه‌شونده شماره ۴ نیز بر این عقیده است که:"علاوه بر مسائل مالی، توانمندی {فناورانه} در حوزه فتوولتاییک اندک است و به‌عنوان‌مثال به این دلیل که تولیدکنندگان پنل برنامه‌ای برای افزایش بهره‌وری نداشته‌اند پس از گذشت زمان راندمان پنل کاهش می‌یابد و نیاز به جایگزین دارد. "

نظر به آنکه نوآوری‌های رادیکال در ابتدا با عدم اطمینان فراگیری در مورد تقاضای بازار، نیازهای کاربر، عملکرد فنی و قیمت همراه هستند، دشوار است تا محاسبات قابل‌اعتماد هزینه- فایده که زیربنای تصمیمات سرمایه‌گذاری منطقی است، صورت گیرد به‌طوری‌که به عقیده زیمرمن و زایتز[2] (۲۰۰۲) برنامه‌های سرمایه‌گذاری و سیاستی تا حدی، یک عمل اعتقادی است که باورها و احساسات را شامل می‌شود. نتیجه آنکه همان‌گونه که گیلز (۲۰۱۴) معتقد است این حوزه‌های نهادی استراتژی‌های بازیگران حاکم را تسهیل می‌کنند و ازاین‌رو به مقاومت رژیم کمک می‌کنند.

- **تنظیم مقررات و استانداردها در تثبیت رژیم حاکم**

به عقیده مصاحبه‌شونده شماره ۷:" {سازوکارهای} یارانه‌های مستقیم و پنهان، رژیم {صنعتی}

1 . Adjsutment
2 . Zimmerman and Zeitz

ایــران را به‌طرف صنایع بــا محوریت انرژی ارزان به‌پیش می‌برد." بــه همین ترتیب منطق نهادی ســاختار تولید برق ایران نیز بر پایه انرژی ارزان بنا نهاده شــده است. به‌طورکلی دخالت دولت در هزینه‌های تولید از طریق ارائه یارانه انرژی به صنایعی که از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کنند، باعث می‌شود که قیمت سوخت فسیلی همواره پایین‌تر از هزینه‌های واقعی آن در اقتصاد نگه داشته شود. مصاحبه‌شونده شماره ۲ نیز معتقد است:" پس از اکتشاف نفت، انرژی فسیلی به‌عنوان منبع ثروت خدادادی نقش اساســی در تصمیم‌گیری داشته است. رشد اقتصادی کشور همواره به منابع فسیلی وابسته بوده است. سهم عمده رشد کشور مدیون آن {انرژی فسیلی} بوده و با توجه به آنکه مبنای اصلی تأمین بودجه بوده نقش اساســی در تصمیم‌گیری دارد و سیاست‌ها به سمت استفاده بیشتر از منابع فسیلی است." به‌طور مشابه نصیری و همکاران (۲۰۱۳) نیز به مقاومت اقتصاد رانتیر بر سیاست‌گذاری تجدید پذیرها اشاره می‌کنند.

- **تسلط رژیم‌های حاکم بر فرایند سیاست‌گذاری و وجود لابی و گروه‌های فشار**

همان‌گونه که حافظ نیا و همکاران[1] (۲۰۱۷) در مطالعه خود بر مسئله تعارض منافع بین متولیان اقتصاد نفتی و انرژی‌های تجدید پذیر به‌عنوان یکی از آسیب‌های جدی سیاست‌گذاری کلان کشوری تأکید دارند، شکل‌گیری لابی در سطوح تصمیم‌گیری در مخالفت با توسعه فناوری انرژی‌های تجدید پذیر نیز یکی از مصادیق برخورد علایق متضادی است که می‌تواند قدرت چانه‌زنی توسعه‌دهندگان انرژی‌های تجدید پذیر را پایین بیاورد. به‌عبارت‌دیگر رژیم‌های حاکم همواره سعی می‌کنند فرایند سیاست‌گذاری را تسخیر کنند و آن را به نفع خود تغییر دهند (وس و همکاران[2]، ۲۰۰۹). از طرفی به عقیده مصاحبه‌شونده شماره ۲ نه‌تنها فشار اجتماعی که در برخی کشورهای درحال‌توسعه که در حمایت از انرژی‌های جدید و تجدید پذیر وجود دارد در ایران مشاهده نمی‌شود بلکه سیاست‌گذاران نیز از روش بالا به پایین برای سیاست‌گذاری استفاده می‌کنند و سایر ذینفعان معمولاً به‌طور فعال در تدوین سیاســت‌ها مشارکت نمی‌کنند که این البته در سایر کشورهای خاورمیانه نیز رایج است (نصیری و همکاران، ۲۰۱۳).

- **عدم دستیابی به توافق سیاسی در حمایت از گذار پایدار**

ایده آل بازیگران نیچ، دستیابی به توافق سیاسی در حمایت از گذار است. مصاحبه‌شونده شماره ۴

1 . Hafeznia
2 . Voss

معتقد اســت:" با اینکه به مرور زمان تحرکاتی به ســمت تجدیدپذیرها صورت گرفته اما در سطوح مختلــف اختلاف‌نظر وجود دارد. البته بعد از مدت‌ها در اوایل دهه ۹۰ وفاق تا حدی شــکل گرفته اســت؛ اما به دلیل وجود برق فســیلی انگیزه‌ای برای توسعه تجدید پذیر وجود ندارد و صرفاً دلایل محیط زیســتی و حفظ منابع و حضور در کنوانســیون‌ها منجر به حرکت‌های جسته‌وگریخته شده اســت." به‌طور مشابه در برخی از کشورها، ســازمان‌های رژیم اتحادیه‌های قوی را با محافظه‌کاران سیاســی بــرای کاهش حمایت‌های نظارتی جهت توســعه نیچ ایجاد کرده‌اند. ایــن الگو به‌ویژه در ایالات‌متحده آمریکا، کانادا و استرالیا مشهور است، اما همچنان در برخی کشورها مانند آلمان درجه کمتری دارد (هاپمن و همکاران[1]، ۲۰۱۴).

- **فقدان چشم‌انداز مشترک در مورد توسعه فناوری جدید**

به عقیده مصاحبه‌شــونده شماره ۴:" فرهنگ مســئولین ما فرهنگ سیاست‌گذاری‌های کوتاه‌مدت اســت. به‌طوری‌که چالش‌های امنیتی و سیاســی باعث شده مســئولان با توجه به افق کوتاه‌مدت تصمیم بگیرند." علی‌رغم آنکه توسعه تجدیدپذیرها از برنامه سوم توسعه وارد اسناد بالادستی شده اما مســائلی چون نیازهای فوری کشور، جنگ‌های منطقه‌ای و ... برنامه‌های توسعه فناوری مغفول بماند و حضور و وفور انرژی‌های فسیلی مانع شکل‌گیری چشم‌انداز مشترکی بین مسئولین امر شده و این دوگانگی همان‌گونه که در موانع قبل نیز بیان نشــد باعث قفل‌شدگی در اقتصاد کربنی شده است.

- **تثبیــت رژیــم حاکــم به‌وســیله ماشــین‌آلات و زیرســاخت‌های موجــود از طریــق سرمایه‌گذاری‌های انجام شده**

- **سرمایه‌گذاری عظیم در توزیع و استخراج نفت و گاز و شکل‌گیری زیرساخت‌های توسعه در بخش انرژی ایران عمدتاً حول انرژی فسیلی**

مصاحبه‌شــونده شماره ۳ بیان می‌کند:" با مقایسه توســعه انرژی فسیلی با خورشیدی، در ابتدای کار وجود منابع در هر دوی بخش‌های فســیلی و انرژی خورشــیدی باعث اهمیت شده اما در ادامه توسعه آن‌ها، بخش فســیلی در استحصال منابع، پرورش منابع انسانی، توسعه شرکت‌های وابسته موفق بود...قدمت زیاد انرژی فســیلی باعث شــده متخصصان کارکشته زیادی در این حوزه داشته

1 . Hoppmann et al.

باشـــیم، تجهیزات مناسبی وجود دارد و شرکت‌هایی که در حال تولید یا واردات تجهیزات هستند بسیار موفق هستند. همکاری‌های مشترک با شرکت‌های بزرگ از دهه‌های قبل در حوزه‌های نفت و گاز منجر به انتقال دانش فنی به کشـــور شـــده است اما برای تجدید پذیر این اتفاق نیفتاده است به‌گونه‌ای که همکاری‌های بین‌المللی، متخصص توســـعه فناوری و منابع انســـانی نداشـــته باشیم. به‌موازات زیرساخت استفاده از انرژی فسیلی به‌طور کاملاً مناسب ایجاد شده و در برهه کنونی مدام شـــاهد انعقاد قراردادهای جدید ساخت نیروگاه‌های فسیلی هســـتیم." به‌طور مشابه چنین قدرت نابرابری در ایالات‌متحده نیز مشـــهود اســـت، به‌طوری‌که صنعت برق فسیلی در سال ۲۰۱۴ بیش از ۲۱ میلیـــون دلار کمک‌های تبلیغاتی را در مقایســـه با تقریبـــاً ۲ میلیون دلار کل بخش صنعت انرژی‌های تجدید پذیر دریافت کرد (هس[1]،۲۰۱۶).

نتیجه‌گیری

با توجه به آنکه چارچوب‌های موجود تحلیل توســـعه و انتشـــار فناوری‌های کم‌کربن به‌اندازه کافی به بســـتر کشورهای درحال‌توسعه نمی‌پردازند و نیاز مبرمی به توسعه چارچوب‌های تحلیلی جدید جهت تجزیه‌وتحلیل آن‌ها وجود دارد، پژوهش حاضر کوشید با ترکیب چارچوب رویکرد چند سطحی و نظام نوآوری فناورانه بر مقاومت بازیگران رژیم حاکم جهت حرکت به ســـمت گذار کم کربن تمرکز کند و نشـــان دهد که علی‌رغم تحرکات جهت گذار اجتماعی- فنی در سیســـتم برق کشور، چگونه مقاومت رژیم ســـوخت فسیلی به‌طور گسترده‌ای منجر به عدم پیشرفت تولید برق از فتولتاییک‌ها شده و آمار تولید برق از سیســـتم‌های فتوولتاییک گرچه با افزایش ســـالانه روبروست اما فاقد اثرات جایگزینی با محدودکننده بوده اســـت. با توجه به آنکه تا جایی کـــه فرایندهای رژیم فرصتی برای نوآوری‌ها فراهم نیاورند آن‌ها در یک نیچ خاص پنهان می‌مانند بنابراین می‌توان با شناسایی انواع مختلف مقاومت رژیم، راهکارهای مناسبی برای توسعه نیچ تدوین کرد.

به‌طـــور خلاصه در پاســـخ به ســـؤال اول پژوهش یعنی شناســـایی موانع گـــذار اجتماعی- فنی به سیستم‌های خورشیدی فتوولتاییک با تأکید بر رژیم برق فسیلی، با مرور ادبیات، مصاحبه با خبرگان و به‌کارگیری روش‌های تحلیل مضمون و دلفی فازی مشخص گردید که فرآیند گذار در کشورمان با ۴ دسته مانع اعم از اقتصادی، نهادی، سیاسی و فنی از جانب رژیم مذکور مواجه است. همچنین با بررسی

1 . Hess

تأثیر موانع شناسایی‌شده در بخش رژیم برق فسیلی بر کارکردها با استفاده از روش سودا مشخص شد، بیشـــترین تأثیرات موانع شناسایی‌شده بر کارکردهای تخصیص منابع، مشروعیت بخشی و جهت‌دهی به سیستم بوده است. کارکرد مشروعیت بخشی در توسعه فناوری مانند یک کاتالیزگر عمل می‌کند و برای انجام فعالیت در سایر کارکردها مانند تخصیص منابع و شکل‌گیری بازار ضروری است و به عبارت بهتر خروجی این کارکرد، ایجاد قابلیت اطمینان برای فناوری نوظهور است. دسترسی به منابع موردنیاز (تخصیص منابع)، نیز یکی از ضروری‌ترین نیازهای توسعه نظام‌های تو آوری فناورانه است. در صورت عدم وجود منابع مالی و ابزارهای موردنیاز و نیز بازیگرانی با توانایی و قابلیت‌های متمایز، یک فناوری نوظهور به‌هیچ‌وجه مورد استقبال قرار نخواهد گرفت. همچنین بدون جهت‌دهی به سیستم، حتی دامنه گسترده‌ای از فعالیت‌های خلق دانش، انتشار دانش و فعالیت‌های کارآفرینی، به‌جایی نمی‌رسد.

به‌طورکلی گرچه شـــواهد پراکنده‌ای چون اختصاص پژوهانه‌های تحقیقاتی، برخی نهادسازی‌ها از جمله خرید تضمینی برق تجدید پذیر و برخی فعالیت‌های آگاه‌سازی از سوی انجمن‌ها و غیره حکایت از تمایـــل به حرکـــت به‌طرف نیروگاه‌های فتوولتاییک دارد، اما باید گفت با وجود قفل‌شـــدگی کربنی کشورمان، بدون توجه به موانع مؤثر از جمله موانع برخاسته از این پژوهش، هیچ تحولی به وقوع نخواهد پیوست. بنابراین به‌منظور رفع قفل‌شدگی کربنی یا به عبارت بهتر شکست گذار پیشنهادهای زیر جهت سازمان‌های متصدی در بخش فتوولتاییک ارائه می‌گردد:

- افزایش مشارکت ذینفعان حوزه فتوولتاییک در دستور کار سازی سیاستی
- توانمندسازی ائتلاف‌های حامی
- فعال‌سازی مخاطبان اثرگذار موافق در راستای کاهش اثرگذاری ذینفعان کلیدی مخالف
- ایجاد شبکه‌های بازیگران بانفوذ
- رفع یارانه‌های انرژی کربنی و فسخ سیاست‌های تبعیض‌آمیز
- فعالیت شخصیت‌های سیاسی – فرهنگی و گروه‌های مرجع در آگاهی بخشی به مردم در مورد انرژی‌های تجدید پذیر
- معرفی و حمایت از فناوری فتوولتاییک در رسانه‌ها
- رایزنی‌های سیاسی بین گروه‌های درگیر برای حمایت از فناوری فتوولتاییک

همچنین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده علاوه بر درک و شناخت پویایی‌های مقاومت رژیم،

راهکارهای بی‌ثبات‌سازی و رکود رژیم‌های موجود در دستور کار قرار گیرد. نکته دیگر آنکه پیشرفت‌های کشـــورهای همسایه- که خود دارای منابع بزرگ نفت و گاز هستند- در تنوع‌بخشی به بخش انرژی و روی آوردن به انرژی‌های تجدید پذیر نشان می‌دهد با تغییرات اصلی در نهادها و سازمان‌های اجتماعی کشـــور می‌توان تغییر ایجاد کرد و درس‌های گران‌بهایی از آن‌ها آموخت. لازم به ذکر اســـت نو بودن موضوع پژوهش در کشـــورمان و وجود پژوهش‌های اندکی که از این زاویه به موضوع نگریســـته باشند، محدودیت‌هایی را فراهم آورد که ممکن است بر کیفیت پژوهش اثرگذار بوده باشد.

منابع:

- اردکانیان، رضا،۱۳۹۷، *ظرفیت نیروگاه‌های تجدید پذیر ایران به ۴۰۰۰ مگاوات می‌رسد*. دسترسی در ۱۳۹۷/۵/۲۵ از وب‌سایت: goo.gl/aUQjCq
- آذر، عادل، نجفی توانا، سعید، قربانی، حسین،۱۳۹۴، نگاشت نقشه پایش فرایند کیفیت اقلام آماری مرکز آمار ایران با رویکرد تحلیل و توسعه گزینه‌های استراتژیک (سودا). *پژوهش‌های مدیریت در ایران*، سال نوزدهم، شماره ۴، صص ۱-۲۰.
- میرعمادی، طاهره. رحیمی راد، زهره، ۱۳۹۶، *آینده‌پژوهی سیاست‌های ایران در بیست سال آینده*. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری.
- میرعمادی، طاهره. (۱۳۹۱). مدارهای توسعه‌نیافتگی و تأثیر آن‌ها بر نظام ملی نوآوری در ایران. *فصلنامه سیاست علم و فناوری*، ۵(۱)، ۱۷-۳۰.

- Avelino, F., & Rotmans, J. (2009). Power in transition: an interdisciplinary framework to study power in relation to structural change. *European journal of social theory*, *12*(4), 543-569.
- Baltar, F., & Brunet, I. (2012). Social research 2.0: virtual snowball sampling method using Facebook. *Internet Research*, *22*(1), 57-74.
- 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.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, *3*(2), 77-101.
- Cavalli-Sforza, V., & Ortolano, L. (1984). Delphi forecasts of land use: Transportation

interactions. *Journal of Transportation Engineering*, *110*(3), 324-339.

- Cheng, C. H., & Lin, Y. (2002). Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation. *European journal of operational research*, *142*(1), 174-186.
- Coenen, L., & López, F. (2010). Comparing systems approaches to innovation and technological change for sustainable and competitive economies: an explorative study into conceptual commonalities, differences and complementarities. *Journal of Cleaner Production, 18*(12), 1149-1160.
- Edquist, C., 2004. Reflections on the systems of innovation approach. *Science and public policy*, *31*(6), pp.485-489.
- Edsand, H. E. (2017). Identifying barriers to wind energy diffusion in Colombia: A function analysis of the technological innovation system and the wider context. *Technology in Society*, *49*, 1-15.
- EIA, U. (2013). Annual energy outlook 2013. *US Energy Information Administration, Washington, DC*, 60-62.
- Farla, J., Markard, J., Raven, R., & Coenen, L. (2012). Sustainability transitions in the making: A closer look at actors, strategies and resources. *Technological forecasting and social change*, *79*(6), 991-998.
- Geels, F. (2014). Regime resistance against low-carbon transitions: Introducing politics and power into the multi-level perspective. *Theory, Culture & Society, 31*(5), 21-40.
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research policy*, *31*(8-9), 1257-1274.
- Geels, F. W. (2005). The dynamics of transitions in socio-technical systems: a multi-level analysis of the transition pathway from horse-drawn carriages to automobiles (1860–1930). *Technology analysis & strategic*
- Geels, F. W., & Schot, J. (2010). The dynamics of transitions: a socio-technical perspective.
- Geels, F. W., Hekkert, M. P., & Jacobsson, S. (2008). The dynamics of sustainable innovation journeys.
- Geels, F., & Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways.

Research Policy, 36(3), 399–417.

- Grin, J. (2010). Understanding transitions from a governance perspective. *Transitions to sustainable development: New directions in the study of long term transformative change*, 221-319.
- Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (1994). Competing paradigms in qualitative research. *Handbook of qualitative research*, *2*(163-194), 105.
- Hafeznia, H., Aslani, A., Anwar, S., & Yousefjamali, M. (2017). Analysis of the effectiveness of national renewable energy policies: A case of photovoltaic policies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *79*, 669-680.
- Hekkert, M. P., Suurs, R. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological forecasting and social change*, *74*(4), 413-432.
- Hess, D. J. (2016). The politics of niche-regime conflicts: distributed solar energy in the United States. Environmental Innovation and Societal Transitions, 19, 42-50.
- Hoppmann, J., Huenteler, J., & Girod, B. (2014). Compulsive policy-making—the evolution of the German feed-in tariff system for solar photovoltaic power. *Research policy*, *43*(8), 1422-1441.
- Hsu, T. H., & Yang, T. H. (2000). Application of fuzzy analytic hierarchy process in the selection of advertising media. *Journal of Management and Systems*, *7*(1), 19-39.
- Iizuka, M. (2015). Diverse and uneven pathways towards transition to low carbon development: the case of solar PV technology in China. *Innovation and Development*, *5*(2), 241-261.
- Ishikawa, A. (1993, January). The new fuzzy Delphi methods: economization of GDS (group decision support). In *System Sciences, 1993, Proceeding of the Twenty-Sixth Hawaii International Conference on* (Vol. 4, pp. 255-264). IEEE.
- Jacobsson, S., & Johnson, A. (2000). The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research. Energy Policy, 28(9), 625–940.
- Kemp, R., Schot, J., & Hoogma, R. (1998). Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management. *Technology analysis & strategic management*, *10*(2), 175-198.
- Kern, F. (2011). Ideas, institutions, and interests: explaining policy divergence in fostering 'system innovations' towards sustainability. *Environment and Planning C:*

Government and Policy, *29*(6), 1116-1134.

- Levy, D. L., & Newell, P. J. (2002). Business strategy and international environmental governance: Toward a neo-Gramscian synthesis. *Global Environmental Politics*, *2*(4), 84-101.
- Loorbach, D. (2010). Transition management for sustainable development: a prescriptive, complexity-based governance framework. *Governance*, *23*(1), 161-183.
- Markard, J., & Truffer, B. (2008). Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework. *Research policy, 37*(4), 596-615.
- Murray, T. J., Pipino, L. L., & van Gigch, J. P. (1985). A pilot study of fuzzy set modification of Delphi. *Human Systems Management*, *5*(1), 76-80.
- Nasiri, M., Khorshid-Doust, R. R., & Moghaddam, N. B. (2013). Effects of under-development and oil-dependency of countries on the formation of renewable energy technologies: A comparative study of hydrogen and fuel cell technology development in Iran and the Netherlands. *Energy policy*, *63*, 588-598.
- Negro, S. O., Alkemade, F., & Hekkert, M. P. (2012). Why does renewable energy diffuse so slowly? A review of innovation system problems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *16*(6), 3836-3846.
- Nejat, P., Morsoni, A. K., Jomehzadeh, F., Behzad, H., Vesali, M. S., & Majid, M. A. (2013). Iran's achievements in renewable energy during fourth development program in comparison with global trend. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *22*, 561-570.
- Phillips, R. (2000). New applications for the Delphi technique. *ANNUAL-SAN DIEGO-PFEIFFER AND COMPANY, 2*, 191-196.
- Radosevic, S. (1998). Defining systems of innovation: a methodological discussion. *Technology in Society*, *20*(1), 75-86.
- Ratinen, M., & Lund, P. D. (2017). When regime changes slow down niche development: the example of wind energy business in Finland. *International Journal of Research, Innovation and Commercialisation*, *1*(1), 41-56.
- Raven, R. P. J. M., & Geels, F. W. (2010). Socio-cognitive evolution in niche development: Comparative analysis of biogas development in Denmark and the Netherlands (1973–2004). *Technovation*, *30*(2), 87-99.

- Rip, A., & Kemp, R. (1998). Technological change. *Human choice and climate change*, *2*, 327-399.
- Rotmans, J., Kemp, R., & Van Asselt, M. (2001). More evolution than revolution: transition management in public policy. *Foresight*, *3*(1), 15-31.
- Smith, A. (2007). Translating sustainabilities between green niches and socio-technical regimes. *Technology analysis & strategic management*, *19*(4), 427-450.
- Smith, A., Stirling, A., & Berkhout, F. (2005). The governance of sustainable socio-technical transitions. *Research policy, 34*(10), 1491-1510.
- Smith, A., Voß, J. P., & Grin, J. (2010). Innovation studies and sustainability transitions: The allure of the multi-level perspective and its challenges. *Research policy*, *39*(4), 435-448.
- Carlsson, B., & Stankiewicz, R. (1991). On the nature, function and composition of technological systems. Journal of evolutionary economics, 1(2), 93-118.
- Suurs, R. A. (2009). *Motors of sustainable innovation: Towards a theory on the dynamics of technological innovation systems*. Utrecht University.
- Suurs, R. A., & Hekkert, M. P. (2009). Cumulative causation in the formation of a technological innovation system: The case of biofuels in the Netherlands. *Technological Forecasting and Social Change*, *76*(8), 1003-1020.
- Voss, J., Smith, A., & Grin, J. (2009). Designing long-term policy: rethinking transition management. *Policy sciences, 42*(4), 275-302.
- Walrave, B., & Raven, R. (2016). Modelling the dynamics of technological innovation systems. *Research Policy*, *45*(9), 1833-1844.
- Walz, R., Köhler, J. H., & Lerch, C. (2016). *Towards modelling of innovation systems: An integrated TIS-MLP approach for wind turbines* (No. 50). Fraunhofer ISI Discussion Papers Innovation Systems and Policy Analysis.
- Wieczorek, A. J. (2017). Sustainability transitions in developing countries: Major insights and their implications for research and policy. *Environmental Science & Policy*, *84*, 204-216.
- Zhang, S., Andrews-Speed, P., & Ji, M. (2014). The erratic path of the low-carbon transition in China: Evolution of solar PV policy. *Energy Policy*, 67, 903-912.
- Zimmerman, M. A., & Zeitz, G. J. (2002). Beyond survival: Achieving new venture growth by building legitimacy. *Academy of management review*, *27*(3), 414-431.