

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۷/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۶

شناسایی موانع توسعه فناوری‌های تولید همزمان برق و حرارت در ایران با استفاده از رویکرد تحلیل چندسطحی

امید شاکری^۱، محمدرضا رضوی^{۲*}، مهدی الیاسی^۳

^۱ دانش‌آموخته دکتری مدیریت تکنولوژی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

shakeri1354@gmail.com

^۲ استادیار گروه مدیریت تکنولوژی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

mrzazavi94@gmail.com

^۳ دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران

elyasi.atu@gmail.com

چکیده: سیاست‌گذاری و توسعه فناوری‌های حوزه انرژی، از مباحث پرستاد در حوزه اقتصاد است. گام اول برای سیاست‌گذاری توسعه فناوری، تبیین موانع موجود در مسیر توسعه و به دنبال آن، تدوین سیاست‌ها و به‌کارگیری ابزارهای سیاستی مناسب در جهت رفع این موانع است. نظر به گسترش روزافزون فناوری تولید همزمان برق و حرارت در کشورهای توسعه‌یافته و همچنین وجود زمینه‌های مستعد برای توسعه و کاربرد آن در کشور، این مقاله به شناسایی مهم‌ترین موانع و مشکلاتی که تا امروز سبب عدم توسعه این فناوری مطابق با اهداف پیش‌بینی شده در کشور شده، پرداخته است. رویکرد منتخب برای استخراج این موانع، رویکرد تحلیل چندسطحی است که از رویکردهای پرکاربرد و جامع در مطالعات مربوط به گذارهای فناورانه است و به دلیل توجه به عوامل اجتماعی و کلان، از آن استفاده شده است. نویسندگان در این مقاله، موانع عدم توسعه فناوری تولید همزمان برق و حرارت در کشور را با استفاده از روش تحلیل عاملی تأییدی استخراج کرده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد عوامل مربوط به نظامات اجتماعی و همچنین عوامل فرهنگی و اقتصادی کلان کشور، نقش پررنگ‌تری نسبت به عوامل مربوط به فناوری در عدم توسعه فناوری‌های بخش انرژی و به‌ویژه فناوری تولید همزمان برق و حرارت داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: توسعه فناوری، تولید همزمان برق و حرارت، گذار فناورانه، رویکرد چندسطحی، تحلیل عاملی تأییدی.

نشان از علل دیگری در ورای اتفاقات موجود دارد.

۱. مقدمه

توسعه تولید همزمان برق و حرارت^۱ (CHP) ب عنوان یکی از راهکارهای مؤثر برای ارتقای بازدهی انرژی در کشور و افزایش ظرفیت تولید برق، افزایش مشارکت بخش خصوصی در بخش انرژی، کاهش تلفات در شبکه توزیع و دستیابی به تعهدات بین‌المللی کشور در راستای کاهش انتشار کربن، مورد توجه قرار گرفته است؛ چنان‌که در بسیاری از اسناد بالادستی کشور، اعم از برنامه‌های پنج‌ساله، قانون اصلاح الگوی مصرف و مصوبات شورای عالی انرژی و همچنین سیاست‌های اقتصاد مقاومتی، به آن اشاره مستقیم شده است. اولین حمایت‌ها در راستای توسعه این صنعت در سال ۱۳۸۷ و با ابلاغ مصوبه‌ای به منظور جلب مشارکت سرمایه‌گذاران در توسعه تولید پراکنده برق و همچنین بهره‌گیری هرچه بیشتر از مزایای سیستم‌های تولید همزمان برق و حرارت صورت گرفت.

درحالی‌که مجموع ظرفیت اسمی نیروگاه‌های تولید پراکنده از سال ۱۳۸۷ تا پایان سال ۱۳۹۵، حدود ۷۳۵ مگاوات بوده است، بر اساس قانون برنامه ششم توسعه، وزارت نیرو مکلف شده تا پایان برنامه (سال ۱۴۰۰)، توان تولید برق را از طریق سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی، تعاونی و خصوصی و همچنین از محل منابع داخلی شرکت‌های تابعه، به میزان ۲۵۰۰۰ مگاوات افزایش دهد^۲ که ۳۰۰۰ مگاوات آن از طریق تولید پراکنده (DG) و تولید همزمان (CHP) برنامه‌ریزی شده است. این در حالی است که توسعه این فناوری تاکنون مطابق برنامه‌ریزی‌ها محقق نشده و همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، طی دو سال اول برنامه ششم (سال‌های ۹۶ و ۹۷)، مجموع ظرفیت اسمی نیروگاه‌های تولید پراکنده جدید، کمتر از نیمی از هدف‌گذاری صورت گرفته بوده است.

بدیهی است اگر روند توسعه این فناوری و موانع توسعه آن در ده سال گذشته، به‌درستی مورد تجزیه و تحلیل قرار نگیرد، دستیابی به اهداف تعیین‌شده، دور از انتظار خواهد بود؛ لذا مسئله اصلی در این مقاله، بررسی علل و عوامل عدم توسعه فناوری تولید همزمان برق و حرارت در کشور مطابق با اهداف پیش‌بینی شده است. طبیعی است در نگاه اول، می‌توان دلایلی همچون عدم تخصیص تسهیلات دولتی مناسب یا عدم هماهنگی نهادهای تصمیم‌گیری در این امر را نام برد، اما بررسی دقیق‌تر،

جدول (۱): آمار بهره‌برداری واحدهای DG در کشور از زمان آغاز طرح تا پایان سال ۱۳۹۷^۲

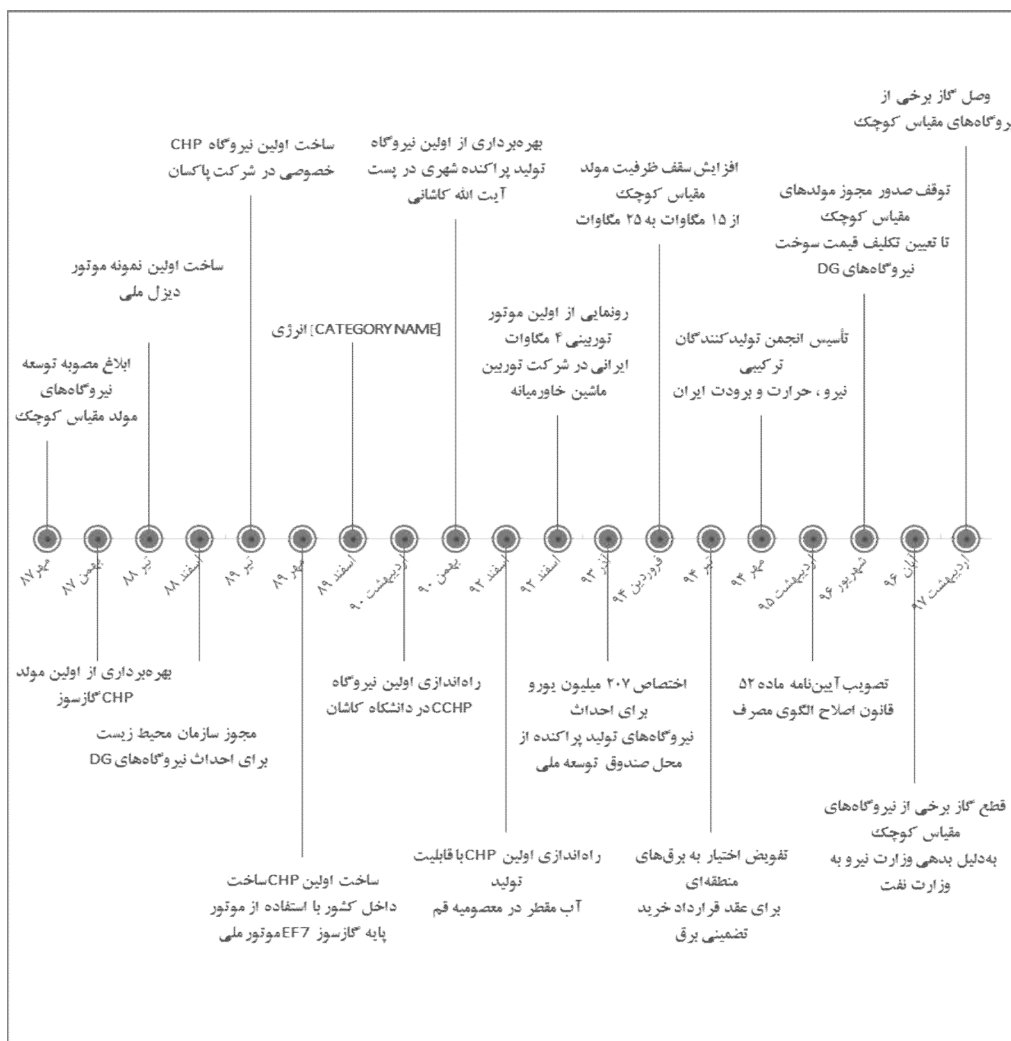
سال	تعداد واحد	ظرفیت اسمی	ظرفیت عملی	تجمیعی تعداد کل نیروگاه‌های نصب‌شده	پراکنده نصب‌شده (MW)	تجمیعی ظرفیت اسمی تولید	پراکنده نصب‌شده (MW)	تجمیعی ظرفیت عملی تولید
۸۸	۳	۷	۷	۴	۷	۷	۷	۷
۸۹	۲	۱۶/۶	۱۴/۵	۵	۲۳/۶	۲۱/۵	۲۱/۵	۲۱/۵
۹۰	۱۰	۴۵/۸	۴۳/۷	۱۵	۶۹/۴	۶۵/۲	۶۵/۲	۶۵/۲
۹۱	۱۱	۹۴/۶	۷۶/۶	۲۶	۱۶۴	۱۴۱/۸	۱۴۱/۸	۱۴۱/۸
۹۲	۱۳	۱۱۲/۳	۸۹/۹	۳۹	۲۷۶/۳	۲۳۱/۷	۲۳۱/۷	۲۳۱/۷
۹۳	۱۲	۱۴۹/۵	۱۱۸/۱	۵۱	۴۲۵/۸	۳۴۹/۸	۳۴۹/۸	۳۴۹/۸
۹۴	۱۹	۱۶۲/۷	۱۱۷/۷	۷۰	۵۸۸/۵	۴۶۷/۵	۴۶۷/۵	۴۶۷/۵
۹۵	۲۹	۱۴۶/۴	۱۳۸/۶	۹۹	۷۳۴/۹	۶۰۶/۱	۶۰۶/۱	۶۰۶/۱
۹۶	۲۲	۱۲۸/۵	۱۳۰/۱	۱۲۱	۸۶۳/۴	۷۳۶/۲	۷۳۶/۲	۷۳۶/۲
۹۷	۶۴	۳۰۸/۶	۵۶/۸	۱۸۵	۱۱۷۲	۷۹۳	۷۹۳	۷۹۳

شکل (۱) سیر زمانی رویدادهای کلیدی در توسعه نیروگاه‌های تولید پراکنده مقیاس کوچک در کشور و به‌تبع آن، سیستم‌های تولید همزمان برق و حرارت (CHP) را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در خلال سال‌های ۹۵ تا ۹۶، روند رشد فناوری CHP با توقف روبه‌رو شده است. همچنین در خلال سال‌های رشد، توسعه مدنظر سیاست‌گذاران در فناوری تولید همزمان حاصل نشده است. بنابراین هدف این تحقیق، استخراج علل و عوامل نامشهود در شکل (۱)، یا به‌عبارت دیگر، موانع پنهان عدم توسعه این فناوری (به‌عنوان نمونه‌ای از سایر فناوری‌های کم‌کربن) در کشور است که در تحلیل‌های موجود مورد توجه کافی قرار نمی‌گیرند.

۳. برگرفته از گزارش‌های ماهانه دفتر تولید پراکنده و انرژی‌های نو شرکت توانیر https://www.tavanir.org.ir/planning/ren_dg/index.php

1. Combined Heat and Power (CHP)

۲. بند «ت» ماده ۴۸ قانون برنامه ششم توسعه



شکل (۱): سیر زمانی رویدادهای کلیدی در توسعه نیروگاه‌های تولید پراکنده مقیاس کوچک در ایران

۲. مرور ادبیات

۱. گذار فناورانه

به‌طور کلی، حرکت از سیستم تولید برق و حرارت موجود در کشور به سمت یک سیستم بهره‌ور و با فناوری جدیدتر، یک تغییر فناورانه را ایجاد می‌کند. تغییر فناورانه دارای ماهیتی چندبعدی است که باید در تحلیل و سیاست‌گذاری توسعه فناوری در نظر گرفته شود. فرایند توسعه فناوری در نگاه جامعه‌شناسی، چیزی فراتر از ابعاد فنی و به صورت یک پیکره‌بندی^۱ (مجموعه به هم پیوسته‌ای^۲ از اجزا) تعریف می‌شود [۱]. با در نظر گرفتن این تعریف، ظهور فناوری‌های نو همواره با مشکل عدم تطابق^۳ با پیکره‌بندی‌های موجود نظام‌های فنی-اجتماعی روبه‌روست [۲]. گذشت زمان و ایستایی ایجادشده در

بنا بر توضیحات ارائه‌شده، این مقاله تلاش دارد تا برای نخستین بار، مسئله عدم توسعه فناوری تولید همزمان برق و حرارت در کشور را با استفاده از رویکرد تحلیل چندسطحی به‌عنوان مهم‌ترین و رایج‌ترین رویکرد تحلیل گذارهای پایدار در حوزه انرژی، مورد بررسی قرار داده و به استخراج مهم‌ترین موانع عدم توسعه این فناوری تا امروز بپردازد. در بخش دوم این مقاله، مروری بر ادبیات گذار فناورانه و رویکرد چندسطحی و مطالعات مشابه انجام‌شده صورت می‌گیرد. در بخش بعدی، موانع استخراج‌شده با استفاده از رویکرد چندسطحی تشریح شده و در نهایت، مدل ساختاری موانع که ارتباط آن‌ها را در سطوح مختلف با یکدیگر نشان می‌دهد، تبیین می‌شود.

1. Configuration
2. Interrelated
3. Mismatched

دلایل مختلف راهبردی مورد توجه قرار می‌گیرند، ممکن است لزوماً از نظر اقتصادی جذابیت نداشته باشند. به همین دلیل، مداخله دولت در تشویق بخش خصوصی به ورود به توسعه این فناوری‌ها ضروری است [۷]. از سوی دیگر، لازمه مداخله دولت، شناسایی و تحلیل توسعه فناوری و علل عدم تحقق اهداف در نظر گرفته شده برای این حوزه است [۱۰].

با توجه به شباهت مسیر توسعه فناوری‌های بخش انرژی، رویکرد چندسطحی^۳، دید جامع‌تری از موانع و پیشران‌های توسعه فناوری در بخش انرژی کشور ارائه خواهد داد، زیرا خاستگاه اصلی این رویکرد، حوزه انرژی بوده است [۵]. مهم‌ترین دلیل انتخاب این روش نسبت به سایر رویکردهای تکاملی، اولاً نگاه سیستمی و جامع‌تر این رویکرد به تحلیل توسعه فناوری بوده و ثانیاً چندبعدی بودن این رویکرد که عوامل اجتماعی و محیطی را در تحلیل‌ها وارد می‌کند. نکته قابل ذکر دیگر، استفاده گسترده از این رویکرد در تحلیل گذارهای فناورانه به سمت فناوری‌های کم‌کربن، یا گذارهای پایدار است [۷].

اگرچه رویکردهای نظام نوآوری رواج بیشتری در تحقیقات این حوزه داشته‌اند، اما مطالعات جدیدتر، تلاش کرده‌اند برخی ضعف‌های موجود در این رویکردها، نظیر تمرکز بر طرف عرضه و عدم در نظر گرفتن موانع اجتماعی گذار بلندمدت را پوشش دهند و در این راه رویکرد چندسطحی را مورد استفاده قرار داده‌اند [۷، ۱۱-۱۳].

۲.۲. رویکرد تحلیل چندسطحی

رویکرد چندسطحی رویکردی تکاملی است که به مطالعه گذارهای بلندمدت تاریخی در حوزه‌های عملی می‌پردازد. مأموریت این رویکرد تلاش برای شناسایی و کشف الگوهای تعامل‌های پیچیده (که منجر به ایجاد تغییرات می‌شوند) میان اجزای نظام‌های اجتماعی فنی، و در طی زمان است. رویکرد چندسطحی را می‌توان نتیجه ترکیب مفهومی اقتصاد تکاملی و مطالعات فناوری دانست [۵]. رویکرد چندسطحی با در نظرگیری سه لایه‌ی تودرتو^۴ و سلسله‌مراتبی^۵ شامل لایه خرد (گوشه‌ها)، میانی (رژیم اجتماعی فنی)، و کلان (برون‌سیستم)، به تحلیل مسیر گذار می‌پردازد. شکل (۲) این لایه‌ها و تعاملات آن‌ها را نشان می‌دهد.

بیکره‌بندی نظام‌های اجتماعی فنی، اغلب به ایجاد قفل‌شدگی یا وابستگی به مسیر منجر می‌شود. مطالعات مختلفی به وجود این وضعیت به‌خصوص در فناوری‌های مرتبط با حوزه انرژی پرداخته‌اند [۳]. این قفل‌شدگی توسط هنجارها و گفتمان‌های شکل گرفته در سیستم‌های قدیمی شکل می‌گیرد و از دلایل آن می‌توان به اقتصاد مقیاس در فناوری‌های قدیمی، شکل‌گیری توانمندی‌ها، سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته در ماشین‌آلات، تعهدات نهادها و لابی‌های سیاسی اشاره کرد [۴].

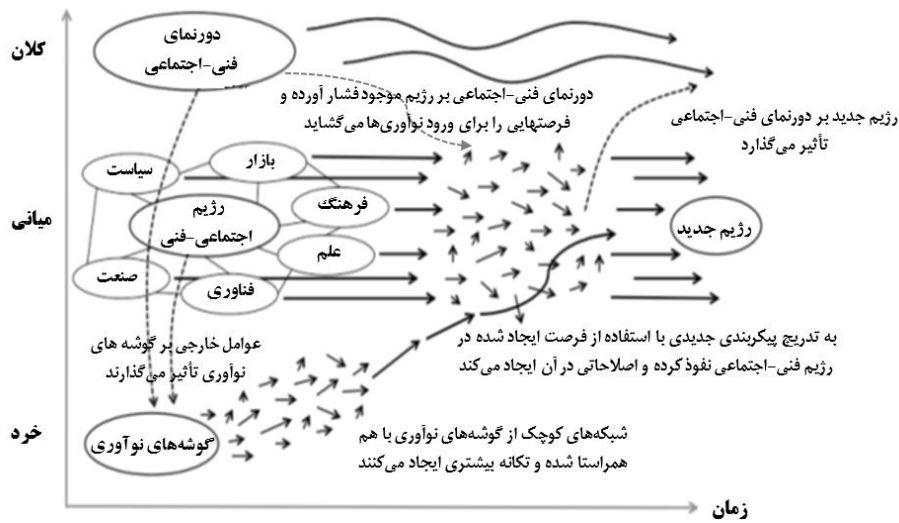
مفهوم گذار فناورانه را می‌توان رایج‌ترین مفهومی دانست که هر دو بُعد اجتماعی و فنی را در توسعه فناوری مدنظر قرار می‌دهد. بر اساس تعریف گیلز، گذار فناورانه عبارت است از: «تغییر از یک ساختار اجتماعی فنی به ساختاری دیگر که شامل جایگزینی فناوری به‌همراه تغییراتی در دیگر اجزا مثل فعالیت‌های بازیگران، قوانین، شبکه‌های صنعتی، زیرساخت‌ها و مفاهیم الگو و نمادین است» [۵]. گذار پایدار^۱ موضوعی است که ادبیات جامعی درباره آن شکل گرفته و بیانگر فرایندهای بلندمدت و چندبعدی تغییر در سیستم‌های اجتماعی فنی استقرار یافته به سمت سیستم‌های پایدارتری است که الگوهای مصرف و تولید متفاوتی دارند.

مفهوم گذار فناورانه، با در نظر گرفتن مسیر تغییرات فناورانه به‌صورت فرایندی پیچیده و چندبعدی، ابزار خوبی برای تحلیل و سیاست‌گذاری توسعه فناوری به دست می‌دهد. گذار رژیم‌های اجتماعی فنی حوزه انرژی به سمت فناوری‌های کم‌کربن که در ادبیات، گذار پایدار نامیده می‌شود نیز فرایند چندبعدی و حاصل تعاملات عوامل مختلف اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی بوده و تحلیل آن به رویکرد جامعی نیاز دارد [۷].

رویکردهای تکاملی تحلیل و سیاست‌گذاری گذارهای فناورانه که در برابر رویکردهای نئوکلاسیک و سایر رویکردهای سنتی قرار می‌گیرد، برخلاف مدل‌های سنتی، نوآوری و توسعه فناوری را نتیجه تعاملات همه بازیگران و یک فرایند پویا و هم تکاملی^۲ می‌دانند [۸]. نقطه اصلی مداخلات سیاستی در این رویکردها، مشکلات سیستمی بوده و هدف از مداخله دولت یا به‌عبارت دیگر، سیاست‌گذاری در این رویکردها، غلبه بر این مشکلات است. در واقع بر اساس دیدگاه صاحب‌نظران در رویکردهای تکاملی و سیستمی، سیاست‌گذاران باید سیاست‌های خود را بر اساس مشکلات و موانع سیستمی تنظیم کنند [۹]. به‌علت اینکه فناوری‌های کم‌کربن که فناوری CHP نیز در شمول آن است، با هدف کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و به

3. Multi-Level Perspective (MLP)
4. Nested
5. Hierarchy

1. Sustainable Transition
2. Co-evolutionary



شکل (۲): سطوح سه گانه رویکرد چندسطحی (برگرفته از گیلز ۲۰۱۱)

سطح کلان یا به اصطلاح برون سیستم (دورنما)^۴ نیز شامل مجموعه‌ای از عوامل می‌شود که بر نوآوری یا فرایندهای گذار تأثیر می‌گذارند اما به سختی (یا تنها در دوره زمانی بلندمدت) تأثیر می‌پذیرند. عوامل این سطح شامل روندهای جمعیتی، گفتمان‌های سیاسی، ارزش‌های اجتماعی و کلان‌روندهای اقتصادی هستند [۱۲].

سطح کلان با فراهم آوردن محیطی از تعامل نیروهای مختلف، به نحوه انجام فعالیت‌ها جهت می‌دهد. از لحاظ ساختاری، سطح کلان متفاوت از دو لایه خرد و میانی است و شامل عوامل کلان اقتصادی (مانند میزان رشد اقتصادی)، الگوهای ریشه‌دار اجتماعی (مانند مهاجرت)، توسعه‌های کلان سیاسی (مانند انقلاب‌ها و دولت‌ها)، و عوامل زیست‌محیطی (تغییرات آب‌وهوایی) می‌شود [۱۵]. تأثیر این عوامل (و به تبع آن لایه کلان) بر لایه رژیم یا به صورت تقویت‌کننده^۵ و برای ثبات و پایدارتر کردن لایه رژیم است یا به صورت مخرب^۶ و برای از هم پاشیدن ساختار یکپارچه رژیم. همچنین تغییرات در این لایه هم شامل تغییرات تدریجی و بلندمدت (نظیر تغییرات جمعیتی) شده و هم شامل تغییرات سریع و ناگهانی (نظیر بحران‌های اقتصادی و سیاسی) می‌شود [۱۲].

اسماعیل زاده و همکاران در پژوهشی به استخراج عوامل کلان اثرگذار بر نظام نوآوری فناورانه فتوولتائیک در ایران پرداخته‌اند؛ آن‌ها اگرچه مبنای تحلیل خود را رویکرد نظام نوآوری قرار داده‌اند، اشاره می‌کنند که این رویکرد درون‌نگر بوده و به عوامل کلان توجه نمی‌کند؛ به همین دلیل به‌عنوان یک رویکرد مکمل، رویکرد چندسطحی را برای تحلیل عوامل کلان مورد استفاده قرار داده‌اند. در

در لایه خرد، با ایجاد محیطی حفاظت‌شده و به‌دور از فشارهای بازار و انتظارات موجود در نظام اجتماعی فنی موجود، شرایط لازم برای پرورش نوآوری بنیادین فراهم می‌شود. از این محیط‌های حفاظت‌شده به‌عنوان گوشه^۱ یا آشیانه نوآوری یاد می‌شود. بازیگران این لایه نظیر کارآفرینان و نوآوران، بر روی فناوری‌ها و نوآوری‌هایی کار می‌کنند که با رژیم موجود تطابق ندارند و تلاش می‌کنند که رژیم موجود را تغییر داده یا در نهایت آن را با رژیم جدید منطبق بر فناوری جدید جایگزین کنند [۱۲]. راهکارهایی که در سطح گوشه توسعه می‌یابند، می‌توانند فناوری‌های جدید، روش‌های جدید سازمان‌دهی سیستم‌ها برای پاسخ‌گویی به تقاضای انرژی و رفتارهای جدید در مصرف انرژی باشند [۱۴].

مفهوم کلیدی در رویکرد مذکور، رژیم فنی-اجتماعی^۲ است که یک ساختار منسجم و بسیار پایدار در سطح میانی بوده و با محصولات و فناوری‌های موجود، زیرساخت‌ها، عادات مصرف‌کنندگان، بازیگران موجود، انتظارات، هنجارها، قوانین و... مشخص می‌شود [۷]. بر اساس این رویکرد تکاملی، رژیم، نماینده محیطی است که توسعه فناورانه در یک حوزه یا بخش خاص هدف‌گذاری و انتخاب می‌شود. لایه میانی با همگرا کردن مسیر تحقیقات و راهبری فعالیت‌ها به سمت مقصدی معین، منجر به شکل‌گیری خط سیرهای فناورانه^۳ می‌شود [۵]. در واقع این لایه مهم‌ترین سطح در رویکرد چندسطحی بوده و ارتباط دو لایه دیگر با این لایه مورد تحلیل قرار می‌گیرد؛ زیرا گذار به معنی تغییر یک رژیم به رژیم دیگر است [۵].

4. Landscape
5. Reinforcing
6. Destructive

1. Niche
2. Socio-technical regime
3. Technological trajectory

رژیم‌های فنی اجتماعی شناخته شده‌اند. آن‌ها غلبه بر این موانع را نیازمند یک رویکرد جامع‌نگر و سیستمی می‌دانند و رویکرد چندسطحی را برای این کار پیشنهاد می‌کنند [۱۳].

گیلز که نظریه‌پرداز نخست رویکرد چندسطحی است، در یکی از جدیدترین مقالات خود، رویکرد نوآوری‌های برافکن^۱ را برای تحلیل تغییرات فناورانه فناوری‌های کم‌کربن مورد بررسی قرار داده و به سه محدودیت این چهارچوب اشاره می‌کند. وی توضیح می‌دهد که رویکرد چندسطحی چگونه می‌تواند این محدودیت‌ها را پوشش داده و چهارچوب بهتری برای تحلیل گذار فناوری‌های کم‌کربن ارائه دهد. وی یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های رویکرد چندسطحی را گسترش مرز تحلیل از فناوری به سیستم‌های اجتماعی فنی می‌داند [۷].

همان‌طور که توضیح داده شد، در مطالعات جدیدتر از رویکرد چندسطحی برای دستیابی به تحلیلی جامع‌تر در خصوص توسعه فناوری‌های کم‌کربن و گذار سیستم‌های انرژی استفاده بیشتری می‌شود. رویکرد چندسطحی رویکردی است که اولاً مزایای رویکردهای دیگر مدیریت گذار را تا حد زیادی شامل می‌شود، ثانیاً چندجانبه بوده و موارد سطوح عمیق‌تر را نیز مورد توجه قرار می‌دهد. بر همین اساس، این رویکرد به‌عنوان مبنای استخراج موانع توسعه فناوری CHP در این مقاله مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس سطوح رویکرد چندسطحی، سه سطح از مشکلات و موانع استخراج شده و ارتباط آن‌ها با یکدیگر تبیین شده که در بخش بعدی توضیحات مربوط به این موانع ارائه شده است.

۳. روش تحقیق

تحقیق حاضر از منظر نوع تحقیق، طبق دسته‌بندی بلیکی (۲۰۰۹) که تحقیقات را به دو نوع عمومی بنیادی و کاربردی تقسیم می‌کند [۲۰]، تحقیق کاربردی است؛ زیرا از عوامل و مفاهیم موجود در ادبیات رویکرد چندسطحی، برای شناسایی موانع توسعه فناوری خاص استفاده کرده است. از بین انواع تحقیقات کاربردی نیز، این مقاله از نوع همبستگی است که در آن، روابط بین متغیرهای گوناگون بر اساس هدف تحقیق بررسی می‌شود [۲۱].

به منظور نیل به هدف تحقیق که شناسایی موانع توسعه فناوری تولید همزمان برق و حرارت در ایران بود، مراحل مختلفی انجام شد. در مرحله اول، مدل تحلیل چندسطحی که از دسته رویکردهای تکاملی است، بر اساس توضیحاتی که در قسمت‌های قبلی ارائه شد، انتخاب گردید.

این تحقیق، عواملی همچون قیمت نفت و سیاست‌های کلان دولتی به‌عنوان عوامل کلان اثرگذار بر توسعه فناوری فتوولتائیک، با استفاده از رویکرد چندسطحی معرفی شده‌اند [۱۶].

موسوی و همکاران نیز با استفاده از رویکرد چندسطحی به تحلیل گذار فناورانه در انرژی بادی و خورشیدی در ایران پرداخته‌اند. آن‌ها اشاره می‌کنند که برای دستیابی به تحلیل جامع‌تر و درست‌تری در سطح کلان، رویکرد نظام نوآوری به‌تنهایی پاسخگو نبوده و باید به رویکرد چندسطحی توجه شود. آن‌ها بر همین اساس، مسیر اتفاقات صورت‌گرفته در حوزه انرژی بادی و خورشیدی را تحلیل کرده و نتیجه می‌گیرند که رژیم انرژی فسیلی موجود در کشور، یکی از مهم‌ترین موانع توسعه فناوری‌های تجدیدپذیر در ایران است [۱۷].

پراتوریس و همکاران در مقاله‌ای به تحلیل و مقایسه توسعه فناوری CHP در آلمان و انگلستان پرداخته‌اند. اگرچه رویکرد مورد استفاده آن‌ها نظام نوآوری فناورانه بوده، نتیجه می‌گیرند که سیاست‌های کلان نوآوری عامل تعیین‌کننده‌ای در توسعه این فناوری در هر دو کشور بوده است [۱۸].

هودسون و همکاران در مطالعه خود، با استفاده از رویکرد نظام نوآوری فناورانه به بررسی توسعه فناوری Micro-CHP در انگلستان پرداخته و عوامل پیشران و موانع توسعه این فناوری را در انگلستان بررسی کرده‌اند. پیشنهادهای سیاستی ارائه‌شده در این مطالعه، ناظر به شفاف‌سازی سیاست‌ها و اهداف ملی و نیز تنظیمات نهادی در حوزه فناوری مورد مطالعه است و به عوامل کلان و به‌خصوص رژیم فنی اجتماعی موجود اشاره‌ای نشده است [۱۹].

وبر و روهرچر در مقاله خود، چهارچوب جامعی با تلفیق رویکرد نظام نوآوری و تحلیل چندسطحی به‌منظور استخراج شکست‌ها و تحلیل تغییرات فناورانه ارائه داده‌اند. آن‌ها معتقدند به‌منظور بررسی تغییرات کلان استراتژیک سیستم‌های تولید و مصرف و نیز چالش‌های کلانی مثل تغییرات اقلیمی و کاهش منابع انرژی، رویکرد نظام نوآوری پاسخگو نبوده و به‌کمک رویکرد چندسطحی تلاش کرده‌اند تا به چهارچوب جامع‌تری برای تحلیل تغییرات فناورانه دست یابند [۱۱].

برکلی و همکاران در مقاله‌ای به بررسی گذار فناورانه در خصوص خودروهای الکتریکی در اروپا، با استفاده از رویکرد چندسطحی پرداخته‌اند؛ آن‌ها نتیجه می‌گیرند که امنیت انرژی و مسائل زیست‌محیطی، محرک‌های اصلی توسعه وسایل نقلیه الکتریکی در سطح کلان بوده و از طرف دیگر، رژیم‌های مصرف سوخت موجود، مهم‌ترین موانع توسعه این خودروها در سطح

در مرحله بعدی، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با خبرگان و فعالان حوزه تولید همزمان برق و حرارت، به منظور اخذ نظرات آنان در خصوص موانع موجود انجام شد. مصاحبه نیمه‌ساختاریافته از این رو انتخاب شد که عوامل و دسته‌بندی عمومی موانع، بر اساس رویکرد چندسطحی از قبل تعیین شده و تلاش بر این بود که نظرات افراد در قالب سطوح اشاره‌شده در رویکرد چندسطحی مطرح شود. البته در مواقعی که مشکلاتی خارج از این سطوح بیان می‌شد، آن موارد را نیز به موانع قبلی اضافه می‌کرد.

خبرگان و فعالان مورد مصاحبه، در سه دسته عمومی سیاست‌گذاران و مدیران دولتی بخش انرژی، خبرگان دانشگاهی متخصص در حوزه CHP و فعالان صنعتی و اجتماعی در این حوزه تقسیم شدند و در مجموع با ۱۲ تن از خبرگان این حوزه، جلسات مصاحبه برگزار شد که شامل ۵ فعال صنعتی، ۵ مدیر دولتی و ۲ خیره دانشگاهی بودند.

بر اساس نظرات خبرگان در جلسات مصاحبه، فهرستی از موانع توسعه فناوری CHP که موجب عدم تحقق برنامه‌های پیش‌بینی شده بودند، به شرح جدول (۲) استخراج شد.

شایان ذکر است به منظور تعیین زیردسته‌های مربوط به هر یک از سطوح مختلف، از ادبیات نظام نوآوری فناورانه و تحلیل چندسطحی استفاده شده است. با توجه به اینکه نظام نوآوری فناورانه بیشتر بر سطح گوشه تمرکز دارد، زیردسته‌های مربوط به این سطح از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه که مربوط به توسعه دانش و نوآوری می‌شدند، استخراج گردید. در سطح میانی، از عوامل ساختاری نظام نوآوری فناورانه الهام گرفته شد؛ زیرا طبق نظر مارکارد و تروفر، لایه عوامل ساختاری با لایه میانی تحلیل چندسطحی تطابق دارد [۶]. سایر زیردسته‌ها نیز از عوامل مختلفی که نویسندگان حوزه MLP در مقالات مختلف نام برده‌اند، استخراج شده است. در مرحله نهایی تحقیق، زیردسته‌ها و موانع ذیل هر یک با استفاده از روش تحلیل عاملی تأییدی، مورد تأیید قرار گرفته‌اند.

در مرحله بعدی تحقیق، از روش تحلیل عاملی تأییدی برای آزمون همبستگی بین موانع استخراج‌شده استفاده شد. به این منظور، پرسشنامه‌ای شامل موانع اشاره‌شده در جدول (۲) تهیه گردید. در این پرسشنامه، بر اساس طیف ۵ تایی لیکرت، از مخاطبان درخواست شد بنا بر نظر خود، به هر یک از موانع اشاره‌شده عددی از ۱ تا ۵ اختصاص دهند. عدد ۱ به معنی عدم اهمیت مانع اشاره‌شده در وضعیت کنونی و عدد ۵ به معنی شدت زیاد وجود مانع ذکر شده در حال حاضر تعریف گردید.

پرسشنامه مزبور برای ۱۶۱ نفر از خبرگان ارسال شد که جدول (۳) ویژگی‌های این خبرگان را نشان می‌دهد. این تعداد از خبرگان

بر اساس روش نمونه‌گیری تخصصی و با معرفی خبرگان مرحله پیشین توسط محقق قابل دسترسی بوده و به‌عنوان مخاطبان پرسشنامه انتخاب شده‌اند. برای سنجش روایی پرسشنامه از شاخص روایی همگرا^۱ استفاده شده است؛ به این معنا که نشانگرهای هر سازه در نهایت تفکیک مناسبی را به لحاظ اندازه‌گیری نسبت به سازه‌های دیگر مدل فراهم آورند. به عبارت ساده‌تر، هر یک از موانع فقط نماینده سطح خود بوده و ترکیب عوامل و موانع مربوط به هر یک به گونه‌ای باشد که تمام آن‌ها به خوبی از یکدیگر تفکیک شوند. با کمک شاخص میانگین واریانس استخراج‌شده (AVE) مشخص شد که تمام سازه‌های مورد مطالعه دارای میانگین واریانس استخراج‌شده بالاتر از ۰/۵ هستند و روایی همگرا بر این اساس مورد تأیید است [۲۲]. نتایج بررسی پایایی و روایی همگرا پس از حذف و اصلاح متغیرهای تحقیق، در جدول (۴) آمده است. همچنین بر اساس سطح معنی‌داری حاصل از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، مشاهده می‌شود که اکثر متغیرهای تحقیق دارای توزیع نرمال نیستند. در مجموع، ۱۴۶ پرسشنامه تکمیل شده برای محقق ارسال شد که با توجه به درصد قابل قبول بازگشت پرسشنامه، همین تعداد مبنای بررسی همبستگی متغیرها قرار گرفت و از تکنیک تحلیل عاملی تأییدی (CFA) با استفاده از روش حداقل مربعات جزئی (PLS) با کمک نرم‌افزار SMARTPLS نسخه ۳ استفاده شده است. یکی از عمده‌ترین دلایل استفاده از تکنیک حداقل مربعات جزئی این است که این تکنیک به فرض نرمال بودن جامعه و همچنین حجم نمونه متکی نیست. از این روش زمانی که حجم نمونه کوچک بوده یا توزیع متغیرها نرمال نباشد، استفاده می‌شود [۲۳].

۴. نتایج

جدول (۴) میانگین و انحراف معیار پاسخ‌ها، شاخص‌های پایایی (آلفای کرونباخ (CA^۲) و پایایی ترکیبی (CR^۴))، شاخص نیکویی برازش مدل (GOF) و روایی همگرا را نشان می‌دهد.

آلفای کرونباخ میزان بارگیری همزمان متغیرهای مکنون یا سازه را در زمان افزایش یک متغیر آشکار اندازه‌گیری می‌کند. مقدار این شاخص از ۰ تا ۱ بوده و برای تأیید پایایی، مقدار این شاخص نباید کمتر از ۰/۷ باشد [۲۴]. مقادیر شاخص پایایی ترکیبی نیز که جایگزینی برای آلفای کرونباخ است، بین ۰ تا ۱ می‌باشد و مقدار آن نباید کمتر از ۰/۶ باشد [۲۵]. مطابق جدول تمامی مقادیر آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی (به جز دو مؤلفه کارآفرینی و بازیگران که مقدار کمتری از حد مجاز دارند و با توجه به اینکه دارای دو سؤال

1. Convergent Validity
2. Average Variance Extracted
3. Cronbach's Alpha
4. Composite Reliability

بوده و امکان حذف سؤال و بهبود پایایی آن وجود ندارد، به‌ناچار این دو مؤلفه از ادامه تحلیل و مدل تحقیق حذف می‌شوند) از مقدار اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد، برابر ۰/۶۸۶ بوده و از مقدار ۰/۴ حد قابل قبول بزرگ‌تر شده و پایایی پرسشنامه قابل تأیید می‌باشد. بزرگ‌تر شده است که نشان از برازش مناسب مدل دارد [۲۶].

جدول (۲): موانع استخراج شده از مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته بر اساس رویکرد چندسطحی

حرف نشانه	موانع	زیردسته	دسته
A1	نبود برندهای معتبر داخلی برای محرک‌های اولیه و تجهیزات الکتریکی در داخل کشور	کارآفرینی	موانع سطح گوشه
A2	کاهش تمایل شرکت‌های خصوصی برای احداث نیروگاه‌های تولید همزمان برق و حرارت در سال‌های اخیر	توسعه دانش	
B1	رسوب عمده دانش فنی CHP در کشور آمریکا و عدم دسترسی مناسب شرکت‌های ایرانی به دانش روز دنیا		
B2	نبود فعالیت‌های تحقیق و توسعه متناسب با نیازهای کشور در حوزه CHP	انتشار دانش	
C1	نبود برنامه‌های آگاه‌سازی و انتقال تجربیات موفق در خصوص مزایای CHP برای تحریک بخش تقاضا	بازیگران	موانع سطح فنی-اقتصادی
C2	نبود فعالیت گروه‌های اجتماعی در انتشار دانش و آگاه‌سازی گروه‌های مختلف		
D1	نبود متولی مشخص برای بخش حرارت در نیروگاه‌های CHP	نهادهای	
D2	تفویض کامل مسئولیت توسعه CHP به وزارت نیرو و عدم همکاری سایر دستگاه‌ها		
E1	قوانین و مقررات متعدد و ناهماهنگ در زمینه نصب نیروگاه‌های مقیاس کوچک تولید همزمان برق و حرارت		زیرساخت‌ها
E2	نبود استانداردها و قوانین لازم برای اتصال نیروگاه‌های CHP در ابعاد میکرو به شبکه		
E3	نبود نظام تعرفه‌های مناسب برق و گاز برای جذاب کردن استفاده از مولدهای CHP		
E4	بوروکراسی زیاد و تعدد مجوزهای قانونی لازم برای نصب نیروگاه‌های CHP		
F1	نبود زیرساخت شبکه هوشمند در اتصال نیروگاه‌های CHP به شبکه	موانع سطح رژیم‌های فنی-اقتصادی	
F2	نبود سامانه‌های مکمل مانند سیستم تعمیرات و نگهداری و خدمات پس از نصب		
G1	فعالیت افراد غیرمتخصص تحت عنوان دلال (به ویژه در واردات موتور دست دوم)		ساختار صنعت
G2	رایج بودن استفاده از برق شبکه سراسری بجای برق تولیدی در واحدهای پراکنده		
G3	نبود متولی واحد برای بخش انرژی در کشور		
G4	تصدی‌گری دولت در صنایع و عدم شفافیت ساختار صنعت		
H1	رایج بودن استفاده از گاز برای تولید حرارت	عادات مصرفی	موانع سطح کلان
H2	ترجیح مصرف‌کنندگان به استفاده از روش‌های رایج تأمین انرژی به‌جای روش‌های نوین		
H3	تمایل مصرف‌کنندگان به داشتن استقلال در مصرف برق و حرارت در بخش خانگی و تجاری		
I1	عدم اطمینان بخش عرضه به کارایی، قیمت و قابلیت تجاری شدن نمونه‌های داخلی	فناوری‌های جایگزین	
I2	وجود رقابت جدی با انرژی‌های تجدیدپذیر		
I3	وجود سیستم‌های رقیب برای تأمین برق و حرارت در بخش خانگی		
J1	نبود انسجام سیاستی و ثبات مدیریت در دستگاه‌های مسئول	موانع سیاسی	
J2	عدم اعتماد بخش خصوصی و سرمایه‌گذاران به کسب و کارهای مرتبط با بخش دولتی		
J3	تحریم‌ها و مشکلات موجود در روابط بین‌الملل		
K1	نبود هدف و برنامه کلان مشخص در حوزه CHP	موانع چشم‌اندازی	موانع سطح کلان
K2	مشخص نبودن سهم هریک از انرژی‌ها در سبد تأمین و بهینه‌سازی انرژی در سطح ملی		
K3	نبود بازخورد از اجرا و عدم بازنگری بموقع و کارآمد در سیاست‌ها و برنامه‌های ملی		
L1	ارزش بودن کسب درآمد از هر طریق و در کوتاه‌ترین زمان ممکن	موانع فرهنگی	
L2	ترجیح دادن فناوری و محصولات خارجی به نمونه‌های داخلی		
L3	تغییر برنامه‌ها و سیاست‌ها با تغییر مدیران ارشد		
L4	فرهنگ کار جزیره‌ای و موازی‌کاری و نبود همکاری میان‌بخشی در دولت		
M1	نبود ثبات نرخ ارز	موانع اقتصادی	
M2	مناسب نبودن زیرساخت‌های کسب و کار در کشور		
M3	وجود بازارهای رقیب قوی با نرخ‌های سود بالا که جذابیت سرمایه‌گذاری در حوزه CHP را کاهش می‌دهد.		
M4	پایین بودن قیمت حامل‌های انرژی		

جدول (۳): ویژگی‌های نمونه آماری پرسشنامه‌های شدت وجود

موانع		
تعداد	تحصیلات	جایگاه/سمت
۴۶	کارشناسی ارشد - دکتری	اعضای هیئت علمی و محققان دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و مؤسسات علمی
۴۸	کارشناسی به بالا	مدیران و کارشناسان دستگاه‌های دولتی مسئول
۶۷	کارشناسی به بالا	فعالان حوزه صنعت، کسب و کار و گروه‌های اجتماعی
۱۶۱	جمع نفرات	

به بیان ساده‌تر، داده‌های این تحقیق، با ساختار عاملی و زیربنای نظری تحقیق، برازش مناسبی دارد و این بیانگر همسو بودن سؤالات پرسشنامه یا به عبارت دیگر موانع اشاره شده با سازه‌های نظری، یعنی عوامل مربوط به سطوح مختلف MLP است.

جدول (۵) ماتریس همبستگی بین متغیرهای تحقیق و شاخص روایی و اگر^۱ را نشان می‌دهد. لازمه تأیید روایی و اگر^۱ بیشتر بودن مقدار ریشه دوم میانگین واریانس تبیین شده از تمامی ضرایب همبستگی متغیر مربوط با باقی متغیرهاست [۲۲]. پایین قطر اصلی، ضرایب همبستگی پیرسون نشان داده شده‌اند. ضریب مثبت نشان‌دهنده رابطه مثبت و مستقیم و ضریب منفی نشان‌دهنده رابطه منفی و معکوس بین دو متغیر است. تمامی ضرایب همبستگی در سطح خطای کمتر از ۵٪ مثبت و معنادار هستند.

در نهایت برای اطمینان از روایی سازه یا ساختار ارتباطی در نظر گرفته شده برای موانع، از روش تحلیل عاملی تأییدی سه مرتبه‌ای استفاده شده است. تحلیل عاملی تأییدی یکی از روش‌های قدیمی آماری است که برای بررسی ارتباط بین متغیرهای مکنون (در اینجا سطوح روش چندسطحی) و متغیرهای مشاهده شده (در اینجا موانع) به کار برده می‌شود و بیانگر مدل اندازه‌گیری است [۲۷].

نتایج بارهای عاملی متغیرهای تحقیق در جدول (۴) نشان داده شده‌اند. تمامی مقادیر بارهای عاملی از ۰/۷ بیشتر شده‌اند و همچنین مقادیر محاسبه شده t برای هر یک از بارهای عاملی بالای ۱/۹۶ است. لذا می‌توان همسویی سؤالات پرسشنامه یعنی موانع را برای سنجش عوامل سطوح مختلف رویکرد چندسطحی معتبر نشان داد [۲۸]. در واقع نتایج جدول (۶) نشان می‌دهد آنچه سؤالات پرسشنامه قصد سنجش آن‌ها را داشته، توسط این ابزار محقق شده است؛ بنابراین پرسشنامه توزیع شده انعکاس خوبی از موانع موجود را نشان

می‌دهد. لذا روابط بین دسته‌ها و موانع مختلف قابل استناد است. عاملی که بار عاملی بیشتری داشته باشد، دارای اهمیت بیشتری نسبت به سایر عوامل است.

در موانع مربوط به توسعه دانش که مهم‌ترین موانع سطح گوشه بودند، هر دو مانع رسوب عمده دانش فنی CHP در کشور آمریکا و عدم دسترسی مناسب شرکت‌های ایرانی به دانش روز دنیا و عدم وجود فعالیت‌های تحقیق و توسعه متناسب با نیازهای کشور در حوزه CHP، امتیازهای مشابهی کسب کردند.

دو مانع مربوط به انتشار دانش نیز اولویت نسبتاً یکسانی داشتند. این دو مانع عبارت‌اند از عدم وجود برنامه‌های آگاه‌سازی و انتقال تجربیات موفق در خصوص مزایای CHP برای تحریک بخش تقاضا و عدم فعالیت گروه‌های اجتماعی در انتشار دانش و آگاه‌سازی گروه‌های مختلف.

در سطح رژیم فنی اجتماعی، در ذیل عامل نهادها، عدم وجود استانداردها و قوانین لازم برای اتصال نیروگاه‌های CHP در ابعاد میکرو به شبکه، مسئله اولویت‌دار از دید خبرگان بوده است. هر دو مانع زیرساختی اشاره شده، یعنی عدم وجود زیرساخت شبکه هوشمند در اتصال نیروگاه‌های CHP به شبکه و عدم وجود سامانه‌های مکمل مانند سیستم تعمیرات و نگهداری و خدمات پس از نصب، اهمیت یکسانی در ایجاد موانع توسعه CHP داشته‌اند.

در مشکلات مربوط به ساختار صنعت، رایج بودن استفاده از برق شبکه سراسری به جای برق تولیدی در واحدهای پراکنده با اختلاف نسبت به دیگر موانع، اهمیت بیشتری داشته است.

در عادات مصرفی نیز ترجیح مصرف‌کنندگان به استفاده از روش‌های رایج تأمین انرژی به جای روش‌های نوین، بیشترین اهمیت را دارد.

در نهایت، در ذیل موانع مربوط به فناوری‌های جایگزین، وجود سیستم‌های رقیب برای تأمین برق و حرارت در بخش خانگی، مهم‌ترین مانع شناخته شده است.

در موانع مربوط به سطح کلان نیز که دومین اهمیت را بعد از موانع رژیم دارند، موانع سیاسی اهمیت‌دار، نبود انسجام سیاستی و ثبات مدیریت در دستگاه‌های مسئول و نیز بی‌اعتمادی بخش خصوصی و سرمایه‌گذاران به کسب و کارهای مرتبط با بخش دولتی شناخته شده‌اند.

در موانع چشم‌اندازی، نبود بازخورد از اجرا و عدم بازنگری بموقع و کارآمد در سیاست‌ها و برنامه‌های ملی، مانعی مهم‌تر از سایر موانع تشخیص داده شده است.

1. Divergent Validity

شناسایی موانع توسعه فناوری‌های تولید همزمان برق و حرارت در ایران با... ۱۰۱

ترجیح دادن فناوری و محصولات خارجی به نمونه‌های داخلی، پایین حامل‌های انرژی، مهم‌ترین موانع اقتصادی کلان کشور در عدم مهم‌ترین مانع فرهنگی در سطح کلان انتخاب شده است و در پایان، توسعه فناوری CHP بوده‌اند. مناسب نبودن زیرساخت‌های کسب‌وکار در کشور و همچنین قیمت

جدول (۴): شاخص‌های پایایی و روایی همگرا

متغیرها	نتایج اولیه			نتایج اصلاح شده			آمار توصیفی			نتایج نرمال بودن داده‌ها	
	CA	CR	AVE	CA	CR	AVE	انحراف معیار	میانگین	آماره K-S	Sig	نتیجه
کارآفرینی	۰/۵۷۹	۰/۷۶۳	۰/۶۱۷	-	-	-	۰/۶۴۶	۳/۲۱۲	۰/۱۹۷	۰/۰۰۰	رد
توسعه دانش	۰/۸۰۰	۰/۹۰۹	۰/۸۳۳	۰/۸۰۰	۰/۹۰۹	۰/۸۳۳	۰/۹۴۵	۳/۲۵۰	۰/۱۴۹	۰/۰۰۰	رد
انتشار دانش	۰/۷۲۷	۰/۸۸۰	۰/۷۸۵	۰/۷۲۷	۰/۸۸۰	۰/۷۸۵	۰/۸۷۴	۳/۱۶۸	۰/۱۲۲	۰/۰۰۰	رد
بازیگران	۰/۵۴۴	۰/۸۱۴	۰/۶۸۶	-	-	-	۰/۸۲۰	۳/۵۵۵	۰/۱۷۲	۰/۰۰۰	رد
نهاده‌ها	۰/۷۹۷	۰/۸۶۹	۰/۶۲۴	۰/۷۹۷	۰/۸۶۸	۰/۶۲۴	۰/۷۸۷	۳/۲۴۳	۰/۰۹۱	۰/۰۰۵	رد
زیرساخت‌ها	۰/۸۰۴	۰/۹۱۱	۰/۸۳۶	۰/۸۰۴	۰/۹۱۱	۰/۸۳۶	۰/۹۴۸	۳/۴۱۱	۰/۱۴۴	۰/۰۰۰	رد
ساختار صنعت	۰/۸۶۳	۰/۹۰۸	۰/۷۱۴	۰/۸۶۳	۰/۹۰۸	۰/۷۱۴	۰/۷۶۰	۳/۱۲۵	۰/۱۲۰	۰/۰۰۰	رد
عادات مصرفی	۰/۸۲۱	۰/۸۹۳	۰/۷۳۷	۰/۸۲۱	۰/۸۹۳	۰/۷۳۷	۰/۷۸۹	۳/۰۶۶	۰/۱۱۰	۰/۰۰۰	رد
فناوری‌های جایگزین	۰/۷۶۷	۰/۸۶۶	۰/۶۸۴	۰/۷۶۷	۰/۸۶۶	۰/۶۸۴	۰/۸۶۴	۳/۱۰۳	۰/۱۱۴	۰/۰۰۰	رد
موانع سیاسی	۰/۷۱۹	۰/۸۴۲	۰/۶۴۰	۰/۷۱۹	۰/۸۴۲	۰/۶۴۰	۰/۸۰۹	۳/۱۰۳	۰/۱۲۸	۰/۰۰۰	رد
موانع چشم‌اندازی	۰/۸۱۲	۰/۸۸۹	۰/۷۲۷	۰/۸۱۲	۰/۸۸۹	۰/۷۲۷	۰/۸۲۶	۲/۹۶۸	۰/۱۳۲	۰/۰۰۰	رد
موانع فرهنگی	۰/۸۳۵	۰/۸۹۰	۰/۶۶۹	۰/۸۳۵	۰/۸۹۰	۰/۶۶۹	۰/۸۷۳	۲/۹۹۱	۰/۰۸۲	۰/۰۱۹	رد
موانع اقتصادی	۰/۸۵۷	۰/۹۰۳	۰/۶۹۹	۰/۸۵۷	۰/۹۰۳	۰/۶۹۹	۰/۸۳۴	۳/۲۸۳	۰/۰۸۲	۰/۰۱۸	رد
موانع سطح گوشه	۰/۷۵۵	۰/۸۸۹	۰/۶۰۲	۰/۷۵۵	۰/۸۸۹	۰/۶۰۲	۰/۶۴۰	۳/۲۱۰	۰/۰۷۵	۰/۰۴۴	رد
موانع سطح رژیم‌های فنی اقتصادی	۰/۹۲۹	۰/۹۵۱	۰/۶۴۲	۰/۹۲۹	۰/۹۵۱	۰/۶۴۲	۰/۶۵۶	۳/۲۱۷	۰/۰۶۰	۰/۲۰۰	تأیید
موانع سطح کلان	۰/۸۹۷	۰/۹۲۱	۰/۶۲۱	۰/۸۹۷	۰/۹۲۱	۰/۶۲۱	۰/۶۶۲	۳/۰۹۳	۰/۰۶۵	۰/۲۰۰	تأیید
موانع	۰/۹۵۳	۰/۹۵۷	۰/۷۹۹	۰/۹۵۳	۰/۹۵۷	۰/۷۹۹	۰/۵۹۷	۳/۱۷۱	۰/۰۵۴	۰/۲۰۰	تأیید

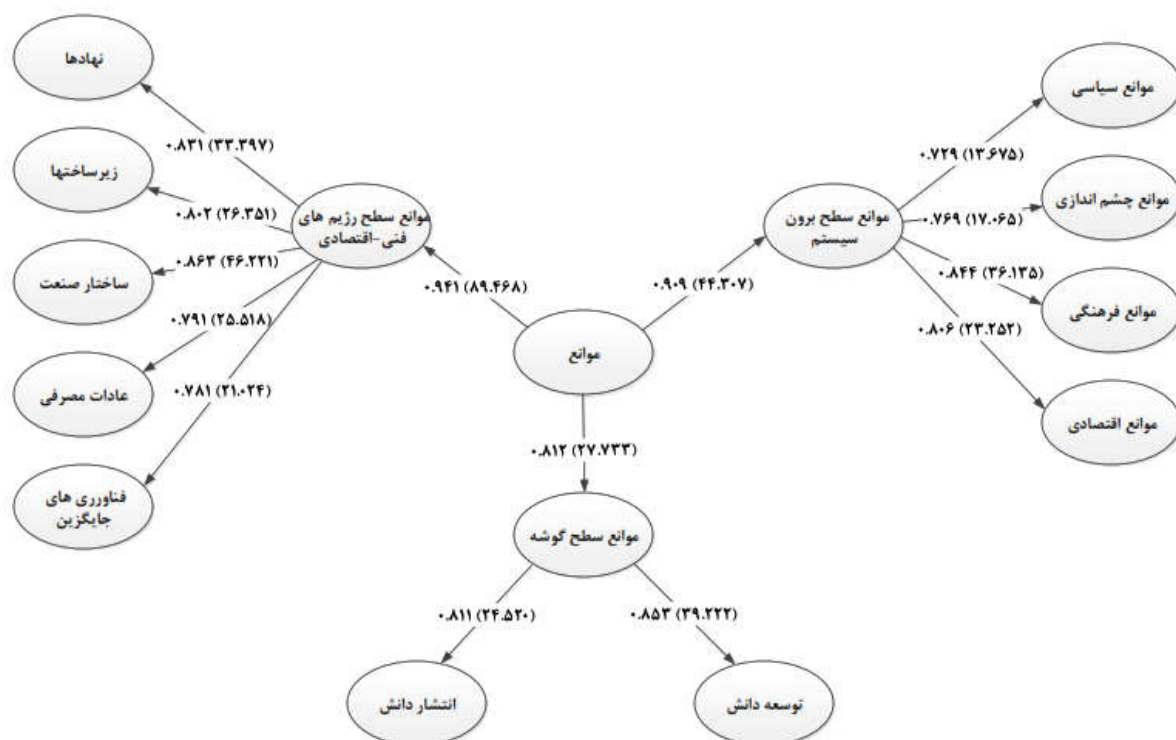
جدول (۵): ماتریس همبستگی و روایی واگرا

متغیرهای پنهان	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)	(۱۱)	\sqrt{AVE}
انتشار دانش	۱											۰/۸۸۶
توسعه دانش	۰/۳۸۶	۱										۰/۹۱۳
زیرساخت‌ها	۰/۴۴۲	۰/۵۶۹	۱									۰/۹۱۴
ساختار صنعت	۰/۴۱۰	۰/۵۲۵	۰/۵۹۶	۱								۰/۸۴۵
عادات مصرفی	۰/۴۳۲	۰/۴۴۱	۰/۵۷۴	۰/۵۴۷	۱							۰/۸۵۸
فناوری‌های جایگزین	۰/۴۱۱	۰/۵۱۲	۰/۵۲۱	۰/۶۵۰	۰/۵۷۸	۱						۰/۸۲۷
موانع اقتصادی	۰/۴۳۷	۰/۶۳۲	۰/۶۹۴	۰/۵۲۷	۰/۴۷۶	۰/۵۵۸	۱					۰/۸۳۶
موانع سیاسی	۰/۴۳۱	۰/۳۴۸	۰/۴۳۱	۰/۵۰۶	۰/۳۴۸	۰/۴۱۷	۰/۳۸۳	۱				۰/۸۰۰
موانع فرهنگی	۰/۵۲۱	۰/۴۸۳	۰/۵۷۹	۰/۵۶۳	۰/۴۳۶	۰/۳۸۸	۰/۶۰۱	۰/۴۴۰	۱			۰/۸۱۸
موانع چشم‌اندازی	۰/۴۲۶	۰/۲۹۶	۰/۳۵۹	۰/۳۹۹	۰/۲۷۲	۰/۳۱۱	۰/۴۰۶	۰/۶۱۷	۰/۵۲۲	۱		۰/۸۵۳
نهاده‌ها	۰/۴۲۱	۰/۵۶۶	۰/۶۷۳	۰/۶۱۹	۰/۵۷۳	۰/۴۸۱	۰/۶۱۵	۰/۴۵۰	۰/۵۶۵	۰/۳۷۸	۱	۰/۷۹۰

* تمامی ضرایب همبستگی در سطح خطای کمتر از ۵٪ معنادار هستند.

جدول (۶) روایی شاخص‌ها (موانع) (بارهای عاملی مرتبه اول، دوم و سوم)

سطح معناداری	آماره t	بار عاملی	گویه‌ها	متغیرهای پنهان	مرتبه تحلیل عاملی
<۰/۰۱	۳۸/۵۸۸	۰/۹۱۰	B1	توسعه دانش	
<۰/۰۱	۵۹/۹۶۰	۰/۹۱۵	B2		
<۰/۰۱	۳۸/۲۳۴	۰/۸۸۴	C1	انتشار دانش	
<۰/۰۱	۳۸/۳۶۵	۰/۸۸۸	C2		
<۰/۰۱	۱۳/۶۲۶	۰/۷۵۲	E1	نهاده‌ها	
<۰/۰۱	۳۶/۰۳۵	۰/۸۵۶	E2		
<۰/۰۱	۲۰/۰۲۴	۰/۷۸۵	E3		
<۰/۰۱	۱۹/۶۵۵	۰/۷۸۶	E4		
<۰/۰۱	۶۹/۳۵۷	۰/۹۱۸	F1	زیرساخت‌ها	
<۰/۰۱	۵۴/۶۳۰	۰/۹۱۰	F2		
<۰/۰۱	۱۹/۹۲۲	۰/۷۷۰	G1	ساختار صنعت	
<۰/۰۱	۸۰/۹۰۱	۰/۹۲۸	G2		
<۰/۰۱	۶۴/۷۳۷	۰/۹۱۰	G3		
<۰/۰۱	۱۶/۵۳۵	۰/۷۵۹	G4		
<۰/۰۱	۲۷/۱۱۱	۰/۸۲۵	H1	عادات مصرفی	
<۰/۰۱	۶۲/۸۵۶	۰/۹۱۰	H2		
<۰/۰۱	۳۷/۴۳۲	۰/۸۳۸	H3		
<۰/۰۱	۲۳/۳۷۲	۰/۷۹۴	I1	فناوری‌های جایگزین	
<۰/۰۱	۱۵/۰۲۹	۰/۷۷۶	I2		
<۰/۰۱	۶۴/۰۸۹	۰/۹۰۴	I3		
<۰/۰۱	۲۲/۲۶۳	۰/۸۲۲	J1	موانع سیاسی	
<۰/۰۱	۲۴/۰۳۶	۰/۸۱۹	J2		
<۰/۰۱	۱۳/۱۶۷	۰/۷۵۷	J3		
<۰/۰۱	۲۲/۵۰۲	۰/۸۱۸	K1	موانع چشم‌اندازی	
<۰/۰۱	۲۴/۴۱۱	۰/۸۴۶	K2		
<۰/۰۱	۴۴/۲۷۱	۰/۸۹۲	K3		
<۰/۰۱	۲۷/۷۲۸	۰/۸۳۵	L1	موانع فرهنگی	
<۰/۰۱	۳۲/۹۴۱	۰/۸۵۷	L2		
<۰/۰۱	۱۷/۴۴۸	۰/۷۸۹	L3		
<۰/۰۱	۲۱/۷۹۳	۰/۷۸۹	L4		
<۰/۰۱	۲۱/۰۵۶	۰/۸۱۸	M1	موانع اقتصادی	
<۰/۰۱	۳۷/۷۵۳	۰/۸۷۲	M2		
<۰/۰۱	۱۹/۳۹۰	۰/۸۱۰	M3		
<۰/۰۱	۲۶/۰۰۶	۰/۸۸۴	M4		
<۰/۰۱	۳۹/۲۲۲	۰/۸۵۳	توسعه دانش	موانع سطح گوشه	مرتبه دوم
<۰/۰۱	۲۴/۵۲۰	۰/۸۱۱	انتشار دانش		
<۰/۰۱	۳۳/۳۹۷	۰/۸۳۱	نهاده‌ها	موانع سطح رژیم‌های فنی اقتصادی	
<۰/۰۱	۲۶/۳۵۱	۰/۸۰۳	زیرساخت‌ها		
<۰/۰۱	۴۶/۲۲۱	۰/۸۶۳	ساختار صنعت		
<۰/۰۱	۲۵/۵۱۸	۰/۷۹۱	عادات مصرفی		
<۰/۰۱	۲۱/۰۲۵	۰/۷۸۱	فناوری‌های جایگزین	موانع سطح کلان	
<۰/۰۱	۱۳/۶۷۵	۰/۷۲۹	موانع سیاسی		
<۰/۰۱	۱۷/۰۶۵	۰/۷۶۹	موانع چشم‌اندازی		
<۰/۰۱	۳۶/۱۳۵	۰/۸۴۴	موانع فرهنگی		
<۰/۰۱	۲۳/۲۵۲	۰/۸۰۶	موانع اقتصادی	موانع سطح گوشه	
<۰/۰۱	۲۷/۷۳۳	۰/۸۱۲	موانع سطح گوشه		
<۰/۰۱	۸۹/۴۶۸	۰/۹۴۱	موانع سطح رژیم‌های فنی اقتصادی	موانع	مرتبه سوم
<۰/۰۱	۴۴/۳۰۷	۰/۹۰۹	موانع سطح کلان		



شکل (۳): مدل تحلیل عاملی تأییدی متغیرهای تحقیق در حالت ضرایب استاندارد و معنی‌داری

در موانع مربوط به رژیم‌های فنی-اجتماعی، ساختار صنعت کشور، مهم‌ترین مانع شناخته شده است. به‌طور دقیق‌تر، رایج بودن استفاده از برق شبکه سراسری و شکل گرفتن ساختار صنعت کشور بر این اساس، مهم‌ترین مانع در عدم توسعه فناوری CHP طبق نظر خبرگان است. شاید بتوان دلیل این امر را، دولتی و متمرکز بودن تولید و توزیع برق در کشور دانست. با اختلاف کمی نسبت به ساختار صنعت، نهادها دومین مانع مهم در سطح رژیم‌های فنی-اقتصادی هستند و به‌طور ویژه، نبود قوانین و استانداردهای لازم برای اتصال نیروگاه‌های CHP در ابعاد میکرو به شبکه برق سراسری، بیشترین نقش را ایفا می‌کند.

در سطح کلان هم موانع فرهنگی از نظر خبرگان، بیشترین وزن را دارند. در این خصوص، ترجیح دادن فناوری‌های و محصولات خارجی به نمونه داخلی، رتبه اول و با اختلاف کمی، ارزش بودن کسب درآمد از هر طریق و در کوتاه‌ترین زمان ممکن، دو شاخص فرهنگی کلان در کشور ما تشخیص داده شده‌اند که در حوزه انرژی و به‌طور خاص فناوری CHP، سبب کند شدن فرایند توسعه فناوری شده‌اند. موانع اقتصادی کلان نیز با اختلاف کمی نسبت به موانع فرهنگی، دومین رتبه اهمیت را در

شکل (۳) مدل تحلیل عاملی تأییدی متغیرهای تحقیق را در حالت ضرایب استاندارد و معنی‌داری پس از حذف مؤلفه‌های کارآفرینی در متغیر موانع سطح گوشه و بازیگران در متغیر موانع سطح رژیم‌های فنی-اقتصادی نشان می‌دهد. در این نمودار ضرایب، معادلات اندازه‌گیری هستند که روابط بین متغیرهای پنهان (سطوح مختلف MLP) و متغیرهای آشکار (موانع ذیل هر سطح) را نشان می‌دهند. همان‌طور که اشاره شد، تمامی مقادیر بارهای عاملی بیشتر از ۰/۷ و همچنین مقادیر محاسبه شده t برای هر یک از بارهای عاملی بیشتر از ۱/۹۶ است. روایی سازه که از طریق تحلیل عاملی تأییدی صورت گرفت نیز مؤید این است که ساختار عاملی موانع توسعه فناوری CHP سه‌عاملی است و این عوامل شامل موانع سطح گوشه، موانع سطح رژیم‌های فنی-اقتصادی و موانع سطح کلان هستند.

مهم‌ترین مشکلات و موانع موجود، به تشخیص خبرگان در سطح رژیم‌های فنی-اجتماعی قرار دارد. پس از رژیم‌ها، موانع سطح کلان (برون‌سیستم) و در مرحله بعدی، مشکلات و موانع سطح گوشه، مهم‌ترین عوامل عدم توسعه فناوری مورد مطالعه ذکر شده‌اند.

موانع سطح کلان به خود اختصاص داده‌اند. به‌طور دقیق‌تر، مناسب نبودن زیرساخت‌های کسب‌وکار در کشور و نیز پایین بودن قیمت حامل‌های انرژی، مهم‌ترین موانع اقتصاد کلان کشور هستند که بر عدم توسعه فناوری CHP اثرگذار بوده‌اند.

در خصوص موانع سطح گوشه، بیشترین مانع مربوط به توسعه دانش است که نتیجه متفاوتی را از انتظار نویسنده‌ان نشان می‌دهد؛ زیرا فرض اولیه بر این بود که فعالیت‌های تحقیق و توسعه در این حوزه به‌خوبی شکل گرفته‌اند. دو مانع اشاره‌شده، یعنی دسترسی نداشتن شرکت‌های ایرانی به دانش روز دنیا و عدم انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه متناسب با نیاز کشور، شدت مشابهی را نشان می‌دهند. موانع مربوط به انتشار دانش نیز اهمیت مشابهی با موانع توسعه دانش نشان می‌دهند. در این خصوص، هر دو مانع استخراج‌شده، یعنی نبود برنامه‌های آگاه‌سازی عمومی در خصوص این فناوری و عدم فعالیت مناسب گروه‌های اجتماعی، با شدت مشابهی مهم‌ترین موانع شناخته‌شده‌اند. نکته قابل ذکر در این خصوص، عدم شکل‌گیری شبکه‌های اطلاعاتی و همکاری در بین بازیگران مختلف این حوزه در کشور است. همان‌طور که وایزورک و همکاران اشاره می‌کنند، کارکرد انتشار دانش برای تجاری‌سازی محصولات و خدمات ضروری بوده و عامل تعیین‌کننده در این بین، شکل‌گیری شبکه‌هاست [۲۹].

۵. نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف شناسایی مهم‌ترین موانع توسعه فناوری‌های بخش انرژی کشور، با تمرکز بر فناوری تولید همزمان برق و حرارت به‌عنوان یکی از فناوری‌های ضروری و اولویت‌دار کشور بر اساس اسناد بالادستی انجام شد. به‌منظور تحلیل روند توسعه این فناوری در کشور، از بین رویکردهای تکاملی تحلیل توسعه فناوری، رویکرد چندسطحی برای توجه به عوامل غیرفنی و کلان اجتماعی به‌عنوان چهارچوب تحلیل انتخاب شد. در ابتدا مروری بر روند توسعه فناوری تولید همزمان برق و حرارت در کشور صورت گرفت و مشخص شد به‌رغم ایجاد زیرساخت‌ها و وجود دانش لازم برای توسعه این فناوری، مسیر رشد آن مطابق با پیش‌بینی‌های انجام‌شده نبوده و کشور به اهداف تعیین‌شده در این حوزه دست نیافته است. بر اساس رویکرد چندسطحی، موانعی که سبب این کاهش روند روبه‌رشد شده‌اند، با استفاده از ابزار مصاحبه و پرسشنامه خبرگان شناسایی و تأیید شد. بر اساس

نتایج به‌دست‌آمده، تمام موانعی که در این تحقیق به دست آمده بودند، توسط خبرگان تأیید شده و همچنین ارتباط این موانع با سطوح مختلف رویکرد چندسطحی اثبات گردید.

همان‌طور که در بخش نتایج ارائه شد، نتیجه قابل توجه این تحقیق این است که مهم‌ترین موانع و مشکلات موجود، اولاً مربوط به سطح رژیم‌های فنی اجتماعی و ثانیاً مربوط به عوامل کلان و برون‌سیستمی هستند. این در حالی است که بر اساس شکل (۱)، بیشترین تمرکز در فرایند توسعه فناوری بر اقدامات مربوط به سطح گوشه و در مواردی هم اقدامات مربوط به سیاست‌گذاری و قانون‌گذاری بوده و ردّ پای از اقدامات دیگری در سایر جنبه‌های رژیم‌های فنی اجتماعی موجود و همچنین توجه به سیاست‌ها و هنجارهای کلان جامعه دیده نمی‌شود. این نتیجه در تطابق با نتیجه‌گیری وایزورک و همکاران در خصوص اهمیت بسزای نقش نهادها و هنجارهای بومی و ملی، در توسعه فناوری است. همچنین اقدامات صورت‌گرفته در راستای مشروعیت‌بخشی و پذیرش این فناوری توسط مصرف‌کنندگان برق و حرارت، تاکنون مورد توجه نبوده است؛ با اینکه این نکته از نیازهای ضروری توسعه فناوری جدید است [۲۹]. به‌علاوه، همان‌طور که گیلز اشاره می‌کند، رژیم‌های فنی اجتماعی موجود می‌توانند موانع بسیار جدی برای توسعه فناوری‌های کم‌کربن ایجاد کنند و در سیاست‌گذاری باید به آن‌ها توجه ویژه شود [۷].

این نکته را شاید بتوان مهم‌ترین دستاورد این مقاله دانست که اگرچه مشکلات نهادی و ساختاری بخش عمده‌ای از مشکلات مربوط به عدم توسعه فناوری در بخش انرژی کشور را تشکیل می‌دهند، توجه به سایر جنبه‌های رژیم‌های فنی اجتماعی نظیر زیرساخت‌ها و عادات مصرفی جامعه، و همچنین توجه به موانع کلان توسعه فناوری در کشور نظیر موانع فرهنگی و مشکلات اقتصاد کلان، در سیاست‌گذاری‌های بخش انرژی و توسعه فناوری‌های مربوط به آن، امری ضروری است. این نتیجه‌گیری با نظر کارلسون که معتقد است عوامل محیطی و اجتماعی می‌توانند نقش بسیار مهمی در بروز مشکلات و موانع توسعه فناوری، به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه داشته باشند، در تطابق است [۳۰]. همچنین فاکسون و همکاران در پژوهش خود به این نکته اشاره می‌کنند که گذار سیستم‌های انرژی به رژیم جدید، نیازمند تعامل و ارتباط هر سه سطح رویکرد چندسطحی با یکدیگر بوده و با تمرکز بر یک سطح نمی‌توان مسیر گذار را به

- خانگی؛ ایجاد ارتباط و تعاملات سازنده بین بخش‌های مختلف صنعت و شکل‌دهی منافع گروهی و بلندمدت توسط دولت در بین صنعتگران؛
- طراحی مکانیزم‌های بازخورد و تعامل با بخش خصوصی و ایجاد انعطاف و تغییرپذیری سریع در سیاست‌ها و برنامه‌ها؛
- هماهنگی و تعامل بخش‌های گاز و نیرو به منظور مدیریت قیمت گاز ورودی نیروگاه‌های CHP با هدف ایجاد توان رقابت برای ایجاد حرارت در بخش صنعتی و خانگی؛
- تعیین دقیق نقش‌ها در بخش گاز و بخش برق و تعیین متولی واحد برای سامان‌دهی بازار برق و حرارت؛
- ایجاد زیرساخت‌ها و تکمیل طرح‌های شبکه هوشمند برای سامان‌دهی اتصال نیروگاه‌های CHP به شبکه سراسری؛
- تدوین آیین‌نامه‌ها و تعیین مکانیزم‌های خرید حرارت از نیروگاه‌های CHP.

درستی تعریف کرد [۱۴]. به علاوه گیلز، عوامل فرهنگی و گفتمان‌های موجود را عاملی مهم در گذار فناورانه سیستم‌های انرژی به سمت فناوری‌های کم‌کربن می‌داند [۷]. این نتیجه‌گیری را می‌توان با نتیجه‌گیری موسوی و همکاران در خصوص انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران نیز، که معتقدند رژیم‌های انرژی فسیلی از مهم‌ترین موانع گذار پایدار در ایران هستند، همسو دانست [۱۷].

۶. پیشنهاد‌های سیاستی

با توجه به نتایج و تحلیل‌های بیان‌شده، می‌توان پیشنهاد‌های زیر را در راستای رفع موانع شناسایی‌شده ارائه داد:

- فرهنگ‌سازی و ایجاد اطمینان در بدنه صنعت و بخش خانگی کشور مبنی بر کیفیت فناوری‌های ایرانی، با استفاده از اقدامات حمایتی نظیر گارانتی تعمیر و تعویض و اقدامات ترویجی؛
- بهبود زیرساخت‌های کسب‌وکار و تسهیل موانع حقوقی و قانونی برای ارائه مجوز نیروگاه‌های تولید همزمان؛
- اصلاح قیمت‌های حامل‌های انرژی با هماهنگی بخش نفت و نیرو؛
- برنامه‌های آگاه‌سازی و ترویجی در خصوص مزایای استفاده از فناوری CHP در بخش‌های صنعتی، تجاری و

مراجع

- [1] Rip, A. and Kemp, R., *Technological Change*, IN RAYNOR, S. & MALONE, EL (Eds.) *Human Choice and Climate Change*. Columbus, OH, ed: Battelle Press, 1998.
- [2] Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G. and Soete, L., *Technical Change and Economic Theory*, Pinter London, 1988.
- [3] Safarzyńska, K., Frenken, K. and Van den Bergh, J.C., "Evolutionary Theorizing and Modeling of Sustainability Transitions", *Research Policy*, Vol. 41, No. 6, pp. 1011-1024, 2012.
- [4] Geels, F.W., "The Multi-Level Perspective on Sustainability Transitions: Responses to Seven Criticisms", *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Vol. 1, No. 1, pp. 24-40, 2011.
- [5] Geels, F.W., "Technological Transitions as Evolutionary Reconfiguration Processes: a Multi-Level Perspective and a Case-study", *Research Policy*, Vol. 31, No. 8, pp. 1257-1274, 2002.
- [6] Markard, J. and Truffer, B. "Technological Innovation Systems and the Multi-Level Perspective: Towards an Integrated Framework", *Research Policy*, Vol. 37, No. 4, pp. 596-615, 2008.
- [7] Geels, F.W., "Disruption and Low-Carbon System Transformation: Progress and New Challenges in Socio-Technical Transitions Research and the Multi-Level Perspective", *Energy Research & Social Science*, Vol. 37, pp. 224-231, 2018.
- [8] Chaminade, C., Lundvall, B.-Å., Vang, J. and Joseph, K.J., "Designing Innovation Policies for Development:

- Towards a Systemic Experimentation-Based Approach", pp. 360-379, 2009.
- [9] Chaminade, C. and Edquist, C.J.C., "Rationales for Public Policy Intervention from a Systems of Innovation Approach: the Case of VINNOVA", Paper No. 2006/04, Lund University, 2006.
- [10] Wieczorek, A.J. and Hekkert, M.P., "Systemic Instruments for Systemic Innovation Problems: A Framework for Policy Makers and Innovation Scholars", Science and Public Policy, Vol. 39, No. 1, pp. 74-87, 2012.
- [11] Weber, K.M. and Rohracher, H.J.R.P., "Legitimizing Research, Technology and Innovation Policies for Transformative Change: Combining Insights from Innovation Systems and Multi-Level Perspective in a Comprehensive 'Failures' Framework", Vol. 41, No. 6, pp. 1037-1047, 2012.
- [12] Geels, F.W., "A Socio-Technical Analysis of Low-Carbon Transitions: Introducing the Multi-Level Perspective into Transport Studies", Journal of Transport Geography, Vol. 24, pp. 471-482, 2012.
- [13] Berkeley, N., Bailey, D., Jones, A. and Jarvis, D., "Assessing the Transition Towards Battery Electric Vehicles: A Multi-Level Perspective on Drivers of, and Barriers to, Take up", Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol. 106, pp. 320-332, 2017.
- [14] Foxon, T.J., Hammond, G.P. and Pearson, P.J. "Developing Transition Pathways for a Low Carbon Electricity System in the UK", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 77, No. 8, pp. 1203-1213, 2010.
- [15] Geels, F.W. and Schot, J., The Dynamics of Transitions: a Socio-Technical Perspective, Transitions to Sustainable Development, Routledge, pp. 11-104, 2010.
- [۱۶] اسماعیل‌زاده، محمد، علی‌احمدی، علیرضا، نوری، سیامک، نورعلیزاده، حمیدرضا، «عوامل کلان اثرگذار بر نظام نوآوری فناورانه فتوولتائیک در ایران: رویکرد مدل‌سازی ساختاری-تفسیری»، فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی، جلد ۱۲، صفحه ۷۷-۱۱۱، ۱۳۹۷.
- [۱۷] موسوی‌درچه، سید مسلم، فانه‌راد، محمدمین، کریمیان، حسن، زنوزی‌زاده، هدیه، باقری‌مقدم، ناصر، «ارائه چارچوب توصیف‌گذار فناورانه بر اساس رویکرد چندسطحی: مطالعه موردی: گذار انرژی‌های بادی و خورشیدی در ایران»، نشریه بهبود مدیریت، جلد ۲، صفحه ۱۴۱-۱۷۱، ۱۳۹۷.
- [18] Praetorius, B., Martiskainen, M., Sauter, R. and Watson, J., "Technological Innovation Systems for Microgeneration in the UK and Germany— a Functional Analysis," Technology Analysis & Strategic Management, Vol. 22, No. 6, pp. 745-764, 2010.
- [19] Hudson, L., Winkler, M. and Allen, S., "The Hesitant Emergence of Low Carbon Technologies in the UK: the Micro-CHP Innovation System", Technology Analysis & Strategic Management, Vol. 23, No. 3, pp. 297-312, 2011.
- [20] Blaikie, N., *Designing Social Research*, Polity, 2009.
- [21] Baker, T.L., *Doing Social Research*, McGraw-Hill, 1994.
- [22] Fornell, C. and Larcker, D.F., "Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error", Journal of Marketing Research, pp. 39-50, 1981.
- [23] Hair, J.F., Hult, G.T.M., Ringle, C. and Sarstedt, M., *A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*, Sage Publications, 2016.
- [24] Chin, W.W. and Newsted, P.R., "Structural Equation Modeling Analysis with Small Samples Using Partial Least Squares", Statistical Strategies for Small Sample Research, Vol. 1, No. 1, pp. 307-341, 1999.
- [25] Nunnally, J.C. and Bernstein, I., *Psychometric theory*, New York: MacGraw-Hill, Intertar Embellecer Nuestras Ciudades y También las, 1978.
- [26] Wetzels, M., Odekerken-Schröder, G., and Van Oppen, C., "Using PLS Path Modeling for Assessing Hierarchical Construct Models: Guidelines and Empirical Illustration", MIS Quarterly, pp. 177-195, 2009.
- [27] Byrne, B.M., *Structural Equation Modeling with EQS and EQS/Windows: Basic Concepts, Applications, and Programming*, Sage, 1994.
- [28] Hair, J., Anderson, R., Tatham, R. and Black, W., *Factorial Analysis, Multivariate Data Analysis*. Fifth Edition. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

- [29] Wieczorek, A.J., Hekkert, M.P., Coenen, L. and Harmsen, R., "*Broadening the National Focus in Technological Innovation System Analysis: The Case of Offshore Wind*", *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Vol. 14, pp. 128-148, 2015.
- [30] Carlsson, B., "*Internationalization of Innovation Systems: A survey of the Literature*", *Research Policy*, Vol. 35, No. 1, pp. 56-67, 2006.

