مدیریت نوآوری

نشریه علمی
مدیریت نوآوری
سال نهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹
صفحه ۳۵-۷

تحلیل لایه‌ای علت‌های شکست نظام نوآوری: فناوری تولید همزمان برق و حرارت در ایران

حسین حیرانی[1*]، ناصر باقری مقدم[2]، محمدحسن فضلی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰٤/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۳۰

چکیده

با توجه به محوریت انرژی در توسعه اقتصادی کشورها، سیاست‌گذاری فناوری‌های حوزه انرژی ضروری است. گام اول برای سیاست‌گذاری فناوری، تبیین موانع و مسائل موجود در مسیر توسعه و به دنبال آن ارائه سیاست‌های مناسب در جهت رفع این موانع می‌باشد. بر این اساس هدف این مقاله، ارائه مدلی جهت تحلیل فرآیند توسعه فناوری بر پایه نظام نوآوری فناورانه است. باتوجه به اینکه تحلیل نظام نوآوری عوامل کارکردی و ساختاری را دربرمی‌گیرد، چارچوب تحلیل لایه‌ای علت‌ها باهدف درنظرگرفتن لایه‌های تحلیلی عمیق‌تر و تبیین مسائل و موانع ریشه‌ای در مسیر انتشار فناوری مورداستفاده قرار گرفته‌است. نوع پژوهش از منظر هدف کاربردی و از منظر روش پیمایشی است. قلمرو زمانی نیز از سال ۱۳۸۸ که اولین بهره‌برداری از نیروگاه‌های سی-اچ-پی در کشور انجام شد تا کنونی است. نمونه آماری نیز خبرگان مطلع از فناوری مورد بررسی، در سه لایه دانشگاهی، صنعتی و سیاست‌گذاری بوده‌اند. در مرحله اول بر اساس مدل مفهومی پژوهش، مسائل نظام نوآوری تولید همزمان برق و حرارت در پنج دسته مسائل کارکردی، ساختاری، زمینه‌ای، گفتمانی و چشم‌اندازی از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته و گروه کانونی استخراج‌شده و سپس شدت هر یک از آن‌ها با روش مدل‌سازی معادلات ساختاری مورد آزمون قرار گرفت. درحالی‌که نتیجه اکثر مطالعات مشابه شامل تحریک عناصر ساختاری و کارکردی نظام نوآوری فناورانه بوده است، نتایج پژوهش حاضر تأثیر بالای موانع زمینه‌ای، گفتمانی و همچنین چشم‌اندازی را بر نظام نوآوری فناوری موردمطالعه نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: نظام نوآوری فناورانه، تحلیل لایه‌ای علت‌ها، تولید همزمان برق و حرارت، سیاست‌گذاری فناوری

۱- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، تهران، ایران
hossein.heirani@gmail.com
۲- عضو هیئت‌علمی مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، تهران، ایران
۳- کارشناس ارشد مدیریت فناوری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر پس از افزایش عمده بهای سوخت و اهمیت یافتن افزایش کارایی انرژی و کاهش آلودگی زیست‌محیطی، تمایل به استفاده از فناوری‌های جدید و کارای تولید حرارت ازجمله تولید همزمان برق و حرارت[1] افزایش‌یافته است (Basso et al., 2017). در روش‌های معمول برای تأمین نیازهای الکتریکی و حرارتی، الکتریسیته از شبکه توزیع سراسری و حرارت به‌وسیله سوزاندن سوخت در بویلرها و تجهیزات گرمازا به روش تولید جداگانه تأمین می‌گردد. در این روش انرژی قابل‌توجهی از راه‌های مختلف از جمله تلفات توزیع و انتقال الکتریسیته در شبکه سراسری به هدر می‌رود، که بیشتر این حرارت قابل بازیافت است و می‌تواند در تأمین انرژی حرارتی مورداستفاده قرار گیرد.

در مقابل این سیستم‌های متمرکز، روش‌های تولید غیرمتمرکز و مستقل با استفاده از فناوری سی-اچ-پی یا ترکیبی از تولید همزمان برق و حرارت قرار دارد. از لحاظ ترمودینامیکی این روش به معنی تولید همزمان دو شکل معمول انرژی یعنی الکتریکی و حرارتی با استفاده از یک منبع انرژی اولیه می‌باشد. انرژی گرمایی از بازیافت تلفات حرارتی این مولدهای مستقل بدست می‌آید و این حرارت در بخش‌های مختلف صنعتی، تجاری و مسکونی به‌کار گرفته می‌شود. از مزایای سیستم‌های تولید همزمان، می‌توان به حرکت به‌سوی خصوصی‌سازی و تولید غیرمتمرکز و مستقل برق و حرارت (Kelly and Pollitt, 2010)، جلوگیری از تلفات توزیع و انتقال در شبکه سراسری، افزایش کارایی تبدیل انرژی به استفاده از آن (Fumo et al., 2009)، کاهش مصرف سوخت و افزایش رقابت در تولید برق و توان نیروگاهی و کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی بخصوص دی‌اکسید کربن و گازهای گلخانه‌ای (Chicco and Mancarella, 2008) اشاره نمود.

با توجه به مزایای ذکرشده، در ایران نیز این فناوری به‌عنوان راهکاری برای افزایش بهره‌وری، امنیت انرژی، کاهش گازهای گلخانه‌ای و کاهش تلفات در شبکه توزیع موردتوجه قرارگرفته است. این توجه تا جایی است که توسعه این فناوری در بسیاری از اسناد بالادستی کشور ازجمله قانون برنامه پنج‌ساله توسعه، قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی، مصوبات شورای انرژی و نیز سیاست‌های اقتصاد مقاومتی موردتوجه قرارگرفته است. علاوه بر این، این فناوری توسط شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف) جزو ده فناوری دارای اولویت در بخش انرژی قرارگرفته است. همچنین به‌عنوان یکی از فناوری‌های راهبردی صنعت برق به تصویب شورای عالی پژوهش و فناوری وزارت نیرو نیز رسیده است. بااین‌وجود، توسعه این فناوری تاکنون مطابق برنامه‌ریزی‌ها محقق نشده و 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. به‌طور دقیق‌تر، بر اساس قانون برنامه ششم توسعه، وزارت نیرو می‌بایست تا پایان سال ۱۴۰۰، توان تولید برق را از طریق سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی، به میزان ۲۵۰۰۰ مگاوات افزایش دهد که ۳۰۰۰ مگاوات آن از طریق تولید پراکنده و تولید همزمان برنامه‌ریزی‌شده است. این در حالی است که مجموع ظرفیت اسمی نصب‌شده تولید پراکنده در کشور تا پایان سال ۹۷ حدود ۱۲۰۰ مگاوات بوده‌است. با نگاهی به روند اقدامات انجام‌شده توسط بخش خصوصی و دولت در خصوص این فناوری، مشاهده می‌شود که قالب نهادی و ساختاری نسبتاً مناسبی پیرامون این فناوری شکل‌گرفته‌است، اما بااین‌حال توسعه فناوری مطابق اهداف صورت نگرفته است. به‌علاوه، شرکت‌هایی که دانش و فناوری لازم برای توسعه نیروگاه‌های سی–اچ–پی را در اختیار داشته‌باشند در کشور شکل‌گرفته‌اند، اما بااین‌حال توسعه این فناوری آن‌طور که انتظار می‌رفت محقق نشده است.

با این‌که در کشورهای توسعه‌یافته، توسعه فناوری از فعالیت‌های تحقیق و توسعه و تولید دانش آغاز می‌شود، در کشورهای درحال‌توسعه به نظر می‌رسد عموماً شکل‌دهی بازار و یا جهت‌دهی به فعالیت‌های تحقق و توسعه توسط دولت‌ها، گام اول توسعه فناوری است. به‌طوری‌که دولت‌ها در ابتدا بازار محصول فناورانه را شکل می‌دهند که این امر منجر به توسعه دانش به‌صورت تدریجی می‌شود. به‌علاوه، دولت‌ها در این کشورها از طریق وضع قوانین و برنامه‌های ملی، فعالیت‌های تحقیقاتی را در راستای توسعه فناوری‌های موردنظر هدایت کرده و به‌تدریج سبب توسعه دانش و فناوری می‌شوند (Edsand, 2016, Tigabu et al., 2015). بنابراین به نظر می‌رسد مسائل و موانعی فراتر از توسعه دانش فنی و یا بازیگران و نهادهای موردنیاز توسعه فناوری باعث عدم تحقق اهداف ملی در زمینه فناوری سی–اچ– پی شده‌است که بنابر توضیحات ذکرشده، باید مربوط به سطوحی فراتر از مشکلات نهادی و ساختاری باشند. این امر نویسندگان را بر آن داشت تا در یک چارچوب سازمان‌یافته، به بررسی علل و عوامل این شکاف بین سیاست‌های تنظیم‌شده و نتایج محقق‌شده در سالیان اخیر بپردازند.

بنا بر توضیحات ذکرشده، به نظر می‌رسد این مسئله را می‌توان با رویکردهای مربوط به گذار فناورانه تحلیل کرد. گذار فناورانه عبارت است از جایگزینی فناوری در یک تغییر ساختار اجتماعی–فنی (Geels, 2002). بر اساس رویکرد نظام‌های نوآوری فناورانه[۲]، مدیریت فرآیند گذار فناورانه را می‌توان به دو فاز تحلیل و سیاست‌گذاری تقسیم‌بندی کرد(Moallemi et al, 2012). در این رویکرد، چه برای تحلیل و چه برای سیاست‌گذاری توسعه فناوری، لازم است ابتدا نقاط شکست سیستمی یا مسائل[۳] استخراج

شود(Edquist, 2010). بنابراین در این مقاله، با توجه به رویکردهای تکاملی و به‌ویژه نظام نوآوری فناورانه که نقطه شروع تحلیل را موانع و نقاط شکست می‌دانند، تمرکز بر استخراج نقاط شکست یا مسائل سیستمی قرار گرفته‌است. به همین منظور، هدف این مقاله، ارائه چارچوبی جامع برای تحلیل مسائل و موانع توسعه نظام‌های نوآوری فناورانه، با تمرکز بر فناوری مورد بررسی است. از طرف دیگر مطالعات مختلفی به این امر پرداخته‌اند که تحلیل نظام نوآوری فناورانه در کشورهای درحال‌توسعه، بدون توجه به عوامل زمینه‌ای و محیطی این کشورها، اثربخشی لازم را ندارد (Edsand, 2016, Tigabu et al., 2015). بنابراین تلاش نویسندگان بر این است تا از چارچوب موردنظر نتایجی بدست بیاید که از تحلیل‌های رایج نظام نوآوری فناورانه قابل‌استخراج نبوده و یا در خصوص آن‌ها کمتر بحث شده است. به این منظور، روش تحلیل لایه‌ای علت‌ها[۴] به‌منظور غنای بیشتر تحلیل نظام نوآوری فناورانه انتخاب‌شده است تا مسائلی فراتر از موانع کارکردی و ساختاری که عموماً در تحلیل‌های نظام نوآوری موردتوجه قرار می‌گیرد، قابل کشف باشد.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- تحلیل نظام نوآوری فناورانه

رویکرد نظام نوآوری فناورانه را می‌توان نخستین رویکردی دانست که در مطالعه فناوری‌های حوزه انرژی از آن استفاده شده‌است (Jacobsson and Bergek, 2011)، تا جایی که به‌عنوان ابزاری جهت تحلیل عوامل موفقیت و شکست توسعه و گسترش فناوری‌های این حوزه شناخته می‌شود(Wieczorek et al., 2015). برگک و همکاران(۲۰۱۵) نظام نوآوری فناورانه را مجموعه‌ای از اجزا شامل فناوری‌ها، بازیگران، شبکه‌ها و نهادها تعریف می‌کنند که فعالانه در جهت توسعه یک فناوری خاص ایفای نقش می‌کنند. (Bergek et al., 2015). برای نظام نوآوری فناورانه دو رکن اساسی در نظر گرفته می‌شود که عبارتند از عوامل ساختاری[۵] و کارکردها[۶]. چهار جزء بازیگران[۷]، شبکه‌ها[۸] (تعاملات)، زیرساخت‌ها[۹] و نهادها[۱۰] به‌عنوان عوامل ساختاری نظام نوآوری فناورانه مطرح می‌شوند(Wieczorek and Hekkert, 2012). کارکردهای هفت‌گانه نظام نوآوری فناورانه نیز عبارتند از: فعالیت‌های کارآفرینی[۱۱]، توسعه دانش[۱۲]، انتشار دانش[۱۳]، جهت‌دهی به پژوهش[۱۴]، شکل‌دهی به بازار[۱۸]، بسیج منابع[۱۶] و مشروعیت‌بخشی[۱۷] (Hekkert et al., 2007, Bergek et al., 2008).

برای تحلیل نظام نوآوری فناورانه، روش‌های مختلفی وجود دارد که در طول دوره‌های زمانی مختلف تکامل‌یافته‌اند. این روش‌ها عبارتند از تحلیل بر پایه خروجی، بر پایه کارکردهای نظام، بر پایه عوامل

ساختاری نظام و تحلیل بر پایه ارتباط بین کارکردها و عوامل ساختاری. خروجی هر یک از این روش‌ها موانع و مسائل سیستمی توسعه فناوری، و یا به‌عبارت‌دیگر، مسائل سیستمی نظام نوآوری فناورانه است. در ادبیات تحلیل نظام نوآوری، این مسائل سیستمی با عناوینی مثل نقاط شکست[18] (Smits and Kuhlmann, 2004) ، نقاط ضعف[19] (Wieczorek and Hekkert, 2012) یا عوامل بازدارنده[20] (Jacobsson and Johnson, 2000) یاد می‌شود. جدول (۱) مجموعه مسائلی که در مطالعات متعدد برای نظام نوآوری استخراج شده‌است را نشان می‌دهد.

جدول (۱): مسائل سیستمی نظام نوآوری فناورانه در ادبیات

(Wieczorek and Hekkert, 2012)		Weber and Rohracher, (2012)		Chaminade and (Edquist, 2010)	Woolthuis et (al., 2005	Jacobsson and (Johnson, 2000	Smits and Kuhlmann, (2004	OECD, (1997
وجود	مسائل بازیگران	شکست قابلیت‌ها	عدم تقارن اطلاعات	مسائل مربوط به یادگیری و قابلیت‌ها	شکست قابلیت‌ها	ارتباط ضعیف با طرف تقاضا	شکست گذار	ضعف در عملکرد و اطلاعات شرکت‌ها
قابلیت		شکست جهت‌دهی	مسائل سرریز دانش	مسائل گذار	شکست نهادهای سخت	شکست قانونی	شکست نهادی	عملکرد نامناسب نهادهای انتقال فناوری
وجود	مسائل نهادی	شکست شکل‌دهی تقاضا	هزینه‌های بیش‌ازحد[22]	مسائل نرم و سخت نهادی	شکست نهادهای نرم	ارتباطات ضعیف بازیگران نظام	قفل‌شدگی[21]	نبود تعاملات بین بازیگران
قابلیت		شکست همکاری سیاستی	بهره‌برداری بیش‌ازحد از منابع عمومی	مسائل شبکه‌ها	شکست تعاملات (شبکه‌ها)	هدایت اشتباه	شکست تأمین زیرساخت‌ها و سرمایه‌گذاری	عدم هماهنگی بین تحقیقات پایه و کاربردی
وجود	مسائل تعاملات	شکست بازتابی[24]	مسائل زیرساختی	مسائل قفل‌شدگی	شکست زیرساختی	کنترل بازار[23]		
کیفیت/ شدت		شکست شبکه‌ها و تعاملات	مسائل نهادی	مسائل مکمل		شکست نظام آموزش		
وجود	مسائل زیرساختی			مسائل تأمین زیرساخت‌ها				
کیفیت/ ظرفیت				مسائل سرمایه‌گذاری				

همان‌طور که در جدول(۱) مشاهده می‌شود، مسائل و یا نقاط شکست استخراج‌شده در مطالعات پیشین، عمدتاً بر مسائل درون سیستمی نظام نوآوری فناورانه متمرکز می‌باشند. به‌طور مشخص، شکست‌های

سیستمی اشاره‌شده در ادبیات را می‌توان به شکست‌های مربوط به نهادها، شکست‌های مربوط به قابلیت‌ها، شکست‌های جهت‌دهی و هدایت و شکست‌های مالی تقسیم‌بندی کرد. شکست‌های نهادی ناظر به نهادهای توسعه فناوری و یا ارتباطات بین آن‌ها است. این شکست‌ها در همه منابع اشاره‌شده است. شکست‌های مربوط به قابلیت‌ها نیز که در بیشتر منابع اشاره‌شده‌اند، مربوط به قابلیت‌ها توسعه و تولید دانش و یا قابلیت‌های نهادی می‌باشد. شکست‌های جهت‌دهی و هدایت به جهت‌دهی کلی سیستم و هدایت توسعه فناوری عمدتاً توسط دولت‌ها اشاره دارد. شکست‌های اشاره‌شده ذیل این دسته، بیان می‌کنند که هدایت اشتباه سیستم، کنترل بازار و شکل‌دهی نامناسب تقاضا چگونه باعث شکست نظام نوآوری می‌شوند. در نهایت شکست‌های مالی نیز مربوط به تأمین هزینه‌های توسعه فناوری و ضعف در تخصیص و هدایت درست سرمایه‌گذاری در توسعه فناوری است. درمجموع، وایزورک و هکرت (۲۰۱۲) تمامی موانع را به چهار دسته موانع ساختاری تقسیم کرده‌اند که در این مقاله نیز مبنای دسته‌بندی موانع ساختاری همین چهار دسته است. درواقع تمامی موانع اشاره‌شده را می‌توان در قالب کارکردها و اجزای ساختاری نظام دسته‌بندی کرد.

در زمینه به‌کارگیری مدل نظام‌های نوآوری فناورانه در تحلیل فرآیند توسعه فناوری در بخش انرژی مطالعات متعددی در ایران و دیگر کشورهای دنیا صورت پذیرفته است. دراین‌بین می‌توان به مقاله سوروس و همکاران (۲۰۱۰و۲۰۰۹) اشاره کرد که به‌ترتیب روند توسعه‌ی فناوری‌های هیدروژن و پیل سوختی و گاز طبیعی به‌عنوان سوخت خودرو[۲۵] را در کشور هلند با استفاده از رویکرد نظام نوآوری فناورانه بررسی می‌کنند. در این دو مطالعه چهار مرحله‌ی شکل‌گیری این نظام از منظر ساختاری و کارکردی تحلیل‌شده و عملکرد مسیر توسعه در هر مرحله با شناسایی موانع و محرک‌های موجود در قالب مؤلفه‌های ساختاری سنجیده می‌شود(Suurs et al., 2009, Suurs et al., 2010). با به‌کارگیری رویکردی مشابه، ون آلفن و همکاران (۲۰۰۹) در مقاله خود به بررسی عملکرد نظام نوآوری فناورانه سیستم‌های ذخیره‌سازی دی‌اکسیدکربن کشور نروژ می‌پردازند. این نظام در طول دو دوره‌ی زمانی بررسی شده و در هر دوره تعاملات میان کارکردها تحلیل می‌شود. سپس عملکرد فعلی این نظام ارزیابی‌شده و مهم‌ترین مکانیزم‌های محرک و بازدارنده‌ی مربوط به هریک از کارکردها شناسایی می‌شود (van Alphen et al., 2009). آن‌ها این تحلیل را برای کشور آمریکا نیز انجام می‌دهند و هم‌چنین توسعه و به‌کارگیری این فناوری‌ها را در کشورهای نروژ، هلند، استرالیا، کانادا و امریکا با به‌کارگیری رویکرد نظام‌های نوآوری فناورانه با یکدیگر مقایسه می‌کنند (van Alphen et al., 2010). میرعمادی و رحیمی در مطالعه مشابهی، به شناسایی شکست‌های نظام نوآوری فناورانه سوخت زیستی در ایران پرداخته‌اند. در این مقاله از رویکرد تحلیلی ساختاری-کارکردی برای

شناسایی شکست‌های سیستمی استفاده شده‌است. اگرچه این مقاله تحلیل جامعی را در خصوص موانع موجود بیان می‌کند، اما در سطح موانع ساختاری باقی‌مانده و علل ریشه‌ای که منجر به بروز موانع ساختاری و نهادی شده‌است را بررسی نمی‌کند(میرعمادی و راد, ۱۳۹۵). همچنین حیرانی و همکاران (۱۳۹۳) به عوامل شکست انتشار فناوری تولید همزمان برق و حرارت در ایران براساس موتورهای نوآوری پرداخته‌اند. در این مقاله چارچوب تحلیل دینامیک بین کارکردها و رابطه علت و معلولی مسائل و موانع توسعه این فناوری در سطح کارکردها است. مشابه مقاله اشاره‌شده قبلی، این مقاله نیز از سطح موانع ساختاری پیش‌تر نمی‌رود. از همین رو نویسندگان مقاله مزبور را باهدف تکمیل و ریشه‌یابی موانع استخراج‌شده در این مقاله طراحی کردند(حیرانی و همکاران، ۱۳۹۳).

در مقاله مشابهی رحیمی راد و همکاران(۱۳۹۶) به تحلیل نظام نوآوری فناورانه سیستم‌های خورشیدی فتوولتاییک در ایران پرداخته‌اند. در این مقاله آن‌ها از رویکرد تحلیل کارکردی استفاده کرده و با تجلیل موتورهای محرک نوآوری بین کارکردهای مختلف نظام نوآوری، توسعه فناوری‌های فتوولتاییک در ایران را تحلیل تاریخی کرده‌اند. اگرچه آن‌ها نظام نوآوری را در چارچوب ایران به‌عنوان یک کشور درحال‌توسعه بررسی کرده‌اند، اما به تحلیل عوامل خارج از نظام نوآوری و ساختارها و کارکردهای آن توجهی نداشته و روند توسعه فناوری را تنها بر اساس پویایی درون سیستمی کارکردها با یکدیگر بررسی کرده‌اند (رحیمی راد و همکاران، ۱۳۹۶).همچنین آزاد و قدسی پور(۱۳۹۶) در رویکرد مشابهی مدلی برای سیاست‌گذاری نظام نوآوری بخشی در صنعت پتروشیمی ایران ارائه داده‌اند. در این پژوهش نیز از رویکرد تحلیل کارکردی با استفاده از موتورهای نوآوری استفاده‌شده و درنهایت سناریوهای مختلفی برای تخصیص منابع به هریک از کارکردهای نظام بر اساس پویایی روابط بین کارکردها و اثر آن‌ها بر توسعه فناوری ارائه شده‌است. در این مقاله نیز به مسائل و محرک‌های فراتر از سطح کارکردی نظام نوآوری پرداخته نشده‌است (آزاد و قدسی‌پور، ۱۳۹۶).

در مقاله دیگری میرعمادی و دیگران نظام نوآوری فناورانه بالگرد در ایران را بر اساس رویکرد ساختاری- کارکردی تحلیل کرده و درنهایت وضعیت توسعه این فناوری در زمان کنونی و پیش‌بینی پتانسیل توسعه آن در آینده را ارائه می‌کنند. در این مقاله اگرچه تحلیل از نقاط قوت و ضعف این فناوری ارائه می‌شود، اما اشاره‌ای به محرک‌های کلان و علل ریشه‌ای نقاط ضعف نشده‌است (میرعمادی و دیگران، ۱۳۹۷).

مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد که در جدیدترین مطالعات، رویکرد کارکردی- ساختاری به‌منظور رفع نقاط ضعف رویکردهای قبلی بیشترین مورداستفاده را دارد(Sixt et al., 2018, Sawulski et al., 2019).

در این رویکرد ایده اصلی بر این اصل استوار است که بر اساس رابطه و تأثیر متقابل کارکردها و عوامل ساختاری، علت ضعف یا قوت هریک از کارکردهای سیستم، عوامل ساختاری مرتبط با آن کارکرد است (Markard et al., 2012, Truffer et al., 2009). اما در این رویکرد نیز ضعف در توجه به علل ریشه‌ای در سطوح کلان‌تر دیده می‌شود، چرا که در این رویکرد هم به عواملی بیرون از نظام توجه چندانی نمی‌شود. به‌طورکلی می‌توان گفت اگرچه رویکرد نظام نوآوری فناورانه تلاش دارد مکانیزم توسعه فناوری‌های جدید را توضیح دهد، اما نمی‌تواند چرایی و چگونگی تحقق یک گذار فناورانه را به‌طور عمیق بررسی کند (Nevzorova and Karakaya, 2020).به همین دلیل، عوامل زمینه‌ای باهدف پوشش این نقطه ضعف در ادبیات تحلیل نظام نوآوری، به چارچوب تحلیل اضافه‌شده تا به کمک آن بتوان تحلیل‌های نظام نوآوری را عمق بخشید. در ادامه مروری بر مفاهیم و مطالعات قبلی تجلیل نظام نوآوری با درنظر گرفتن عوامل زمینه‌ای صورت گرفته‌است.

۲-۲- عوامل زمینه‌ای

یکی از نخستین تلاش‌ها برای توجه به عوامل برون سیستمی، معرفی عوامل زمینه‌ای است(Bergek et al., 2015) که می‌توانند نقش بسیار مهمی در بروز مسائل و موانع توسعه نظام‌های نوآوری خصوصاً در کشورهای درحال‌توسعه داشته باشند(Sawulski et al., 2019). هر نظام نوآوری فناورانه جدیدی، با دسترسی و استفاده از منابع محیطی و زمینه‌ای خود نظیر صنایع دیگر به وجود می‌آید(Jacobsson and Bergek, 2011). هلسمارک (۲۰۱۰) اشاره می‌کند که عوامل زمینه‌ای که یک نظام نوآوری فناورانه در آن شکل می‌گیرد نه‌تنها منابع در دسترس، بلکه جهت کلی حرکت آن نظام را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد(Hellsmark, 2010). با در نظر گرفتن عوامل زمینه‌ای، این اصل موردتوجه قرار می‌گیرد که فناوری‌های مختلف، در بسترهای محیطی مختلف، به‌صورت متفاوتی توسعه پیدا می‌کنند(Nevzorova and Karakaya, 2020). علاوه بر این، با توجه به عدم ثبات عوامل زمینه‌ای، و تغییرات مداوم آن‌ها، با تحلیل اثرات عوامل زمینه‌ای، چالش‌های و فرصت‌ها برای توسعه فناوری‌های جدید بهتر شناخته می‌شوند. در نهایت واردکردن عوامل زمینه‌ای به تحلیل‌های مبتنی بر TIS، چارچوب جامع‌تری را برای تحلیل فرآیندهای توسعه یک فناوری خاص، و نیز فرآیندهای مرتبط با آن در سایر بخش‌های پیرامونی آن فناوری، ارائه می‌کند(Bergek et al., 2015). تلاش‌های مختلفی در خصوص ارتباط دادن عناصر مختلف زمینه‌ای با نظام نوآوری فناورانه صورت گرفته‌است اما در مقاله برگک و دیگران (۲۰۱۵)، برای نخستین بار دسته‌بندی جامعی از عوامل زمینه‌ای اثرگذار بر نظام نوآوری فناورانه ارائه شده‌است. در این دسته‌بندی عوامل زمینه‌ای به چهار دسته کلی تقسیم می‌شوند.

- نظام‌های نوآوری فناورانه دیگر: این عامل به ارتباطات بین نظام‌های نوآوری فناورانه مختلف اشاره دارد که شامل همکاری یا رقابت فناوری‌ها با یکدیگر می‌شود.

- بخش (صنعت): این عامل زمینه‌ای بیانگر نهادها و زیرساخت‌هایی است که به‌صورت مشترک بین نظام‌های نوآوری فناورانه مختلف و در سطح ملی قرار دارند. مفهوم تعاملات نظام با بخش مربوط به خود، همان مفهوم رژیم‌های اجتماعی- فنی مطرح‌شده توسط گیلز است.

- عوامل جغرافیایی (بومی): برگک و دیگران (۲۰۱۵)، عوامل جغرافیایی را مجموعه‌ای از عوامل سیاسی، اجتماعی، فرهنگی و قانونی می‌دانند که در مرزهای جغرافیایی یک نظام نوآوری فناورانه وجود دارد. ازاین‌جهت ممکن است نوعی هم‌پوشانی در عوامل جغرافیایی با دیگر عوامل زمینه‌ای ایجاد شود.

- محیط سیاسی: این عامل نیز بیانگر شرایط عمومی سیاسی در محیط توسعه فناوری است. ارتباط بین محیط سیاسی و نظام نوآوری فناورانه را می‌توان محور اصلی فرآیندهای گذار بلندمدت و عامل کلیدی توسعه نظام نوآوری فناورانه نامید(Bergek et al., 2015).

وو و همکاران(۲۰۲۰) در مقاله‌ای به بررسی گذار بخش انرژی چین به تولید پراکنده پرداخته‌اند. در این مقاله آن‌ها به عواملی همچون قواعد بازار و رفتار مصرف‌کنندگان در جامعه چین به‌عنوان عوامل زمینه‌ای پرداخته‌اند. نتیجه جالب‌توجه این مقاله این است که ارتباطات و تعاملات اکوسیستم‌های انرژی خصوصاً در کشورهای درحال‌توسعه، عامل بسیار مهمی در گذار به سمت انرژی‌های کم‌کربن است. هم‌چنین آن‌ها به نقش قانون‌گذاری جهت تنظیم بازار و رفتار مصرف‌کننده اشاره می‌کنند(Wu et al., 2020). بااین‌حال این مقاله چارچوب جامعی ارائه نداده و به عوامل دیگری مانند گفتمان‌ها و چشم‌اندازها توجه نکرده‌است. جیانگ و دیگران(۲۰۲۰) به بررسی نقش عوامل محیط کلان در گذار فناورانه در بخش انرژی پرداخته‌اند. آن‌ها نتیجه می‌گیرند که در کشورهایی با بحران و عدم ثبات اقتصادی، فناوری‌ها نوین انرژی توسعه نمی‌یابند و توسعه این فناوری مستلزم ثبات اقتصاد کلان است. دلیل این امر این است که این فناوری‌ها در برابر تغییرات کلان اقتصادی آسیب‌پذیرتر از سیستم‌های سنتی تأمین انرژی بوده و به همین دلیل در شرایط بحران از رقابت با این سیستم‌ها باز می‌مانند(Jiang et al., 2020). البته چارچوب یکپارچه‌ای برای در نظر گرفتن سایر عوامل کلان به‌جز عوامل اقتصادی در این مقاله ارائه نمی‌شود.

در مطالعات داخلی، موسوی و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی گذار فناوری‌های انرژی بادی و خورشیدی در ایران پرداخته‌اند. نویسندگان در این مقاله از رویکرد تحلیل چندسطحی برای تحلیل توسعه فناوری استفاده کرده‌اند. اگرچه این مقاله رویکرد توصیفی داشته و به ریشه‌یابی و علت‌یابی توسعه یا عدم توسعه این

فناوری‌ها نپرداخته‌است، اما به‌خوبی نقش عواملی در سطح کلان نظیر بازشدن فضای تعاملات بین‌المللی و قوانین و تعرفه‌های انرژی تجدیدپذیر را بر روند توسعه این فناوری‌ها نشان داده‌است.(موسوی درچه و دیگران، ۱۳۹۷).

مجیدپور(۱۳۹۱) در مقاله خود به بررسی تحلیل گذار به فناوری‌های کم‌کربن در ایران می‌پردازد. وی چالش‌های پیش روی این گذار را به چالش‌های فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تقسیم می‌کند و تحلیل می‌کند که توسعه فناوری‌های کم‌کربن نیازمند اقدامات سیاستی بیشتری برای بلوغ بوده و هنوز در مرحله تکامل اولیه است. هم‌چنین ذهنیت‌های سیاست‌گذاران و بازیگران حوزه انرژی نیز تا حد بلوغ فاصله دارد. وی هم‌چنین نتیجه می‌گیرد که سیاست‌های گذار کم‌کربن باید حتماً در کنار سیاست‌های بهره‌وری انرژی و توسعه انرژی‌های نو (نظام‌های نوآورانه دیگر) تعریف شود تا اثربخشی لازم را داشته باشد. البته این مقاله به ارائه چارچوبی برای تحلیل نپرداخته و تأثیرات چالش‌های مختلف بر یکدیگر را بررسی نمی‌کند. هم‌چنین مسائل عمیق در سطح چشم‌اندازی و گفتمانی و تأثیر آن‌ها بر سایر موانع نیز بررسی نشده‌است(مجیدپور, ۱۳۹۱).

همان‌طور که دیده می‌شود، مهم‌ترین ویژگی موجود در مطالعات مربوط به تحلیل توسعه فناوری با رویکرد نظام نوآوری فناورانه را می‌توان تمرکز بر مسائل در سطح کارکردها و عوامل ساختاری دانست. اگرچه در مطالعات جدیدتر، عوامل زمینه‌ای به‌صورت پراکنده و موردی موردتوجه نویسندگان بوده‌اند، اما در یک چارچوب تحلیلی جامع ارائه نشده‌اند و به عوامل محیطی اثرگذار بر سیستم و همچنین علل وقوع مسائل در لایه‌های عمیق‌تر مثل ذهنیت‌های جمعی مشترک، عوامل فرهنگی، هنجارها و باورهای جمعی توجه نمی‌شود. در پژوهش حاضر در راستای شناسایی علل و عوامل وقوع مسائل در سطح سیستم، از مدل تحلیل لایه‌ای علت‌ها استفاده می‌شود، تا بتوان هم مسائل زمینه‌ای اثرگذار بر نظام نوآوری و هم مسائل لایه‌های عمیق‌تر که در بسیاری از موارد عامل شکل‌گیری مسائل در سطح سیستم هستند شناسایی و در مرحله بعد نوع و شدت ارتباط این مسائل در لایه‌های مختلف تبیین گردد.

۲-۳- تحلیل لایه‌ای علت‌ها[۲۶]

تحلیل لایه‌ای علت‌ها، نظریه جدید در حوزه آینده‌پژوهی است. کاربردهای دیگر این روش، شناسایی و ریشه‌یابی عمیق مشکلات و مسائل اجتماعی و سازمانی و هم‌چنین سیاست‌گذاری است(Inayatullah, 2009). این چارچوب در تحلیل مسائل اجتماعی و سازمانی چهار سطح را در نظر می‌گیرد که هر یک از این سطوح، بعد متفاوتی را نشان می‌دهند که از آن بعد به مسائل نگاه می‌شود.

۲-۳-۱- سطح یک، لیتانی[۲۷]

این سطح که اولین سطح از لایه‌ها را نشان می‌دهد دربرگیرنده مسائل مشهود است. در این سطح روندها، اطلاعات، اعداد و آمار و شاخص‌های اندازه‌گیری دیده می‌شوند. معمولاً تغییرات در این لایه به‌سرعت اتفاق می‌افتد و واکنش‌ها نیز سریع و مقطعی است (Turnbull and Ipwich, 2006). این لایه مشهودترین بخش از مسائل را بیان می‌کند و نیاز به تحلیل چندانی ندارد. هم‌چنین مفروضات اصلی در این سطح کمتر مورد سؤال قرار می‌گیرند(Inayatullah, 2004).

۲-۳-۲- سطح دو، نظام‌های اجتماعی[۲۸]

در این سطح به عوامل اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و تاریخی پرداخته می‌شود. در این سطح داده‌های سطح قبلی کمی تحلیل‌شده و ارتباطات ساختاری مورد بررسی قرار می‌گیرد. هم‌چنین ممکن است اقدامات انجام‌شده نیز تحلیل شوند (Inayatullah, 2004). در این سطح، داده‌ها مورد سؤال قرار می‌گیرند، اما مفروضات اساسی و چارچوب شناختی که مسئله در آن تعریف شده‌است همانند سطح اول پذیرفته‌شده و مورد سؤال قرار نمی‌گیرد(Inayatullah, 2009).

۲-۳-۳- سطح سه، جهان‌بینی[۲۹] یا گفتمان

در این سطح جهان‌بینی و گفتمان غالبی که ساختارهای اجتماعی سطح دو را پشتیبانی می‌کنند، موردبررسی قرار می‌گیرند. برخلاف لایه لیتانی و علت‌های نظام‌مند آن در لایه دوم، در این لایه عللی (اعم از زبانی، فرهنگی و اجتماعی) موردبررسی قرار می‌گیرند که مستقل از بازیگران و حتی در برخی موارد مستقل از نظام‌ها هستند(Heinonen et al., 2015) در این سطح برخلاف دو سطح قبل، پیش‌فرض‌هایی که برای تعریف مسئله و تحلیل آن در سطح دو مدنظر بوده‌اند نیز، مورد پرسش قرار می‌گیرد.

۲-۳-٤- سطح چهار، استعاره[۳۰] یا اسطوره[۳۱]

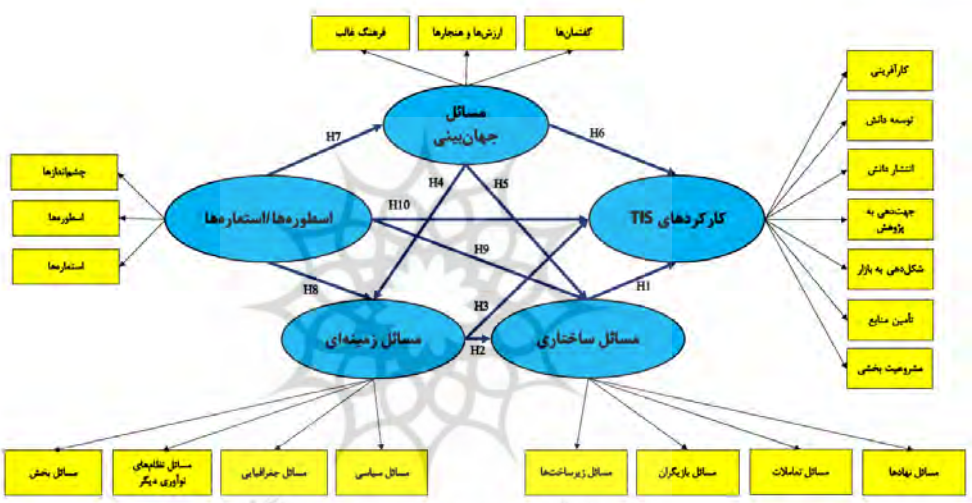
این لایه به ابعاد ناخودآگاه و احساسی افراد و جوامع می‌پردازد. این لایه بیانگر تصویرهایی است که یک تمدن از یک مقوله خاص دارد، و نیز اسطوره‌هایی که حامل آن تصویر خاص هستند. این تصاویر و اسطوره‌ها، جهان‌بینی و پس‌ازآن لایه‌های اجتماع و لیتانی را می‌سازند. عنایت‌الله برای توصیف این لایه از واژه «الگوهای جمعی[۳۲]» استفاده کرده و آن را «بعد ناآگاه و اغلب احساسی مسئله[۳۳]» تعریف می‌کند(Inayatullah, 2004). برای نشان دادن ساختار لایه‌ها در روش تحلیل لایه‌ای علت‌ها، از شکل‌های هرم یا کوه یخ استفاده می‌شود. دلیل این امر این است که لایه‌های پایین‌تر فراگیرتر بوده و بازیگران آگاهی کم‌تری نسبت به آن‌ها دارند(Heinonen et al., 2017).

هینونن و همکاران(۲۰۱۵) در مقاله‌ای با استفاده از روش تحلیل لایه‌ای علت‌ها، می‌کوشند سناریوهای مختلف انرژی را در آینده ترسیم کنند. آن‌ها هم‌چنین در این مطالعه از این روش برای ارزیابی سناریوهای کنونی نیز استفاده می‌کنند. در کاربرد اخیر، آن‌ها با استفاده از رویکرد کارگاهی، می‌کوشند موانع و مسائل موجود انرژی را در چهار لایه تحلیل کنند(Heinonen et al., 2015). رویکرد این مقاله نیز ناظر به کاربرد دوم این روش، یعنی ریشه‌یابی عمیق مسائل و مشکلات است. به همین دلیل این روش برای نخستین بار در این مقاله به تحلیل مبتنی بر نظام نوآوری فناورانه اضافه گردید تا علل ریشه‌ای مسائل موجود در نظام استخراج شود. در واقع هدف از استفاده این روش، پوشش دادن شکاف تحلیل علل ریشه‌ای مسائل در لایه‌های عمیق‌تر و نیز مسائل برون‌سیستمی نظام نوآوری فناورانه –فراتر از مسائل زمینه‌ای– در تحقیقات پیشین است.

در این مطالعه، مسائل کارکردی به‌عنوان نشانه‌های اصلی بروز مشکلات در نظام نوآوری فناورانه در نظر گرفته می‌شوند. اولین مرحله تحلیل این مسائل، تحلیل ساختاری یا تحلیل مسائل موجود بر اساس اجزای ساختاری نظام است. مرحله بعدی تحلیل که در ادبیات به آن اشاره شده‌است، تحلیل مسائل زمینه‌ای نظام است که می‌توانند علت مسائل ساختاری و کارکردی باشند. نوآوری این مقاله، اضافه کردن مرحله‌ای دیگر به تحلیل مسائل نظام نوآوری، یعنی لایه‌های روش CLA است که از عمق بیشتری نسبت به تحلیل مسائل زمینه‌ای برخوردار است. شکل (۱) ارتباط بین لایه‌های مختلف CLA و مشکلات TIS در سطوح مختلف را در مدل مفهومی این مقاله نشان می‌دهد.

شکل (۱): ارتباط بین لایه‌های CLA و مسائل مختلف TIS

بر اساس توضیحات ارائه‌شده، شکل(۲) مدل مفهومی و فرضیات استخراج‌شده را نشان می‌دهد. به‌طور دقیق‌تر، موانع و مسائلی که در ادبیات نظام نوآوری نیز اشاره شده‌اند، ناظر به لایه کارکردی و ساختاری نظام نوآوری هستند که در نسل اول تحلیل‌های نظام نوآوری مورد بررسی بودند. عوامل زمینه‌ای به‌عنوان عواملی که خارج از ساختار و کارکردهای نظام بر آن اثرگذار است، لایه بعدی تحلیل را تشکیل می‌دهند. لایه بعدی تحلیل موانع مربوط به سطح گفتمان و جهان‌بینی است و درنهایت لایه استعاره‌ها و اسطوره‌ها، به‌عنوان علت کلان موانع لایه‌های دیگر در نظر گرفته شده‌است. فرضیات مدل بر اساس روابط اثرگذاری و اثرپذیری هریک از موانع، از موانع موجود در سایر لایه‌ها تعریف شده‌است.



شکل(۲): مدل مفهومی پژوهش

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۳- روش پژوهش

این پژوهش با توجه به مراحل مختلف، ترکیبی از روش کمی و کیفی می‌باشد. بدین ترتیب که در مرحله استخراج علت‌های لایه‌ای بر اساس مصاحبه و گروه کانونی، روش مورداستفاده کیفی بوده و در مرحله آزمایش مدل و بررسی نهایی روابط استخراج‌شده، روش کمی مورداستفاده قرار گرفته‌است. از منظر قلمرو زمانی، این پژوهش وقایع و پیامدهای حاصل از آن‌ها را در توسعه فناوری سی-اچ-پی از سال ۱۳۸۷ (ابلاغ مصوبه توسعه نیروگاه‌های سی-اچ-پی) تا تاریخ حاضر را مدنظر قرار داده‌است. از منظر قلمرو مکانی نیز نتایج و تحلیل‌ها مختص کشور ایران است. به‌منظور گردآوری داده‌های موردنیاز در کل فرآیند پژوهش، از روش ترکیب‌سازی[۳۴]

استفاده شده‌است (Denzin, 2017). بر این اساس، با جمع‌آوری داده‌ها از سه منبع مصاحبه[۳۵]، مشاهده[۳۶] و مطالعه اسناد[۳۷] حداکثر اطمینان از صحت داده‌های جمع‌آوری‌شده حاصل شده‌است. همچنین در هر مرحله با توجه به روش جمع‌آوری داده، روش مناسب برای تحلیل داده‌ها نیز استفاده شده‌است.

در مرحله اول بر اساس ادبیات نظام نوآوری فناورانه و تحلیل لایه‌ای علت‌ها، مدل نظری پژوهش طراحی و پیشنهاد گردید (شکل ۱). به‌منظور اعتبارسنجی اجزای مدل و شاخص‌ها، جلسات مصاحبه‌ای با چند تن از خبرگان حوزه سیاست‌گذاری نوآوری برگزار و اجزای مدل و شاخص‌های کارکردها بر اساس تحلیل نظرات آن‌ها اصلاح گردید (شکل ۲). رویکرد نویسندگان در طراحی مدل اولیه پژوهش، رویکرد پس‌کاوی بوده‌است. بر اساس این رویکرد، مدل مفهومی توسط محقق ساخته‌شده و بعد از تائید و اعتبارسنجی مورداستفاده قرار می‌گیرد. سپس نتایج حاصل از مدل نیز اعتبارسنجی می‌شود تا نهایت اطمینان از صحت و دقت مدل و نتایج آن صورت پذیرد(Blaikie, 2009). در مرحله دوم که درواقع هدف اصلی آن استخراج عوامل مربوط به سطح اول و دوم تحلیل لایه‌ای علت‌ها بود، بر اساس روش پیشنهادی در تحلیل کارکردی–ساختاری، پس از تحلیل اسناد و مدارک مرتبط در زمینه مسائل توسعه این فناوری و نیز مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته، مسائل موجود در سطح مسائل کارکردی، ساختاری و زمینه‌ای، در جلساتی با خبرگان این حوزه موردبحث قرار گرفت. در نهایت با تجمیع نظرات خبرگان از طریق روش تحلیل مضمون، مسائل کارکردی، ساختاری و زمینه‌ای برای توسعه فناوری سی–اچ–پی استخراج شد. در مرحله سوم، پس از استخراج عناوین مسائل مربوط به لایه‌های اول و دوم تحلیل لایه‌ای علت‌ها، در یک جلسه گروه کانونی، نظر خبرگان در خصوص مهم‌ترین علل عدم توسعه این فناوری در لایه مسائل گفتمانی و چشم‌اندازی تبیین گردید.

دو روش اصلی به‌کارگیری روش CLA، یکی رویکرد تحلیلی است که به‌منزله چارچوب تحلیل و تفسیر پدیده‌ها در نظر گرفته می‌شود، و رویکرد دوم رویکرد کارگاهی است که در یک فضای تعاملی به‌منظور اخذ نظرات مختلف انجام می‌شود(Heinonen et al., 2017). در بازی تحلیل لایه‌ای علت‌ها، که در سال ۲۰۰۳ توسط عنایت‌الله ابداع‌شده، از طریق ارتباطات چندجانبه در یک کارگاه، یادگیری جمعی و در عمل اتفاق می‌افتد (Inayatullah, 2004, Heinonen et al., 2017) در این روش، چهار گروه متناسب با چهار لایه اشاره‌شده تشکیل می‌شوند. این چهارگروه با هم ارتباط برقرار کرده و به‌صورت رفت و برگشتی نظرات خود را با یکدیگر در میان می‌گذارند(Inayatullah, 2015). این فرآیند از مدنظر قراردادن یک عنوان عمومی در لایه لیتانی شروع‌شده و پس از رفت‌وبرگشت‌ها و ارتباطات گروه‌ها با یکدیگر و تبادل نظرات بین آن‌ها، درنهایت به شناخت مسائل و موانع موجود در هر لایه منجر می‌شود. با توجه به این‌که تعداد استاندارد گروه‌های کانونی

۸ تا ۱۰ نفر تعیین شده‌است(Morgan, 1997)، مجموعاً ۹ نفر در جلسه گروه کانونی حضور داشتند که جدول (۲) مشخصات آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول (۲): ویژگی‌های نمونه آماری مرحله اول تا سوم (مصاحبه‌های نیمه ساختاریافته و گروه کانونی)

سمت	جایگاه	تحصیلات	تعداد
ریاست گروه موتورهای الکترونیکی پژوهشگاه نیرو	دانشگاه- صنعت	کارشناسی ارشد	۱
مجری طرح تولید پراکنده شرکت توانیر	سیاست‌گذاری	دکترا	۱
مدیران شرکت‌های صنعتی تولید سی-اچ-پی در ایران	صنعت	کارشناسی- کارشناسی ارشد	۳
اعضای هیئت‌علمی دانشگاه‌های شریف، شهید عباسپور و علم و صنعت	دانشگاه	دکترا	۲
عضو هیئت‌مدیره انجمن تولید پراکنده ایران	صنعت	دکترا	۲
جمع نفرات			۹

همچنین دلیل انتخاب روش تحلیل مضمون برای جمع‌بندی نتایج جلسه گروه کانونی، این بود که در تحلیل مضمون به جزییات و بافت داده‌ها بیشتر توجه می‌شود و برخلاف تحلیل محتوا، واحد تحلیل بیش از یک کلمه یا اصطلاح است. در واقع تحلیل مضمون از شمارش صرف واژه‌ها و عبارات فراتر رفته و بر توضیح و تفسیر مفاهیم ضمنی تأکید می‌کند(Guest et al., 2011) که این امر در تحلیل لایه‌ای علت‌ها، امری ضروری است. روش‌های مختلفی برای دسته‌بندی مضامین وجود دارد. در این مقاله با توجه به این‌که انجام مصاحبه‌ها و برگزاری جلسه گروه کانونی، بر اساس لایه‌های تحلیل لایه‌ای که در واقع چارچوب کلی مضامین را مشخص می‌کنند صورت گرفته است، و پس‌ازآن نظرات و گزاره‌های کلی تفسیر و دسته‌بندی نهایی شده‌اند، مبنای دسته‌بندی مضامین بر اساس روش رایان و برنارد (۲۰۰۳)، مضامین اولیه و مضامین نهایی بوده‌است(Ryan and Bernard, 2000). بر این اساس از مجموع مصاحبه‌ها و جلسه گروه کانونی، ۱۰۴ مضمون اولیه استخراج‌شده و در مرحله نهایی ۵۲ مضمون نهایی به‌عنوان مسائل نظام نوآوری فناورانه سی-اچ-پی در ایران معرفی شدند. مضامین نهایی که درواقع مسائل نهایی در هر لایه هستند در جدول (۱) بخش ضمائم مقاله ارائه شده‌اند.

در مرحله چهارم پژوهش، پس از استخراج مسائل لایه‌های مختلف در مراحل قبلی، پرسشنامه‌هایی مبنی بر سنجش تأثیر مسائل بر یکدیگر و بر کارکردهای نظام نوآوری فناورانه سی-اچ-پی، میان کارشناسان و خبرگان این حوزه، توزیع شد. در این پرسشنامه، بر اساس طیف لیکرت ۵ تایی، شدت وجود هر یک از مسائل اشاره شده در بخش قبلی مورد سؤال قرار گرفت. پرسشنامه مزبور در جدول شماره (۲) پیوست قابل‌مشاهده است. ابزار تحلیل پرسشنامه مزبور و سنجش فرضیات، مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM[۳۸]) در نظر گرفته شد. هدف از این امر، ترکیب روش کمی و کیفی به‌منظور افزایش غنای تحلیل بوده‌است. در واقع همان‌طور که عنایت‌الله اشاره می‌کند، در تحقیقات آکادمیک لازم است تا عوامل استخراج‌شده در هر لایه، موردسنجش کمی

قرار بگیرند تا اولاً میزان اهمیت هریک مشخص شود و ثانیاً شدت اثرات هر عامل بر عوامل لایه‌های دیگر تبیین شود (Inayatullah, 2009). به همین دلیل در این مقاله، علاوه بر رویکرد کیفی که در استخراج مسائل مورداستفاده قرار گرفت، بررسی شدت اثرات مسائل لایه‌های مختلف نیز از طریق رویکرد کمی انجام شد.

علاوه بر دلایل فوق، با توجه به عدم‌کفایت اندازه نمونه به دلیل محدودیت خبرگان در حوزه موردمطالعه، برای پاسخ به فرضیات پژوهش از تکنیک‌های تحلیل عاملی تأییدی (CFA) و مدل‌سازی معادلات ساختاری با استفاده از روش حداقل مربعات جزئی[۳۹] (PLS) و با کمک نرم‌افزار Smart PLS نسخه ۲ استفاده‌شده است. از این روش زمانی که حجم نمونه کوچک بوده و یا توزیع متغیرها نرمال نباشد استفاده می‌شود(Hair Jr et al., 2016). جدول(۳) مشخصات نمونه آماری مرحله چهارم پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول (۳): ویژگی‌های نمونه آماری مرحله چهارم

سمت	جایگاه	تحصیلات	تعداد
ریاست گروه موتورهای الکترونیکی پژوهشگاه نیرو	دانشگاه- صنعت	کارشناسی ارشد	۱
کارشناس گروه موتورهای الکترونیکی پژوهشگاه نیرو	دانشگاه- صنعت	کارشناسی ارشد	۵
مجری طرح تولید پراکنده شرکت توانیر	سیاست‌گذاری	دکترا	۱
مدیران شرکت‌های صنعتی حوزه تجهیزات و نیروگاه‌های سی-اچ-پی در ایران	صنعت	کارشناسی ارشد- دکترا	۵
کارشناسان شرکت‌های صنعتی حوزه تجهیزات و نیروگاه‌های سی-اچ-پی در ایران	صنعت	کارشناسی-کارشناسی ارشد	۱۷
اعضای هیئت‌علمی دانشگاه‌های شریف، شهید عباسپور و علم‌وصنعت	دانشگاه	دکترا	٦
عضو هیئت‌مدیره انجمن تولید پراکنده ایران	صنعت	دکترا	۲
عضو انجمن تولید پراکنده ایران	صنعت	کارشناسی ارشد-دکترا	۷
عضو کمیسیون انرژی شورای عالی عتف	سیاست‌گذاری	دکترا	٤
مدیران شرکت‌های وابسته به توانیر	صنعت	کارشناسی ارشد- دکترا	٦
کارشناسان شرکت‌های وابسته به توانیر	صنعت	کارشناسی ارشد	۹
جمع نفرات			٦۳

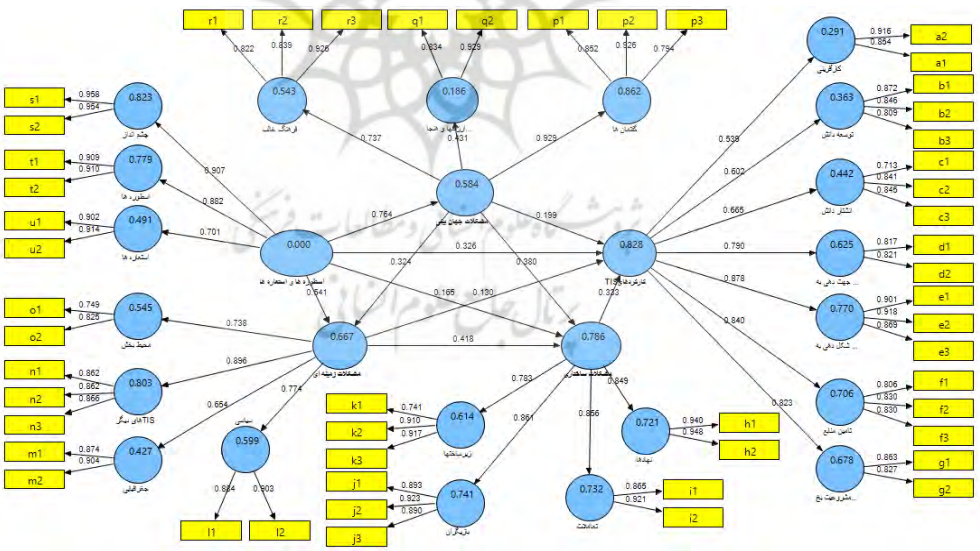
٤- تجزیه‌وتحلیل یافته‌های پژوهش

٤-۱- بررسی مدل پژوهش

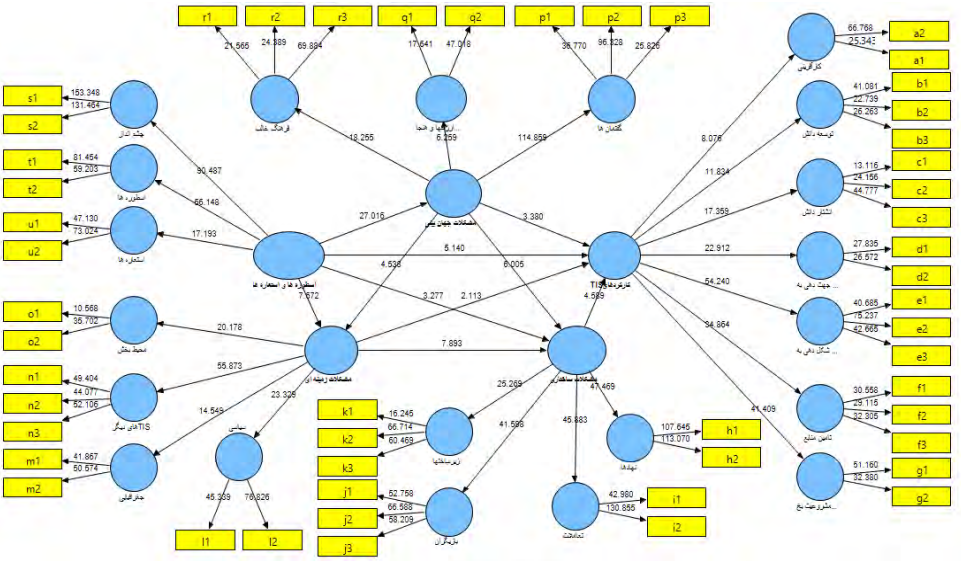
بر اساس توضیحات ارائه‌شده، در نهایت پس از بحث و تبادل‌نظر در جلسه گروه کانونی، مجموع مسائل موجود بر سر راه توسعه فناوری تولید همزمان برق و حرارت به دست آمد که در جدول (۲) ضمائم مقاله قابل‌مشاهده است. شدت این مسائل استخراج‌شده در قالب پرسشنامه‌ای بر اساس طیف پنج‌تایی لیکرت از خبرگان این حوزه پرسش شد که نتایج تحلیل پرسشنامه‌ها در این بخش ارائه می‌شود. شاخص‌های پراکندگی متغیرها نیز در جدول (۳) پیوست ارائه شده‌است. با توجه به نتایج این جدول،

تمامی مقادیر چولگی بین ۲- و ۲ بوده و هم‌چنین مقادیر کشیدگی نیز در بازه ۵- تا ۵ قرار دارند. بنابراین توزیع داده‌ها متقارن و نرمال است.

شکل (۳) مدل معادلات ساختاری مسائل را در حالت تخمین ضرایب استاندارد نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول (٤) ضمائم نیز مشخص شده است، تمامی بارهای عاملی از مقدار ۰/۵ بزرگ‌تر و در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار شده‌اند. لذا می‌توان همسویی سؤالات پرسشنامه برای اندازه‌گیری مفاهیم را در این مرحله معتبر نشان داد. هم‌چنین تمامی ضرایب مسیر دارای سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۱ (و مقدار ضریب بحرانی خارج از بازه (۱/۹٦،۱/۹٦-)) می‌باشند و این نشانگر تأیید تأثیر مسائل بر یکدیگر است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مسائل ساختاری بیشترین تأثیر را بر مسائل کارکردی داشته‌اند. بعدازاین لایه، مسائل مربوط به چشم‌اندازهای غالب، علاوه بر اینکه تأثیر زیادی را بر مسائل مربوط به گفتمان‌ها نشان می‌دهند، به‌عنوان یک عامل اثرگذار با میزان تأثیر قابل‌توجه بر روی مسائل کارکردی عمل می‌کنند. شکل (٤) نیز مدل معادلات ساختاری و تحلیل عاملی تأییدی را در حالت قدر مطلق معناداری ضرایب (t-value) نشان می‌دهد. طبق این مدل، ضریب مسیر در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار می‌باشد اگر مقدار آماره‌ی t از ۱/۹٦ بیشتر باشد که این شرط محقق شده است.



شکل (۳): مدل تحلیل عاملی تأییدی و مدل معادلات ساختاری در حالت استاندارد



شکل (٤): مدل تحلیل عاملی تأییدی و مدل معادلات ساختاری در حالت معنی‌داری (قدر مطلق t)

به‌منظور اندازه‌گیری روایی، دو شاخص بارهای عاملی و متوسط واریانس استخراج‌شده در نظر گرفته شده‌اند. هم‌چنین برای بررسی پایایی مدل پژوهش، از شاخص آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی استفاده شده‌است. سایر شاخص‌های روایی و پایایی مدل نیز در جدول (٤) پیوست مقاله دیده می‌شوند. با بررسی شاخص میانگین واریانس استخراج‌شده، روایی همگرا نیز مورد تائید است. شاخص‌های پایایی شامل آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی برای همه مسائل نیز به ترتیب بالای ۰/۷ و ۰/٦ بوده و لذا پایایی پرسشنامه تأیید می‌شود.

٤-۲-آزمون فرضیات

نتایج حاصل از ضرایب مسیر، مقدار آماره t-value و هم‌چنین پذیرش یا رد معنی‌داری فرضیات مدل در جدول (٤) آمده است. ضرایب مسیر جهت (مثبت یا منفی) و شدت ارتباط دو عامل را نشان می‌دهند. مقدار آماره t نیز در سطح اطمینان ۹۵٪ برای همه فرضیات عددی بزرگ‌تر از ۱/۹٦ شده است، لذا تمام فرضیات اثبات می‌شوند. به‌علاوه ضریب تعیین نیز که مشخص می‌کند هر عامل تا چه میزان به سایر علل اشاره‌شده در سطوح دیگر وابسته است، برای موانع همه سطوح بالاتر از ۰/۳۳ است. این نشان می‌دهد که موانع هر سطح تا حد قابل‌توجهی وابسته به موانع سطوح دیگر هستند(Chin, 1998). در این میان بیشترین وابستگی مربوط به موانع کارکردی است که این نتیجه نشان می‌دهد تحلیل موانع کارکردی بدون توجه به سایر موانع اثربخشی لازم را ندارد. با توجه به نظر چین که بیان می‌کند ضریب تعیین در سطح ۰/۱۹ ارتباط ضعیفی را نشان می‌دهد، در میان فرضیات این مقاله هیچ ارتباط ضعیفی بین متغیرها

دیده نشده‌است. البته سطح وابستگی گفتمان‌ها به عوامل چشم‌اندازی میزان متوسطی را نشان می‌دهد.

جدول (٤): نتایج حاصل از ضرایب مسیر، مقدار آماره t-value برای مدل معادلات ساختاری فرضیه‌های مدل

فرضیه	ضریب مسیر(β)	نسبت بحرانی (t)	ضریب تعیین (R^2)	تائید یا رد فرضیه	جهت تأثیر
عوامل ساختاری -> کارکردهای TIS	۰/۳۳۳	٤/٥٨٩	۰/۸۲۸	تائید	+
عوامل زمینه‌ای -> کارکردهای TIS	۰/۱۳۰	۲/۱۱۳		تائید	+
گفتمان‌ها -> کارکردهای TIS	۰/۱۹۹	۳/۳۸۰		تائید	+
چشم‌اندازها -> کارکردهای TIS	۰/۳۲٦	٥/۱٤۰		تائید	+
عوامل زمینه‌ای -> عوامل ساختاری	۰/٤۱۸	۷/۸۹۳	۰/۷۸٦	تائید	+
چشم‌اندازها -> عوامل ساختاری	۰/۱٦٥	۳/۲۷۸		تائید	+
گفتمان‌ها -> عوامل ساختاری	۰/۳۸۰	٦/۰۰٥		تائید	+
چشم‌اندازها -> عوامل زمینه‌ای	۰/٥٤۱	۷/٦۷۲	۰/٦٦۷	تائید	+
گفتمان‌ها -> عوامل زمینه‌ای	۰/۳۲٥	٤/٥۳۸		تائید	+
چشم‌اندازها -> گفتمان‌ها	۰/۷٦٤	۲۷/۰۱۷	۰/٥۸٤	تائید	+
|t|>1.96 Significant at P<0.05, |t|>2.58 Significant at P<0.01					

۵- جمع‌بندی

این مقاله باهدف تحلیل مسائل و موانع توسعه فناوری در بخش انرژی ایران، با تمرکز بر فناوری تولید همزمان برق و حرارت، و با استفاده از چارچوب نظام نوآوری فناورانه تدوین شد. بر اساس رویکرد نظام نوآوری فناورانه، ابتدا مسائل کارکردی نظام تبیین و عوامل ساختاری به‌عنوان علل ضعف هر یک از مسائل کارکردی شناسایی گردید. بر این اساس دو نقطه قابل‌بهبود در این روش توسط محققین در نظر گرفته شد. اولاً چارچوب عوامل زمینه‌ای نظام نوآوری فناورانه به‌منظور تحلیل عوامل خارجی و محیطی اثرگذار بر نظام نوآوری مورداستفاده قرار گرفت، ثانیاً رویکرد تحلیل لایه‌ای علت‌ها برای تبیین مسائل لایه‌های عمیق‌تر نظام به چارچوب تحلیل اضافه شد. از ترکیب دو ابزار تحلیل انتخابی، یعنی نظام نوآوری فناورانه و تحلیل لایه‌ای علت‌ها، مدل مفهومی پژوهش شکل گرفت که درواقع مدل ارتباط بین مسائل مختلف بازدارنده توسعه فناوری سی-اچ-پی در کشور است. در مراحل بعدی پژوهش، بر اساس مصاحبه و برگزاری گروه کانونی، مسائل کارکردی، ساختاری، زمینه‌ای و نیز مسائل لایه‌های سوم و چهارم تحلیل لایه‌ای علت‌ها برای فناوری موردمطالعه استخراج و آزمون شد.

در خصوص مسائل کارکردی مهم‌ترین مسئله‌ای که توسط اعضا مطرح شد، شکل‌نگرفتن بازار پیرامون

این فناوری بود. در واقع علی‌رغم اینکه در ابتدا تعداد خوبی از شرکت‌ها برای نصب و احداث این نیروگاه‌ها متقاضی بوده‌اند، اما در سال‌های اخیر این روند نزولی بوده و رو به توقف است. مسئله عدم شکل‌گیری بازار مناسب در مطالعات دیگری نیز به‌عنوان یکی از موانع مهم عدم توسعه فناوری‌های کم‌کربن در کشورهای درحال‌توسعه بررسی شده‌است (Wu et al., 2020). مشکل دیگر کمبود دانش فنی در داخل کشور و وابستگی به دانش خارجی است که در سال‌های تحریم این وابستگی و عدم دسترسی به تجهیزات ژنراتورها به‌طور ویژه، موجب کندی روند توسعه سی-اچ-پی شده‌است. نتایج مشابهی برای فناوری‌های انرژی‌های نو می‌توان در مقالات قبلی مشاهده کرد، جایی که بهبود تعاملات بین‌المللی موجب توسعه سریع‌تری این فناوری‌ها شده‌است(موسوی درچه و دیگران، ۱۳۹۷).

در بحث علل ساختاری مسائل لایه قبلی، موضوع مورد اجماع همه اعضا، مسائل مربوط به تعاملات خصوصاً با شرکت گاز و به‌طورکلی بخش نفت و گاز کشور است. مسائلی از قبیل عدم وجود آیین‌نامه‌های مشترک، عدم یکپارچگی فرآیند صدور مجوز، ناهماهنگی سیاست‌های بخش گاز با بخش برق و به‌طورکلی عدم وجود یک مدیریت واحد برای بخش انرژی در کشور، از مهم‌ترین مسائل مطرح‌شده در این لایه بود. نکته دیگر عدم وجود زیرساخت‌های شبکه هوشمند در کشور به‌عنوان لازمه توسعه تولید پراکنده است که توسط یکی از اعضا مطرح گردید. مشکل ضعف ارتباطات نهادی خصوصاً در کشورهای درحال‌توسعه نیز در مطالعات متعددی اشاره شده‌است، به‌ویژه در بخش انرژی که تعاملات و هماهنگی اکوسیستم‌های مختلف از مهم‌ترین علل توسعه فناوری‌های این بخش شناخته شده‌است(Wu et al., 2020).

در لایه مسائل زمینه‌ای، نظام نوآوری مکمل، یعنی بخش گاز کشور و عدم هماهنگی و همکاری لازم بین این بخش و شرکت توانیر، مهم‌ترین دلیل ایجاد مسائل ساختاری و کارکردی است. در واقع با توجه به این‌که ورودی و خروجی نیروگاه‌های تولید همزمان شامل گاز و نیز حرارت است، بخش برق به‌تنهایی نمی‌تواند در خصوص این فناوری برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری کند. در اینجا این عدم یکپارچگی به مشکلاتی در هماهنگی‌ها و همسویی سیاست‌ها می‌انجامد که به ایده اعضا، از اصلی‌ترین دلایل عدم توسعه مناسب سی-اچ-پی است. یکی از شاخص‌های این عدم هماهنگی، قیمت گاز است. قیمت گاز ورودی به نیروگاه‌های سی-اچ-پی عامل تعیین‌کننده‌ای در عدم توجیه‌پذیری این فناوری است. هم‌چنین به دلیل قیمت پایین گاز در کشور، حرارت تولیدی از سی-اچ-پی در مجموع صرفه اقتصادی نداشته و نمی‌تواند با عامل جایگزین یعنی گاز رقابت کند. نتیجه این مشکلات، عدم توسعه تولید همزمان در

کشور است. این نکته در مطالعات قبلی داخلی پیرامون این فناوری به‌صورت منسجم و به تفکیک از سایر موانع در نظر گرفته نشده‌بود.

در بخش گفتمان و جهان‌بینی مباحث متفاوتی بیان شد. موارد اشاره‌شده را می‌توان در غالب بودن گفتمان توسعه انرژی‌های نو و هم‌چنین گفتمان تولید متمرکز برق خلاصه کرد. به‌عبارت‌دیگر، در کشور تمرکز بر توسعه انرژی‌های نو بیشتر از توسعه سایر حالت‌های تولید پراکنده مثل تولید همزمان است. اعضای گروه دلیل این امر را وجود متولی مشخص برای انرژی‌های نو و هم‌چنین علاقه شخصی بیشتر مدیران به این حوزه بیان کردند. این غالب بودن گفتمان توسعه انرژی‌های نو تا جایی است که حتی بودجه‌های پیش‌بینی‌شده برای توسعه بهره‌وری، به‌طور عمده صرف توسعه انرژی‌های نو می‌شود. نکته دیگر توافق اعضا، ریشه‌دار بودن تفکر تولید متمرکز در کشور است. این تولید متمرکز و تحت کنترل، هم در بخش برق و هم در سایر بخش‌های کشور، نیروی پیش‌برنده‌ای در تصمیمات و سیاست‌گذاری‌ها بوده‌است. این نکته را می‌توان از دستاوردهای مهم این مقاله دانست چراکه به نقش گفتمان‌ها و ذهنیت‌های غالب در بخش انرژی کشور، در مطالعات قبلی به‌خوبی پرداخته نشده‌است. اگرچه در مطالعات قبلی فناوری‌های کم کربن در ایران از رویکرد تحلیل چندسطحی استفاده شده‌است، اما در سطح دورنما بیشتر بر مواردی چون تعرفه حامل‌های انرژی و قوانین اشاره‌شده و علل این موانع که فراتر از قوانین و مقررات بوده و به حوزه ذهن افراد و مدیران برمی‌گردد موردتوجه نبوده‌است(موسوی درچه و دیگران، ۱۳۹۷).

در نهایت در لایه آخر برخی اعضا اصطلاحاتی مانند "کلاه خودت را بچسب"، یا "تا پریشان نشود حال به سامان نرسد" را ذهنیت‌های غالب ایرانیان دانستند. این اصطلاحات بیانگر تفکر فردگرا (بخش‌گرا در مدیریت) و نیز نگاه کوتاه‌مدت و عدم پیشگیری از بحران‌ها و نیازهای احتمالی است. نکته دیگری که به‌عنوان مسائل این لایه مطرح شد، عدم وجود یک چشم‌انداز مشخص برای تولید پراکنده و تمرکز بر انرژی‌های نو به‌عنوان چشم‌انداز آینده صنعت برق ایران بود. این بخش درواقع مهم‌ترین نوآوری این مقاله است که در مطالعات قبلی به چشم نمی‌خورد. نتایج حاصل از تحلیل عاملی متغیرهای مدل مفهومی پژوهش به‌طور خلاصه نشان می‌دهد:

– در زمینه مسائل کارکردی شکل‌دهی به بازار فناوری شدت بیشتری دارد که عدم تعیین و اجرای استانداردهای بهره‌وری نیروگاه‌های تولید انرژی به‌صورت یکپارچه و کمبود سیاست‌های تجمیع تقاضا برای تحریک توسعه فناوری در کشور مهم‌ترین مسائل کارکردی است.

– در حوزه مسائل ساختاری، مسئله نهادها و بازیگران مهم‌ترین مسئله و در بین آن‌ها عدم وجود

استانداردها و قوانین لازم برای اتصال نیروگاه‌های مقیاس کوچک به شبکه برق و نیز عدم وجود متولی مشخص برای بخش حرارت خروجی نیروگاه‌های سی-اچ-پی بالاترین شدت را دارند.

– در زمینه مسائل زمینه‌ای، مسائل مربوط به نظام‌های دیگر و به‌طور خاص عدم برنامه‌ریزی شرکت گاز برای خرید حرارت خروجی نیروگاه‌های سی-اچ-پی و نیز قیمت پایین و غیرتعادلی گاز مصرفی خانگی می‌باشد.

– در زمینه مسائل گفتمان و جهان‌بینی نیز مهم‌ترین مسئله، مرتبط به گفتمان‌های غالب و به‌طور خاص گفتمان و تمرکز غالب صنعت برق کشور بر تولید برق و عدم توجه به بهره‌وری و محیط‌زیست است. هم‌چنین غالب بودن گفتمان تولید متمرکز و شیوه‌های سنتی تولید در صنعت برق کشور نیز نسبت به دیگر مسائل از شدت بیشتری برخوردار است.

– در زمینه مسائل چشم‌اندازی نیز عدم وجود چشم‌انداز مشخص و قاطع در زمینه توسعه سی-اچ-پی و غلبه چشم‌انداز توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر با وجود بهره‌وری پایین‌تر از بیشترین شدت برخوردار است.

در نهایت جمع‌بندی تحلیل ضرایب مسیر مدل نشان می‌دهد عوامل گفتمانی و چشم‌اندازی هم به‌طور مستقیم و هم غیرمستقیم از طریق تأثیرگذاری بر عناصر ساختاری، در شکست نظام نوآوری این فناوری نقش داشته‌اند. نقش مسائل لایه چهارم، یعنی چشم‌اندازهای موجود چه بر روی مسائل کارکردی و چه بر روی مسائل لایه‌های دیگر، قابل‌توجه است و می‌توان آن را دستاورد مهم این پژوهش دانست، چرا که توجه به این عوامل در تحلیل مشکلات نظام نوآوری فناورانه مغفول مانده است.

در مجموع مشخص است که مسائل برون سیستمی شامل مسائل مربوط به عوامل زمینه‌ای، مسائل گفتمانی و نیز مسائل چشم‌اندازی، تأثیر به سزایی بر عدم توسعه فناوری سی-اچ-پی طبق برنامه‌های تدوین‌شده در ایران داشته‌اند. این نتیجه مطابق با نظر وایزورک و هکرت (۲۰۱۲) است که اشاره می‌کنند علی‌رغم استفاده گسترده از تحلیل ساختاری برای تحلیل مسائل نظام نوآوری، بدلیل وابستگی شدیدی که عوامل ساختاری به ویژگی‌های بومی دارند، سیاست‌گذاران نمی‌توانند به‌راحتی ساختارهای نظام‌های نوآوری موفق را به‌عنوان شاخص قرار دهند. هم‌چنین نوزوروا و کاراکایا(۲۰۲۰) نیز اشاره می‌کنند که فناوری‌های یکسان در محیط‌های مختلف به‌صورت متفاوتی توسعه می‌یابند و این فرآیند توسعه تحت تأثیر عوامل مهمی همچون تصمیمات سیاستی و همکاری بخش‌های مختلف می‌دانند(Nevzorova and Karakaya, 2020). مثال قابل‌ذکر در خصوص فناوری موردمطالعه، عدم وجود چشم‌انداز روشن

و مشخص برای توسعه سی-اچ-پی و نیز غالب بودن چشم‌انداز توسعه انرژی‌های نو است که اثری نزدیک به اثرات مسائل ساختاری بر روی کارکردهای نظام داشته‌است. مصداق دیگر آن عدم همکاری بخش نفت و گاز و بخش انرژی کشور در توسعه این فناوری است. نتیجه مشابه دیگر را می‌توان در مقاله ساوولسکی و همکاران نشان داد که نتیجه می‌گیرند عدم وجود یک رویکرد و اهداف مشخص برای توسعه فناوری‌های حوزه انرژی، عامل مهمی در عدم توسعه این فناوری‌ها است (Sawulski et al., 2019). نکته قابل‌ذکر دیگر این‌که مسائل ساختاری و کارکردی استخراج‌شده، نتایج مشابهی را با مطالعات قبلی نشان می‌دهند. برای مثال مسائلی مانند پیچیدگی و عدم یکپارچگی دستورالعمل‌ها، نبود متولی مشخص برای بخش حرارت و عدم هماهنگی بخش برق و بخش گاز، مسائلی هستند که در مطالعات قبلی هم به آن‌ها اشاره‌شده‌است (حیرانی و دیگران، ۱۳۹۳)، اما در این مطالعات، تحلیل از مسائل ساختاری فراتر نرفته و به علل محیطی و کلان‌تری که باعث این مسائل می‌شوند پرداخته نشده‌است که این مقاله سعی در برطرف نمودن این کمبود داشته‌است.

-پیشنهادهای سیاستی

با توجه به نتایج حاصل از تحلیل مسائل، می‌توان راهکارهای سیاستی برای از بین‌بردن و یا تقلیل مسائل در سطوح مختلف ارائه کرد. در خصوص غلبه بر مسائل ساختاری، برای مثال می‌توان به تدوین و اجرای استانداردهای مختلف در خصوص بهره‌وری نیروگاه‌ها و اتصال نیروگاه‌های سی-اچ-پی به شبکه توزیع برق اشاره کرد. در رابطه با مسائل زمینه‌ای نیز، اصلاح قیمت گاز و هماهنگی بین برنامه‌ها و سیاست‌های بخش برق و بخش گاز کشور توصیه می‌شود.

پیشنهاد دیگر، تلاش برای تغییر گفتمان تولید متمرکز برق و ایجاد توجه و اهتمام بیشتر به امر بهره‌وری در بدنه جامعه است. هم‌چنین تلاش در جهت ایجاد چشم‌اندازی مثبت از توسعه نیروگاه‌های سی-اچ-پی و همچنین اهتمام به بهره‌وری انرژی، می‌توانند از مهم‌ترین چارچوب‌های سیاست‌گذاری در آینده باشند. جدول (۵) ارتباط بین مهم‌ترین مسائل شناسایی‌شده و علل آن‌ها و پیشنهادهای سیاستی متناظر را نشان می‌دهد.

جدول (۵): مهم‌ترین مسائل شناسایی‌شده و پیشنهادهای سیاستی برای رفع آن‌ها

لایه مسئله	مسئله	پیشنهاد سیاستی
مسئله کارکردی	• عدم تعیین و اجرای استانداردهای بهره‌وری نیروگاه‌های تولید انرژی به‌صورت یکپارچه • کمبود سیاست‌های تجمیع تقاضا برای تحریک توسعه فناوری در کشور	• تدوین و اجرای الزامات و استانداردهای بهره‌وری نیروگاه‌های غیرمتمرکز در کشور
علت ساختاری	• عدم وجود استانداردها و قوانین لازم برای اتصال نیروگاه‌های مقیاس کوچک به شبکه برق • عدم وجود متولی مشخص برای بخش حرارت خروجی نیروگاه‌های سی-اچ-پی	• تدوین و اجرای دستورالعمل اتصال نیروگاه‌های سی-اچ-پی به شبکه برق کشور
علت زمینه‌ای	• عدم برنامه‌ریزی شرکت گاز برای حرارت خروجی نیروگاه‌های سی-اچ-پی • قیمت پایین و غیرتعادلی گاز مصرفی خانگی	• تدوین و اجرای دستورالعمل نحوه فروش حرارت خروجی از سیستم‌های سی-اچ-پی به شبکه گاز کشور • تدوین سیاست‌های قیمت‌گذاری متفاوت گاز برای نیروگاه‌های سی-اچ-پی
علت گفتمانی	• تمرکز غالب صنعت برق کشور بر تولید برق • غالب بودن گفتمان تولید متمرکز و شیوه‌های سنتی تولید در صنعت برق کشور	• تغییر نگرش بدنه صنعت برق کشور به رویکرد تولید غیرمتمرکز برق در کشور • فرهنگ‌سازی استفاده از نیروگاه‌های بهره‌ور سی-اچ-پی در دستگاه‌های اجرایی و سپس در بین مردم عامه
علت چشم‌اندازی	• عدم وجود چشم‌انداز مشخص و قاطع در زمینه توسعه سی-اچ-پی • غلبه چشم‌انداز توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر	• بازنگری در سیاست‌های توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر • سیاست‌گذاری و هدف‌گذاری ملی در حوزه بهره‌وری انرژی با تمرکز بر فناوری سی-اچ-پی

- پیشنهاد تحقیقات آتی

در پژوهش حاضر، اولاً مسائل استخراج‌شده در هر لایه، محدود به نظرات تعداد محدود خبرگان در دسترس پژوهشگران بوده و در تحقیقات آتی می‌توان شاخص‌های بیشتری برای مسائل در نظر گرفته و مسائل سطوح عمیق‌تری را استخراج نمود. تعمیم‌پذیری نتایج به حوزه‌های فناورانه دیگر خصوصاً در بخش انرژی نیز از مواردی است که در تحقیقات آتی باید موردبررسی قرار بگیرد.

محدودیت دیگر در استفاده از مدل ارائه‌شده پژوهش حاضر است که بیشتر جنبه کیفی دارد. می‌توان در پژوهش‌های آتی از مدل‌های کمی‌تر از جمله Agent-based modeling و System Dynamics جهت تحلیل مسائل نظام نوآوری و مقایسه نتایج بهره گرفت. همچنین در تحقیق‌های آتی می‌توان از چارچوب‌های دیگری که بیشتر متناسب با شرایط کشور ایران توسعه‌یافته‌اند همچون "تئوری کشورهای منبع پایه" برای تبیین مسائل مرتبط با گذار فناورانه استفاده نمود و نتایج را با نتایج تحقیق حاضر مقایسه نمود.

٦-تقدیر و تشکر

پژوهش حاضر به سفارش کمیسیون انرژی شورای عالی عتف و حمایت دبیرخانه این شورا انجام شده‌است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از حمایت‌ها و ارائه اطلاعات توسط این کمیسیون در خلال مراحل پژوهش، نهایت قدردانی و تشکر را ابراز نمایند. لازم به ذکر است پیشنهادهای ارائه‌شده در این پژوهش، به کمیسیون انرژی شورای عالی عتف و وزارت نیرو ارائه‌شده و موردتوجه و به گفته خود مسئولین مورداستفاده ایشان قرار گرفت.

۷- مراجع

BASSO, G. L., NASTASI, B., SALATA, F., GOLASI, I. J. E. & BUILDINGS 2017. Energy retrofitting of residential buildings—How to couple Combined Heat and Power (CHP) and Heat Pump (HP) for thermal management and off-design operation. 151, 293-305.

BERGEK, A., HEKKERT, M., JACOBSSON, S., MARKARD, J., SANDEN, B. & TRUFFER, B. 2015. Technological innovation systems in contexts: Conceptualizing contextual structures and interaction dynamics. Environmental Innovation and Societal Transitions, 16, 51-64.

BERGEK, A., JACOBSSON, S., CARLSSON, B., LINDMARK, S. & RICKNE, A. 2008. Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. Research policy, 37, 407-429.

BLAIKIE, N. 2009. Designing social research, Polity.

CHAMINADE, C. & EDQUIST, C. 2010. Rationales for public policy intervention in the innovation process: A systems of innovation approach. The theory and practice of innovation policy. An international research handbook, 95-114.

CHICCO, G. & MANCARELLA, P. J. E. 2008. Assessment of the greenhouse gas emissions from cogeneration and trigeneration systems. Part I: Models and indicators. 33, 410-417.

CHIN, W. W. 1998. Commentary: Issues and opinion on structural equation modeling. JSTOR.
DENZIN, N. K. 2017. Sociological methods: A sourcebook, Routledge.
EDQUIST, C. 2010. Systems of innovation perspectives and challenges. African Journal of Science, Technology, Innovation and Development, 2, 14-45.
EDSAND, H.-E. J. U.-M. W. P. S. 2016. Technological Innovation Systems and the wider context: A framework for developing countries. 17.
FUMO, N., MAGO, P. J. & CHAMRA, L. M. J. A. E. 2009. Emission operational strategy for combined cooling, heating, and power systems. 86, 2344-2350.
GEELS, F. W. 2002. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. Research policy, 31, 1257-1274.
GUEST, G., MACQUEEN, K. M. & NAMEY, E. E. 2011. Applied thematic analysis, sage.
HAIR JR, J. F., HULT, G. T. M., RINGLE, C. & SARSTEDT, M. 2016. A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM), Sage Publications.
HEINONEN, S., BALCOM RALEIGH, N., KARJALAINEN, J., MINKKINEN, M., PARKKINEN, M. & RUOTSALAINEN, J. J. C. L. A. G. O. N.-C. E. S. F. E. 2015. CLA game report. 12,
HEINONEN, S., MINKKINEN, M., KARJALAINEN, J. & INAYATULLAH, S. 2017. Testing transformative energy scenarios through causal layered analysis gaming. Technological Forecasting and Social Change, 124, 101-113.
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, 413-432.
HELLSMARK, H. 2010. Unfolding the formative phase of gasified biomass in the European Union: The role of system builders in realising the potential of second-generation transportation fuels from biomass, Chalmers University of Technology.
INAYATULLAH, S. 2004. Causal layered analysis: Theory, historical context, and case studies. The causal layered analysis reader: Theory and case studies of an integrative and transformative methodology. Tamkang University Press.
INAYATULLAH, S. 2009. Causal layered analysis: An integrative and transformative theory and method. Futures Research Methodology, Version, 3.
INAYATULLAH, S. The Continued Evolution of the Use of CLA: Using practice to transform. CLA, 2015. 13-21.
JACOBSSON, S. & BERGEK, A. 2011. Innovation system analyses and sustainability transitions: Contributions and suggestions for research. Environmental Innovation and Societal Transitions, 1, 41-57.
JACOBSSON, S. & JOHNSON, A. 2000. The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research. Energy policy, 28, 625-640.
JIANG, C., WU, X., ZHAO, S., MADANI, H. & CHEN, Y. J. G. T. P. 2020. Economic crisis impact on low carbon transition in economy-ecosystem.
KELLY, S. & POLLITT, M. J. E. P. 2010. An assessment of the present and future opportunities for combined heat and power with district heating (CHP-DH) in the United Kingdom. 38, 6936-6945.

MARKARD, J., RAVEN, R. & TRUFFER, B. 2012. Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. Research policy, 41, 955-967.
MORGAN, D. 1997. The focus group guidebook, Sage publications.
NEVZOROVA, T. & KARAKAYA, E. J. J. O. C. P. 2020. Explaining the drivers of technological innovation systems: The case of biogas technologies in mature markets. 120819.
OECD. 1997. Local systems of small firms and job creation.
RYAN, G. W. & BERNARD, H. R. 2000. Data management and analysis methods.
SAWULSKI, J., GAŁCZYŃSKI, M. & ZAJDLER, R. 2019. Technological innovation system analysis in a follower country–The case of offshore wind in Poland. Environmental Innovation and Societal Transitions, 33, 249-267.
SIXT, G. N., KLERKX, L., GRIFFIN, T. S. J. E. S. & POLICY 2018. Transitions in water harvesting practices in Jordan's rainfed agricultural systems: Systemic problems and blocking mechanisms in an emerging technological innovation system. 84, 235-249.
SMITS, R. & KUHLMANN, S. 2004. The rise of systemic instruments in innovation policy. International journal of foresight and innovation policy, 1, 4-32.
SUURS, R. A., HEKKERT, M. P., KIEBOOM, S. & SMITS, R. E. J. E. P. 2010. Understanding the formative stage of technological innovation system development: The case of natural gas as an automotive fuel. 38, 419-431.
SUURS, R. A., HEKKERT, M. P. & SMITS, R. E. J. I. J. O. H. E. 2009. Understanding the build-up of a technological innovation system around hydrogen and fuel cell technologies. 34, 9639-9654.
TIGABU, A. D., BERKHOUT, F., VAN BEUKERING, P. J. T. F. & CHANGE, S. 2015. The diffusion of a renewable energy technology and innovation system functioning: Comparing bio-digestion in Kenya and Rwanda. 90, 331-345.
TRUFFER, B., ROHRACHER, H. & MARKARD, J. 2009. The Analysis of Institutions in Technological Innovation Systems-A conceptual framework applied to biogas development in Austria. Copenhagen: Copenhagen Business School, 7.
TURNBULL, D. & IPWICH, A. 2006. Causal layered analysis as pedagogy in studies of science and technology. Journal of Futures Studies, 10, 49-62.
VAN ALPHEN, K., HEKKERT, M. P. & TURKENBURG, W. C. 2009. Comparing the development and deployment of carbon capture and storage technologies in Norway, the Netherlands, Australia, Canada and the United States-An innovation system perspective. Energy Procedia, 1, 4591-4599.
VAN ALPHEN, K., NOOTHOUT, P. M., HEKKERT, M. P. & TURKENBURG, W. C. 2010. Evaluating the development of carbon capture and storage technologies in the United States. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, 971-986.
WEBER, K. M. & ROHRACHER, H. 2012. Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change: Combining insights from innovation systems and multi-level perspective in a comprehensive 'failures' framework. Research Policy, 41, 1037-1047.
WIECZOREK, A. J. & HEKKERT, M. P. 2012. Systemic instruments for systemic innovation problems: A framework for policy makers and innovation scholars. Science and Public Policy, 39, 74-87.
WIECZOREK, A. J., HEKKERT, M. P., COENEN, L. & HARMSEN, R. 2015. Broadening the

national focus in technological innovation system analysis: The case of offshore wind. Environmental Innovation and Societal Transitions, 14, 128-148.
WOOLTHUIS, R. K., LANKHUIZEN, M. & GILSING, V. 2005. A system failure framework for innovation policy design. Technovation, 25, 609-619.
WU, X., CAO, J., JIANG, C., LOU, Y., ZHAO, S., MADANI, H. & CHEN, Y. J. G. T. P. 2020. Low Carbon Transition in Climate Policy Linked Distributed Energy System.

آزاد, س. و پور, س. ق. ۱۳۹۶. مدلسازی و سیاستگذاری نظام نوآوری فنی-بخشی در صنعت پتروشیمی با رویکرد پویاییشناسی سیستمها. مدیریت نوآوری, ٦, ۲۹-٦۲.

حیرانی, ح., پور, س. ق., مقدم, ن. ب. و کریمیان, ج. ۱۳۹۳. تحلیل پویای کارکردی-ساختاری توسعه فناوری در چارچوب نظام نوآوری فناورانه؛ مورد مطالعه: فناوری تولید همزمان برق و حرارت. مدیریت توسعه فناوری, ۲, ٤۹-۸۰.

راد, ز. ر., زاده, م. ی., میرعمادی, ط. و مدهوشی, م. ۱۳۹٦. تحلیل نظام نوآوری فناورانه سیستم‌های خورشیدی فتوولتاییک در ایران. مدیریت نوآوری, ٦, ۱-۲۸.

مجیدپور, م. ۱۳۹۱. جذب و ذخیره‌سازی کربن، سیاست‌گذاری فناوری برای گذار به اقتصاد کم کربن. سیاست‌نامه علم و فناوری, ۲, ۱۰٦-۹۵.

موسوی‌درچه, س., قانعی‌راد, م., کریمیان, ح., زنوزی‌زاده, ه. و باقری‌مقدم, ن. ۱۳۹۷. ارائه چارچوب توصیف گذار فناورانه بر اساس رویکرد چندسطحی: مطالعه موردی: گذار انرژی‌های بادی و خورشیدی در ایران. بهبود مدیریت, ۲, ۱۷۱-۱٤۱.

میرعمادی, ط., بهارلو, م. و راد, م. ب. ۱۳۹۷. تحلیل ساختاری- کارکردی نظام نوآوری فناورانه بالگرد در ایران. مدیریت نوآوری, ۷, ۳۳-۵٦.

1. Cogeneration of Heat and Power (CHP)
2. Technological Innovation System (TIS)
3. Problems
4. Causal Layered Analysis (CLA)
5. Structural elements
6. Functions
7. Actors
8. Interactions
9. Infrastructures
10. Institutions
11. Entrepreneurial Activities
12. Knowledge Development
13. Knowledge Diffusion
14. Guidance of the Search
15. Market Formation
16. Mobilization of Resources
17. Creation of Legitimacy
18. Failures
19. Weaknesses
20. Blocking factors
21. Lock-in failure

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

22. Externalization of costs
23. Market control by incumbents
24. Reflexivity failure
25. Natural gas as an automotive fuel
26. Causal Layered Analysis (CLA)
27. Litany
28. Social Systems
29. Worldview (Discourse)
30. Metaphor
31. Myth
32. Collective archetypes
33. The unconscious and often emotive dimensions of the problem or the paradox – p 17
34. Triangulation
35. Interview
36. Observation
37. Document
38. Structural Equation Modeling
39. Partial Least Square

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی