

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

حسین حیرانی^{۱*}، ناصر باقری مقدم^۲، محمدحسن فضلی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۲۸ 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. با توجه به اینکه تحلیل نظام نوآوری عوامل کارکردی و ساختاری را دربرمی‌گیرد، چارچوب تحلیل لایه‌ای علت‌ها باهدف در نظر گرفتن لایه‌های تحلیلی عمیق‌تر و تبیین مسائل و موانع ریشه‌ای در مسیر انتشار فناوری مورد استفاده قرار گرفته است. 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 استخراج شده 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 مورد مطالعه 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 هیئت علمی 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 از جمله تولید همزمان برق و حرارت^۱ افزایش یافته 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 قابل توجهی 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 مورد استفاده 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 ذکر شده، در ایران نیز این فناوری به‌عنوان راهکاری برای افزایش بهره‌وری، امنیت انرژی، کاهش گازهای گلخانه‌ای و کاهش تلفات در شبکه توزیع مورد توجه قرار گرفته است. این توجه تا جایی است که توسعه این فناوری در بسیاری از اسناد بالادستی کشور از جمله قانون برنامه پنج‌ساله توسعه، قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی، مصوبات شورای انرژی و نیز سیاست‌های اقتصاد مقاومتی مورد توجه قرار گرفته است. علاوه بر این، این فناوری توسط شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف) جزو ده فناوری دارای اولویت در بخش انرژی قرار گرفته است. همچنین به‌عنوان یکی از فناوری‌های راهبردی صنعت برق به تصویب شورای عالی پژوهش و فناوری وزارت نیرو نیز رسیده است. با این وجود، 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 برنامه‌ریزی شده است. این در حالی است که مجموع ظرفیت اسمی نصب‌شده تولید پراکنده در کشور تا پایان سال ۹۷ حدود ۱۲۰۰ مگاوات بوده است. 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 شکل گرفته است، اما با این حال 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 شکل گرفته‌اند، اما با این حال 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 در حال توسعه 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 مورد نظر هدایت کرده و به تدریج 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 مورد نیاز توسعه فناوری باعث عدم تحقق اهداف ملی در زمینه فناوری سی-اچ-پی شده است که بنابر توضیحات ذکر شده، باید مربوط به سطوحی فراتر از مشکلات نهادی و ساختاری باشند. این امر نویسنده‌گان 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.

بنابر توضیحات ذکر شده، 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^۱، 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^۲ 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 گرفته است. 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 در حال توسعه، 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 مورد نظر نتایجی بدست بیاید که از تحلیل‌های رایج نظام نوآوری فناورانه قابل استخراج 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 انتخاب شده است تا مسائلی فراتر از موانع کارکردی و ساختاری که عموماً در تحلیل‌های نظام نوآوری مورد توجه 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 شده است (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). برگگ 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^{۱۵}، 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 تکامل یافته‌اند. 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 به عبارت دیگر، مسائل سیستمی نظام نوآوری فناورانه است. در ادبیات تحلیل نظام نوآوری، این مسائل سیستمی با عناوینی مثل نقاط شکست^{۱۸} (Smits and Kuhlmann, 2004)، نقاط ضعف^{۱۹} (Wieczorek and Hekkert, 2012) یا عوامل بازدارنده^{۲۰} (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

OECD, (1997)	Smits and Kuhlmann, (2004)	Jacobsson and Johnson, (2000)	Woolthuis et al., (2005)	Chaminade and Edquist, (2010)	Weber and Rohracher, (2012)	(Wieczorek and Hekkert, 2012)	
ضعف در عملکرد و اطلاعات شرکت‌ها	شکست گذار	ارتباط ضعیف با طرف تقاضا	شکست قابلیت‌ها	مسائل مربوط به یادگیری و قابلیت‌ها	عدم تقارن اطلاعات	شکست قابلیت‌ها	وجود مسائل
عملکرد نامناسب نهادهای انتقال فناوری	شکست نهادی	شکست قانونی	شکست نهادهای سخت	مسائل گذار	مسائل سرریز دانش	شکست جهت‌دهی	قابلیت بازیگران
نبود تعاملات بین بازیگران	قفل شدگی ^{۲۱}	ارتباطات ضعیف بازیگران نظام	شکست نهادهای نرم	مسائل نرم و سخت نهادی	هزینه‌های بیش‌ازحد ^{۲۲}	شکست شکل‌دهی تقاضا	وجود مسائل نهادی
عدم هماهنگی بین تحقیقات پایه و کاربردی	شکست تأمین زیرساخت‌ها و سرمایه‌گذاری	هدایت اشتباه	شکست تعاملات (شبکه‌ها)	مسائل شبکه‌ها	بهره‌برداری بیش‌ازحد از منابع عمومی	شکست همکاری سیاستی	قابلیت
		کنترل بازار ^{۲۳}	شکست زیرساختی	مسائل قفل‌شدگی	مسائل زیرساختی	شکست بازتابی ^{۲۴}	وجود مسائل
		شکست نظام آموزش		مسائل مکمل	مسائل نهادی	شکست شبکه‌ها و تعاملات	کیفیت/ شدت تعاملات
				مسائل تأمین زیرساخت‌ها			وجود مسائل
				مسائل سرمایه‌گذاری			کیفیت/ ظرفیت زیرساختی

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

سیستمی اشاره شده در ادبیات را می توان به شکست های مربوط به نهادها، شکست های مربوط به قابلیت ها، شکست های جهت دهی و هدایت و شکست های مالی تقسیم بندی کرد. شکست های نهادی ناظر به نهادهای توسعه فناوری و یا ارتباطات بین آنها است. این شکست ها در همه منابع اشاره شده است. شکست های مربوط به قابلیت ها نیز که در بیشتر منابع اشاره شده اند، مربوط به قابلیت ها توسعه و تولید دانش و یا قابلیت های نهادی می باشد. شکست های جهت دهی و هدایت به جهت دهی کلی سیستم و هدایت توسعه فناوری عمدتاً توسط دولت ها اشاره دارد. شکست های اشاره شده ذیل این دسته، بیان می کنند که هدایت اشتباه سیستم، کنترل بازار و شکل دهی نامناسب تقاضا چگونه باعث شکست نظام نوآوری می شوند. در نهایت شکست های مالی نیز مربوط به تأمین هزینه های توسعه فناوری و ضعف در تخصیص و هدایت درست سرمایه گذاری در توسعه فناوری است. در مجموع، وایزورک و هکرت (۲۰۱۲) تمامی موانع را به چهار دسته موانع ساختاری تقسیم کرده اند که در این مقاله نیز مبنای دسته بندی موانع ساختاری همین چهار دسته است. در واقع تمامی موانع اشاره شده را می توان در قالب کارکردها و اجزای ساختاری نظام دسته بندی کرد. در زمینه به کارگیری مدل نظام های نوآوری فناورانه در تحلیل فرآیند توسعه فناوری در بخش انرژی مطالعات متعددی در ایران و دیگر کشورهای دنیا صورت پذیرفته است. در این بین می توان به مقاله سوروس و همکاران (۲۰۱۰ و ۲۰۰۹) اشاره کرد که به ترتیب روند توسعه فناوری های هیدروژن و پیل سوختی و گاز طبیعی به عنوان سوخت خودرو^{۲۰} را در کشور هلند با استفاده از رویکرد نظام نوآوری فناورانه بررسی می کنند. در این دو مطالعه چهار مرحله ی شکل گیری این نظام از منظر ساختاری و کارکردی تحلیل شده و عملکرد مسیر توسعه در هر مرحله با شناسایی موانع و محرک های موجود در قالب مؤلفه های ساختاری سنجیده می شود (Suurs et al., 2009, Suurs et al., 2010). با به کارگیری رویکردی مشابه، ون آلفن و همکاران (۲۰۰۹) در مقاله خود به بررسی عملکرد نظام نوآوری فناورانه سیستم های ذخیره سازی دی اکسید کربن کشور نروژ می پردازند. این نظام در طول دو دوره ی زمانی بررسی شده و در هر دوره تعاملات میان کارکردها تحلیل می شود. سپس عملکرد فعلی این نظام ارزیابی شده و مهم ترین مکانیزم های محرک و بازدارنده ی مربوط به هر یک از کارکردها شناسایی می شود (van Alphen et al., 2009). آنها این تحلیل را برای کشور آمریکا نیز انجام می دهند و هم چنین توسعه و به کارگیری این فناوری ها را در کشورهای نروژ، هلند، استرالیا، کانادا و آمریکا با به کارگیری رویکرد نظام های نوآوری فناورانه با یکدیگر مقایسه می کنند (van Alphen et al., 2010). میرعمادی و رحیمی در مطالعه مشابهی، به شناسایی شکست های نظام نوآوری فناورانه سوخت زیستی در ایران پرداخته اند. در این مقاله از رویکرد تحلیلی ساختاری-کارکردی برای

شناسایی شکست‌های سیستمی استفاده شده است. 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 شده است 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 درحال توسعه 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 استفاده شده 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 شده است. در این مقاله نیز به مسائل و محرک‌های فراتر از سطح کارکردی نظام نوآوری پرداخته نشده است (آزاد و قدسی پور، 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 نشده است (میرعمادی و دیگران، ۱۳۹۷).

مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد که در جدیدترین مطالعات، رویکرد کارکردی- ساختاری به‌منظور رفع نقاط ضعف رویکردهای قبلی بیشترین مورد استفاده را دارد (Sext 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. به‌طور کلی 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 در نظر 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 در حال توسعه 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 نه تنها 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 مورد توجه 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 وارد کردن 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 به صورت 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 مطرح شده توسط گیلز است.

- عوامل جغرافیایی (بومی): برگگ 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. از این جهت 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 به عنوان عوامل زمینه‌ای پرداخته‌اند. نتیجه جالب توجه این مقاله این است که ارتباطات و تعاملات اکوسیستم‌های انرژی خصوصاً در کشورهای در حال توسعه، 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). با این حال این مقاله چارچوب جامعی ارائه ندهد و به عوامل دیگری مانند گفتمان‌ها و چشم‌اندازها توجه نکرده است. 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 به جز 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 مورد توجه 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^۳

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.

۱-۳-۲- 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 به سرعت 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 تحلیل شده 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 پذیرفته شده و مورد سؤال قرار نمی‌گیرد (Inayatullah, 2009).

۲-۳-۳- سطح سه، جهان‌بینی^{۲۹} یا گفتمان

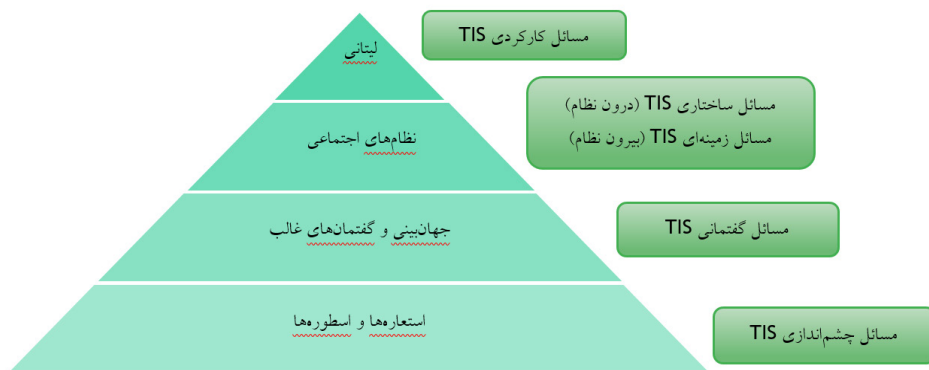
در این سطح جهان‌بینی و گفتمان غالبی که ساختارهای اجتماعی سطح دو را پشتیبانی می‌کنند، مورد بررسی قرار می‌گیرند. برخلاف لایه لیتانی و علت‌های نظام‌مند آن در لایه دوم، در این لایه عللی (اعم از زبانی، فرهنگی و اجتماعی) مورد بررسی قرار می‌گیرند که مستقل از بازیگران و حتی در برخی موارد مستقل از نظام‌ها هستند (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.

۲-۳-۴- 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 پس‌از آن 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).

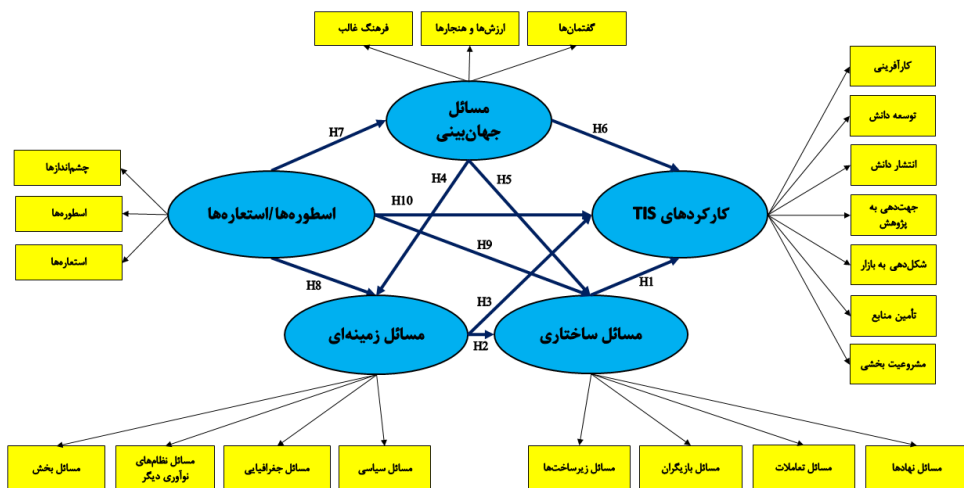
هینونن و همکاران (۲۰۱۵) در مقاله‌ای با استفاده از روش تحلیل لایه‌ای علت‌ها، می‌کوشند سناریوهای مختلف انرژی را در آینده ترسیم کنند. آن‌ها هم‌چنین در این مطالعه از این روش برای ارزیابی سناریوهای کنونی نیز استفاده می‌کنند. در کاربرد اخیر، آن‌ها با استفاده از رویکرد کارگاهی، می‌کوشند موانع و مسائل موجود 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 می‌تواند 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 ارائه شده، شکل (۲) مدل مفهومی و فرضیات استخراج شده را نشان می دهد. به طور دقیق تر، موانع و مسائلی که در ادبیات نظام نوآوری نیز اشاره شده اند، ناظر به لایه کارکردی و ساختاری نظام نوآوری هستند که در نسل اول تحلیل های نظام نوآوری مورد بررسی بودند. عوامل زمینه ای به عنوان عواملی که خارج از ساختار و کارکردهای نظام بر آن اثرگذار است، لایه بعدی تحلیل را تشکیل می دهند. لایه بعدی تحلیل موانع مربوط به سطح گفتمان و جهان بینی است و در نهایت لایه استعاره ها و اسطوره ها، به عنوان علت کلان موانع لایه های دیگر در نظر گرفته شده است. فرضیات مدل بر اساس روابط اثرگذاری و اثرپذیری هریک از موانع، از موانع موجود در سایر لایه ها تعریف شده است.



شکل (۲): مدل مفهومی پژوهش

۳- روش پژوهش

این پژوهش با توجه به مراحل مختلف، ترکیبی از روش کمی و کیفی می باشد. بدین ترتیب که در مرحله استخراج علت های لایه ای بر اساس مصاحبه و گروه کانونی، روش مورد استفاده کیفی بوده و در مرحله آزمایش مدل و بررسی نهایی روابط استخراج شده، روش کمی مورد استفاده قرار گرفته است. از منظر قلمرو زمانی، این پژوهش وقایع و پیامدهای حاصل از آن ها را در توسعه فناوری سی-اچ-پی از سال ۱۳۸۷ (ابلاغ مصوبه توسعه نیروگاه های سی-اچ-پی) تا تاریخ حاضر را مدنظر قرار داده است. از منظر قلمرو مکانی نیز نتایج و تحلیل ها مختص کشور ایران است. به منظور گردآوری داده های مورد نیاز در کل فرآیند پژوهش، از روش ترکیب سازی^{۳۴}

استفاده شده است (Denzin, 2017). بر این اساس، با جمع‌آوری داده‌ها از سه منبع مصاحبه^{۳۰}، مشاهده^{۳۱} و مطالعه اسناد^{۳۲} حداکثر اطمینان از صحت داده‌های جمع‌آوری شده حاصل شده است. همچنین در هر مرحله با توجه به روش جمع‌آوری داده، روش مناسب برای تحلیل داده‌ها نیز استفاده شده است.

در مرحله اول بر اساس ادبیات نظام نوآوری فناورانه و تحلیل لایه‌ای علت‌ها، مدل نظری پژوهش طراحی و پیشنهاد گردید (شکل ۱). به منظور 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 بوده است. بر اساس این رویکرد، مدل مفهومی توسط محقق ساخته شده و بعد از تأیید و اعتبارسنجی مورد استفاده 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 در واقع 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 مورد بحث قرار گرفت. در نهایت با جمع‌نظرات 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 ابداع شده، 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 چهار گروه 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 شروع شده و پس از رفت و برگشت‌ها و ارتباطات گروه‌ها با یکدیگر و تبادل نظرات بین آن‌ها، در نهایت به شناخت مسائل و موانع موجود در هر لایه منجر می‌شود. با توجه به این که تعداد استاندارد گروه‌های کانونی

۸ تا ۱۰ نفر تعیین شده است (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)

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

همچنین دلیل انتخاب روش تحلیل مضمون برای جمع‌بندی نتایج جلسه گروه کانونی، این بود که در تحلیل مضمون به جزئیات 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 این که انجام مصاحبه‌ها و برگزاری جلسه گروه کانونی، بر اساس لایه‌های تحلیل لایه‌ای که در واقع چارچوب کلی مضامین را مشخص می‌کند صورت گرفته است، و پس از آن نظرات و گزاره‌های کلی تفسیر و دسته‌بندی نهایی شده‌اند، مبنای دسته‌بندی مضامین بر اساس روش رایان و برنارد (۲۰۰۳)، مضامین اولیه و مضامین نهایی بوده است (Ryan and Bernard, 2000). بر این اساس از مجموع مصاحبه‌ها و جلسه گروه کانونی، ۱۰۴ مضمون اولیه استخراج شده و در مرحله نهایی ۵۲ مضمون نهایی به‌عنوان مسائل نظام نوآوری فناورانه سی-اچ-پی در ایران معرفی شدند. مضامین نهایی که در واقع 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 قابل مشاهده است. ابزار تحلیل پرسشنامه مزبور و سنجش فرضیات، مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM^۳) در نظر گرفته شد. هدف از این امر، ترکیب روش کمی و کیفی به‌منظور افزایش غنای تحلیل بوده است. در واقع همان‌طور که عنایت‌الله اشاره می‌کند، در تحقیقات آکادمیک لازم است تا عوامل استخراج‌شده در هر لایه، مورد سنجش 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 مورد استفاده قرار گرفت، بررسی شدت اثرات مسائل لایه‌های مختلف نیز از طریق رویکرد کمی انجام شد. علاوه بر دلایل فوق، با توجه به عدم کفایت اندازه نمونه به دلیل محدودیت خبرگان در حوزه مورد مطالعه، 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 استفاده شده 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

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

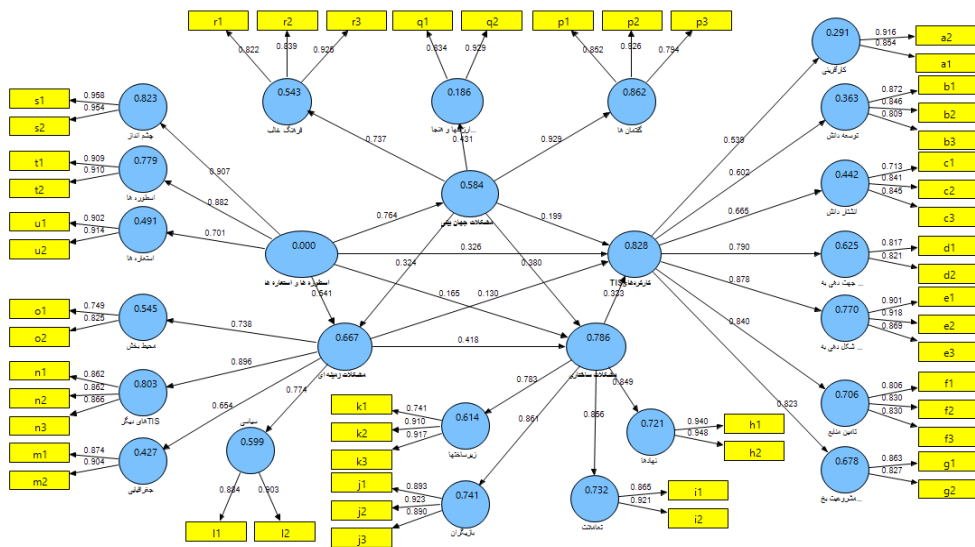
۴- تجربه و تحلیل یافته‌های پژوهش

۴-۱- بررسی مدل پژوهش

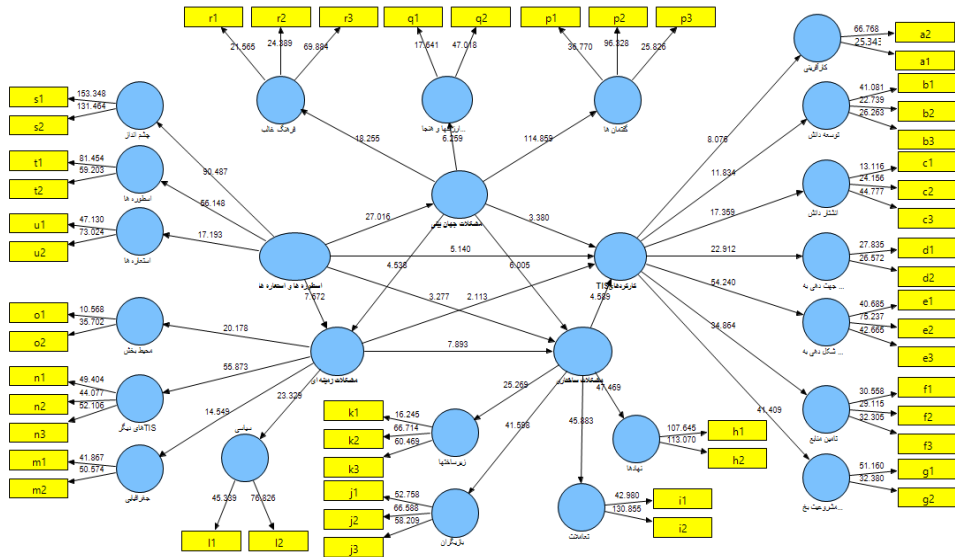
بر اساس توضیحات ارائه‌شده، در نهایت پس از بحث و تبادل نظر در جلسه گروه کانونی، مجموع مسائل موجود بر سر راه توسعه فناوری تولید هم‌زمان برق و حرارت به دست آمد که در جدول (۲) ضمایم مقاله قابل مشاهده است. شدت این مسائل استخراج شده در قالب پرسشنامه‌ای بر اساس طیف پنج‌تایی لیکرت از خبرگان این حوزه پرسش شد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

تمامی مقادیر چولگی بین ۲- و ۲ بوده و هم چنین مقادیر کشیدگی نیز در بازه ۰- 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 (۴) ضمایم 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. هم چنین تمامی ضرایب مسیر دارای سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۱ (و مقدار ضریب بحرانی خارج از بازه ۱/۹۶، ۱/۹۶-) می‌باشند و این نشانگر تأیید تأثیر مسائل بر یکدیگر است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مسائل ساختاری بیشترین تأثیر را بر مسائل کارکردی داشته‌اند. بعد از این 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 قابل توجه بر روی مسائل کارکردی عمل می‌کنند. شکل (۴) 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 آماری t از ۱/۹۶ بیشتر باشد که این شرط محقق شده است.



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



شکل (۴): مدل تحلیل عاملی تأییدی و مدل معادلات ساختاری در حالت معنی داری (قدر مطلق t)

به منظور اندازه گیری روایی، دو شاخص بارهای عاملی و متوسط واریانس استخراج شده در نظر گرفته شده اند. هم چنین برای بررسی پایایی مدل پژوهش، از شاخص آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی استفاده شده است. سایر شاخص های روایی و پایایی مدل نیز در جدول (۴) پیوست مقاله دیده می شوند. با بررسی شاخص میانگین واریانس استخراج شده، روایی همگرا نیز مورد تأیید است. شاخص های پایایی شامل آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی برای همه مسائل نیز به ترتیب بالای ۰/۷ و ۰/۶ بوده و لذا پایایی پرسشنامه تأیید می شود.

۴-۲-آزمون فرضیات

نتایج حاصل از ضرایب مسیر، مقدار آماره t-value و هم چنین پذیرش یا رد معنی داری فرضیات مدل در جدول (۴) آمده است. ضرایب مسیر جهت (مثبت یا منفی) و شدت ارتباط دو عامل را نشان می دهند. مقدار آماره t نیز در سطح اطمینان ۹۵٪ برای همه فرضیات عددی بزرگ تر از ۱/۹۶ شده است، لذا تمام فرضیات اثبات می شوند. به علاوه ضریب تعیین نیز که مشخص می کند هر عامل تا چه میزان به سایر علل اشاره شده در سطوح دیگر وابسته است، برای موانع همه سطوح بالاتر از ۰/۳۳ است. این نشان می دهد که موانع هر سطح تا حد قابل توجهی وابسته به موانع سطوح دیگر هستند (Chin, 1998). در این میان بیشترین وابستگی مربوط به موانع کارکردی است که این نتیجه نشان می دهد تحلیل موانع کارکردی بدون توجه به سایر موانع اثربخشی لازم را ندارد. با توجه به نظر چین که بیان می کند ضریب تعیین در سطح ۰/۱۹ ارتباط ضعیفی را نشان می دهد، در میان فرضیات این مقاله هیچ ارتباط ضعیفی بین متغیرها

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

جدول (۴): 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	۴/۵۸۹	۰/۸۲۸	تائید	+
عوامل زمینه‌ای -> کارکردهای TIS	۰/۱۳۰	۲/۱۱۳		تائید	+
گفتمان‌ها -> کارکردهای TIS	۰/۱۹۹	۳/۳۸۰		تائید	+
چشم‌اندازها -> کارکردهای TIS	۰/۳۲۶	۵/۱۴۰		تائید	+
عوامل زمینه‌ای -> عوامل ساختاری	۰/۴۱۸	۷/۸۹۳	۰/۷۸۶	تائید	+
چشم‌اندازها -> عوامل ساختاری	۰/۱۶۵	۳/۲۷۸		تائید	+
گفتمان‌ها -> عوامل ساختاری	۰/۳۸۰	۶/۰۰۵		تائید	+
چشم‌اندازها -> عوامل زمینه‌ای	۰/۵۴۱	۷/۶۷۲	۰/۶۶۷	تائید	+
گفتمان‌ها -> عوامل زمینه‌ای	۰/۳۲۵	۴/۵۳۸		تائید	+
چشم‌اندازها -> گفتمان‌ها	۰/۷۶۴	۲۷/۰۱۷	۰/۵۸۴	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 مورد استفاده 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 در واقع 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 مورد مطالعه 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 در حال توسعه بررسی شده است (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 شده است. نتایج مشابهی برای فناوری‌های انرژی‌های نو می‌توان در مقالات قبلی مشاهده کرد، جایی که بهبود تعاملات بین‌المللی موجب توسعه سریع‌تری این فناوری‌ها شده است (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 به‌طور کلی 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 به‌طور کلی عدم وجود یک مدیریت واحد برای بخش انرژی در کشور، از مهم‌ترین مسائل مطرح شده 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 در حال توسعه نیز در مطالعات متعددی اشاره شده است، به‌ویژه در بخش انرژی که تعاملات و هماهنگی اکوسیستم‌های مختلف از مهم‌ترین علل توسعه فناوری‌های این بخش شناخته شده است (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 به صورت منسجم و به تفکیک از سایر موانع در نظر گرفته نشده بود.

در بخش گفتمان و جهان بینی مباحث متفاوتی بیان شد. موارد اشاره شده را می توان در غالب بودن گفتمان توسعه انرژی های نو و هم چنین گفتمان تولید متمرکز برق خلاصه کرد. به عبارت دیگر، در کشور تمرکز بر توسعه انرژی های نو بیشتر از توسعه سایر حالت های تولید پراکنده مثل تولید همزمان است. اعضای گروه دلیل این امر را وجود متولی مشخص برای انرژی های نو و هم چنین علاقه شخصی بیشتر مدیران به این حوزه بیان کردند. این غالب بودن گفتمان توسعه انرژی های نو تا جایی است که حتی بودجه های پیش بینی شده برای توسعه بهره وری، به طور عمده صرف توسعه انرژی های نو می شود. نکته دیگر توافق اعضا، ریشه دار بودن تفکر تولید متمرکز در کشور است. این تولید متمرکز و تحت کنترل، هم در بخش برق و هم در سایر بخش های کشور، نیروی پیش برنده ای در تصمیمات و سیاست گذاری ها بوده است. این نکته را می توان از دستاوردهای مهم این مقاله دانست چراکه به نقش گفتمان ها و ذهنیت های غالب در بخش انرژی کشور، در مطالعات قبلی به خوبی پرداخته نشده است. اگرچه در مطالعات قبلی فناوری های کم کربن در ایران از رویکرد تحلیل چندسطحی استفاده شده است، اما در سطح دورنما بیشتر بر مواردی چون تعرفه حامل های انرژی و قوانین اشاره شده و علل این موانع که فراتر از قوانین و مقررات بوده و به حوزه ذهن افراد و مدیران برمی گردد مورد توجه نبوده است (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 ذهنیت های غالب ایرانیان دانستند. این اصطلاحات بیانگر تفکر فردگرا (بخش گرا در مدیریت) و نیز نگاه کوتاه مدت و عدم پیشگیری از بحران ها و نیازهای احتمالی است. نکته دیگری که به عنوان مسائل این لایه مطرح شد، عدم وجود یک چشم انداز مشخص برای تولید پراکنده و تمرکز بر انرژی های نو به عنوان چشم انداز آینده صنعت برق ایران بود. این بخش در واقع مهم ترین نوآوری این مقاله است که در مطالعات قبلی به چشم نمی خورد. نتایج حاصل از تحلیل عاملی متغیرهای مدل مفهومی پژوهش به طور خلاصه نشان می دهد:

- در زمینه مسائل کارکردی شکل دهی به بازار فناوری شدت بیشتری دارد که عدم تعیین و اجرای استانداردهای بهره وری نیروگاه های تولید انرژی به صورت یکپارچه و کمبود سیاست های تجمیع تقاضا برای تحریک توسعه فناوری در کشور مهم ترین مسائل کارکردی است.

- در حوزه مسائل ساختاری، مسئله نهادها و بازیگران مهم ترین 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، قابل توجه 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 به‌سزایی بر عدم توسعه فناوری سی-اچ-پی طبق برنامه‌های تدوین شده 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 قابل ذکر در خصوص فناوری مورد مطالعه، 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 اشاره شده‌است (حیرانی و دیگران، ۱۳۹۳)، اما در این مطالعات، تحلیل از مسائل ساختاری فراتر رفته 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 بین بردن 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، می‌تواند 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 (5): مهم ترین مسائل شناسایی شده و پیشنهادهای سیاستی برای رفع آنها

پیشنهاد سیاستی	مسئله	لایه مسئله
<ul style="list-style-type: none"> تدوین و اجرای الزامات و استانداردهای بهره‌وری نیروگاه‌های غیرمتمرکز در کشور 	<ul style="list-style-type: none"> عدم تعیین و اجرای استانداردهای بهره‌وری نیروگاه‌های تولید انرژی به صورت یکپارچه کمبود سیاست‌های تجمیع تقاضا برای تحریک توسعه فناوری در کشور 	مسئله کارکردی
<ul style="list-style-type: none"> تدوین و اجرای دستورالعمل اتصال نیروگاه‌های سی-اچ-پی به شبکه برق کشور 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	علت ساختاری
<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> عدم برنامه‌ریزی شرکت گاز برای حرارت خروجی نیروگاه‌های سی-اچ-پی قیمت پایین و غیرتعادلی گاز مصرفی خانگی 	علت زمینه‌ای
<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> تمرکز غالب صنعت برق کشور بر تولید برق غالب بودن گفتمان تولید متمرکز و شیوه‌های سنتی تولید در صنعت برق کشور 	علت گفتمانی
<ul style="list-style-type: none"> بازنگری در سیاست‌های توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر سیاست‌گذاری و هدف‌گذاری ملی در حوزه بهره‌وری انرژی با تمرکز بر فناوری سی-اچ-پی 	<ul style="list-style-type: none"> عدم وجود چشم‌انداز مشخص و قاطع در زمینه توسعه سی-اچ-پی غلبه چشم‌انداز توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر 	علت چشم‌اندازی

- 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 مورد بررسی قرار بگیرد.

محدودیت دیگر در استفاده از مدل ارائه شده 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 توسعه یافته‌اند همچون "تئوری کشورهای منبع پایه" برای تبیین مسائل مرتبط با گذار فناورانه استفاده نمود و نتایج را با نتایج تحقیق حاضر مقایسه نمود.

۶- تقدیر و تشکر

پژوهش حاضر به سفارش کمیسیون انرژی شورای عالی عتف و حمایت دبیرخانه این شورا انجام شده است. 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 ارائه شده در این پژوهش، به کمیسیون انرژی شورای عالی عتف و وزارت نیرو ارائه شده و مورد توجه و به گفته خود مسئولین مورد استفاده 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. & HARMSSEN, 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 پویابینشاسی سیستمها. مدیریت نوآوری، ۶، ۲۹-۶۲.

حیرانی، ح.، پور، س. ق.، مقدم، ن. ب. و کریمیان، ح. ۱۳۹۳. تحلیل پویای کارکردی-ساختاری توسعه فناوری در چارچوب نظام نوآوری فناورانه؛ مورد مطالعه: فناوری تولید همزمان برق و حرارت. مدیریت توسعه فناوری، ۲، ۴۹-۸۰.

راد، ز. ر.، زاده، م. ی.، میرعمادی، ط. و مدهوشی، م. ۱۳۹۶. تحلیل نظام نوآوری فناورانه سیستم‌های خورشیدی فتوولتائیک در ایران. مدیریت نوآوری، ۶، ۱-۲۸.

مجیدپور، م. ۱۳۹۱. جذب و ذخیره‌سازی کربن، سیاست‌گذاری فناوری برای گذار به اقتصاد کم کربن. سیاست‌نامه علم و فناوری، ۲، ۱۰۶-۹۵.

موسوی‌درچه، س.، قانع‌راد، 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، ۱۷۱-۱۴۱.

میرعمادی، ط.، بهارلو، م. و راد، م. ب. ۱۳۹۷. تحلیل ساختاری- کارکردی نظام نوآوری فناورانه بالگرد در ایران. مدیریت نوآوری، ۷، ۳۳-۵۶.

-
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

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