Journal of
Improvement Management
Vol. 12, No. 4, Winter 2019
(Serial 42)

Development of a Comprehensive Framework to Analyse Systems of Energy and Environmental Innovation

Seyed Iman Miremadi[1]★, Yadollah Saboohi[2], Hossein Khajepuor[3]

1- Postdoctoral Researcher, Graduate School of Management and Economics, Sharif University of Technology, Tehran, Iran
2- Professor, Depertment of Energy Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran
3- Ph.D. Depertment of Energy Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

Abstract
Economic, social and technological changes with their impacts on environmental issues have received increasing notice in the years to come. The relationship between the historical approach of the development of technology and innovation processes will create a profound attitude to the issue of technological change and innovation. On the other hand, with respect to the various social and environmental issues, technological innovation and the development of eco-innovation are essential for tackling climate change in the near future. The present study, therefore, has tried to analyze the role of government in the governancing of eco-innoavtion and their supportive policies by carefully examining the evolution of innovation processes, while presenting a comprehensive framework for analyzing the energy and environmental innovation system. Integration, integrity and comprehensiveness of the proposed framework is some of the research advantages that can be considered for policy and planning in this area. Finally, some policy lessons at country level and recommendations for further research are given. As an example, considering the findings out of the critical analysis of the previous energy efficiency policies in a historic manner, the energy efficiency and environment market has been designed.

Keywords: *Eergy Innovation System, Eco-Innovation, Integrated Analysis, Innovation Processes, Energy Policy*

★ *Corresponding Author: miremadi@gsme.sharif.edu*

توسعه چارچوبی به هم پیوسته و جامع جهت تحلیل و بهبود نظام نوآوری انرژی و محیط زیست

دوره ۱۲، شماره ۴
(پیاپی: ۴۲)
زمستان ۱۳۹۷

نوع مقاله: پژوهشی (تاریخ دریافت: ۹۷/۷/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۱)

سید ایمان میرعمادی☎ محقق پسادکتری، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه صنعتی شریف، تهران
یداله سبوحی استاد دانشکده مهندسی انرژی، دانشگاه صنعتی شریف، تهران
حسین خواجه‌پور دکتری دانشکده مهندسی انرژی، دانشگاه صنعتی شریف، تهران

چکیده

تحولات اقتصادی، اجتماعی و فناورانه و تأثیر آنها بر مسائل زیست‌محیطی از موضوعات مهم دو دهه اخیر محسوب می‌شود. برقراری ارتباط بین رویکرد تاریخی توسعه فناوری و فرآیندهای نوآوری باعث ایجاد یک نگرش عمیق به مسئله تغییرات فناوری و نوآوری خواهد شد. از طرف دیگر با توجه به مسائل گوناگون اجتماعی و زیست‌محیطی، نوآوری فناورانه و توسعه نظام نوآوری انرژی یک ضرورت برای توسعه اقتصادی کشورها به شمار می‌آید. مقاله حاضر تلاش کرده با بررسی سیر تکامل فرآیندهای نوآوری، چارچوبی جامع و یکپارچه برای تحلیل نظام نوآوری انرژی و محیط زیست پیشنهاد دهد. همچنین با راهبرد مطالعه موردی توصیفی، ضرورت نگاه مبتنی بر رهیافت تاریخی به شرایط امروز بخش انرژی کشور با هدف سیاست‌گذاری مؤثر و جهت‌گیری مناسب نظام نوآوری انرژی و محیط زیست نشان داده شده و بر مبنای تحلیل تاریخی بخش انرژی و درس‌های گرفته‌شده از سیاست‌های افزایش بهره‌وری آن در کشور، طرح بازار بهینه‌سازی انرژی و محیط زیست، ارائه گردیده است. انتظار می‌رود طرح بازار بهینه‌سازی انرژی و محیط زیست بتواند نقش مؤثری در ارتقاء کارایی بخش انرژی کشور ایفاء نماید. به هم پیوستگی، یکپارچگی و جامعیت چارچوب پیشنهادی از جمله دستاوردهای علمی این پژوهش است که می‌تواند برای سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی در این حوزه مورد استفاده قرار گیرد. سیاست‌های حمایتی و راهکارهای پیشنهادی برای بهبود نظام نوآوری انرژی نیز به عنوان دیگر یافته‌های منتج از چارچوب مفهومی پژوهش است.

واژگان کلیدی: نظام نوآوری انرژی، نوآوری سازگار با محیط زیست، فرآیندهای نوآوری، سیاست‌گذاری انرژی، رهیافت تاریخی

☎ مسئول مکاتبات: *miremadi@gsme.sharif.edu*

۱- مقدمه

برقراری ارتباط میان رویکرد تاریخی توسعه فناوری و نظام‌های ملی نوآوری، یک نگرش عمیق به موضوع تغییرات فناوری و فرآیندهای نوآوری ایجاد می‌کند. مطالعات زیادی نشان داده‌اند که تغییرات و توسعه فناوری لزوماً یک مسئله فنی و مهندسی نیست [۳۱] و به تغییرات گسترده‌ای در دیگر شئون نظیر نگرش‌ها، نهادها، قوانین و مقررات و حتی نحوه اداره سازمان‌ها نیازمند است [۲۵]. از دل چنین پیوندی، مفهوم نظام ملی نوآوری توسعه یافت و چگونگی سازوکارهای نوآوری در کشورهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت. پیشرفت دانش فناورانه به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در رشد اقتصادی و بهره‌وری بلندمدت همواره مورد توجه بوده و به تبع آن، فرآیندهای نوآوری و شناسایی اقدامات لازم برای تأثیرگذاری بر تغییرات فناوری نیز همواره از موضوعات مورد علاقه دولت‌ها و محققان به شمار رفته است [۱۹].

نوآوری همانطور که بایره [7] نیز بیان کرده از مهم‌ترین موضوعاتی است که در اغلب علوم و کاربردهای صنعتی مورد توجه قرار می‌گیرد. نظریه‌های نوآوری تنها در یک مکتب یا مفهوم مشخص ریشه ندارند و از رشته‌های مفهومی و زمینه‌های تحقیقاتی متنوعی مانند اقتصاد رفتاری، انرژی و محیط زیست و رویکردهای اجتماعی‌فنی نشأت می‌گیرند. گاهاً از آن به عنوان اختراع یا نوعی کشف در چرخه توسعه محصول و یا یک فرآیند جدید یاد می‌شود اما در اغلب اوقات از آن براسی توصیف مراحل مختلف توسعه فناوری استفاده می‌شود. از این رو نوآوری ممکن است یک فرآیند پیونددهنده تغییرات فنی، اجتماعی و سیاستی نیز محسوب شود.

با وجود اختلافات و تفاوت‌های موجود در نظریه‌های نوآوری، هم‌اکنون این درک مشترک حاصل شده که فناوری‌ها در یک فرآیند چندمرحله‌ای از تحقیق و توسعه پایه‌ای و کاربردی تا تجاری‌سازی کامل، مسیر توسعه را طی می‌نمایند که اگر این مراحل با موفقیت طی شوند فناوری می‌تواند در یک چارچوب نظارتی به رقابت بپردازد [۱۶]. در ادامه توضیح داده خواهد شد که جریان دانش جریانی دوطرفه است و می‌تواند بازخوردهایی از بازار به مرحله تحقیقاتی نیز داشته باشد. این بدان معنا است که فشار فناوری از سمت تحقیق و توسعه و کشش بازار از سمت تقاضای مصرف‌کنندگان، می‌توانند توسط بازخوردهای بین مراحل مختلف و تحت تأثیر شرایط محیطی مانند سیاست‌های دولتی و در دسترس بودن سرمایه، تقویت یا مهار شوند.

هدف اصلی این مقاله، ارائه چارچوبی یکپارچه و نظام‌مند برای تحلیل نظام نوآوری انرژی و محیط زیست است. سپس نقش دولت‌ها در تحقق نوآوری‌های انرژی و سازگار با محیط زیست و سیاست‌های پیشنهادی در این خصوص مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. همچنین نحوه شکل‌گیری بازار بهینه‌سازی انرژی و محیط زیست به عنوان یک مطالعه موردی توضیح داده خواهد شد. بر این اساس، ضرورت رهیافت تاریخی در شناسایی وضع موجود بخش انرژی کشور با هدف جهت‌دهی مناسب به سمت و سوی نظام نوآوری انرژی و محیط زیست کشور به بحث گذاشته شده است. در این مقاله نشان داده شده که پیشرفت‌ها در نظریه نوآوری، بینش‌های جدیدی را در مورد ساختارها و فرآیندهای نوآوری به ارمغان آورده که می‌تواند توسعه نوآوری‌های انرژی و گذار رادیکالی به سمت سیستم‌های انرژی پایدار را با سرعت بیشتری محقق کند.

در بخش دوم پژوهش حاضر سیر تکامل نظریه‌های نوآوری در گذر زمان، مورد بحث قرار می‌گیرد. در بخش سوم روش‌شناسی پژوهش و در بخش چهارم، چارچوب مفهومی ارزیابی نظام نوآوری انرژی و محیط زیست ارائه می‌گردد. رهیافت تاریخی به حوزه انرژی و محیط زیست کشور و مطالعه موردی نظام نوآوری مؤثر در بخش

انرژی، بازار بهینه‌سازی انرژی و محیط زیست، در بخش پنجم مورد بحث قرار می‌گیرد. در بخش ششم راهکارهایی برای بهبود بخش‌های مختلف نظام نوآوری انرژی در ایران پیشنهاد و نهایتاً در بخش هفتم، نتیجه‌گیری و جمع‌بندی مقاله ارائه خواهد شد.

۲- سیر تکامل فرآیندهای نوآوری در گذر زمان

در این بخش، سیر تطور نظریه‌های نوآوری ارائه شده تا درکی نظام‌مند از فرآیند نوآوری و اقتضائات آن حاصل گردد و سپس مبتنی بر آن، چارچوب تحلیلی یکپارچه نظام نوآوری انرژی توسعه داده شود.

۲-۱) تا سال ۱۹۵۰: شومپیتر

نخستین تحلیل نظام‌مند بر روی فرآیند نوآوری توسط جوزف شومپیتر در نیمه اول قرن بیستم انجام گرفت که وی سه مرحله از این فرآیند را شناسایی کرد: اختراع، نوآوری و نفوذ. در نگاه شومپیتر، اختراع، اولین نمایش از ایده، نوآوری، اولین کاربرد تجاری یک اختراع در بازار و سرانجام نفوذ، گسترش فناوری در سراسر بازار است. به طور معمول، فرآیند نفوذ با یک منحنی Sشکل نشان داده می‌شود که در آن فرآیند نوآورانه با تمرکز بر موقعیت بازار به آرامی آغاز و سپس با نرخی افزایشی و با تمرکز بر تغییرات بهبوددهنده و کاهش هزینه‌ها تا سطح اشباع ادامه می‌یابد [۳۹]. منحنی‌های Sشکل پیشرفت فناوری برای طیف وسیعی از فناوری‌ها از جمله اتومبیل‌ها، کشتی‌ها، نیمه‌هادی‌ها، موتورهای بخار و بسیاری فناوری‌های انرژی بسط داده شده‌اند.

از فرآیند ذکرشده اغلب به عنوان "مدل خطی نوآوری" یاد می‌شود که سه مرحله پیوسته از تحقیقات پایه‌ای، توسعه فناوری و نفوذ فناوری را دربر می‌گیرد. این مدل نشان می‌دهد که پیشرفت در پژوهش‌های علمی، سرعت و جهت نوآوری را مشخص و مسیر بهینه بهبود فناوری‌های جدید را به همراه صرفه‌جویی در منابع تحقیق و توسعه نمایان می‌سازد. برخی منتقدین معتقدند که شومپیتر علاقه بیشتری به علل موفقیت نوآوری نسبت به نتایج آن داشته است [۳۸].

۲-۲) دهه ۱۹۵۰ تا دهه ۱۹۶۰: فشار فناوری در برابر کشش تقاضا

از جمله انتقادات وارده به نظریه فشار فناوری، تأثیرگذاری قیمت‌ها و دیگر متغیرها بر سودآوری در یک شرایط اقتصادی مشخص است. انتقادات دیگر نیز اشاره به تأکید بر پیشرفت یک‌طرفه در مراحل نوآوری دارد که با نظریه‌های پیچیده در مورد بازخوردگیری و تعاملات شبکه‌ها ناسازگار است [۳۶]. از طرف دیگر در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ برای اولین بار مطرح شد که تقاضای محصولات و خدمات یک پیشران جدی برای فعالیت‌های نوآوری به شمار می‌آید که به آن اصطلاحاً کشش تقاضا گفته می‌شود. در این حالت عوامل اقتصادی، سرعت و جهت نوآوری را هدایت می‌کنند. تغییرات در تقاضای بازار فرصت‌هایی را برای بنگاه‌ها فراهم می‌کند تا در فرآیندهای نوآوری سرمایه‌گذاری و نیازهای مرتبط را برآورده نمایند. یک انتقاد مهم به رویکرد کشش تقاضا این است که تقاضا نمی‌تواند به همان خوبی که تغییرات تدریجی فناوری را توضیح می‌دهد تغییرات ناگهانی و مخرب را نیز تبیین و به نوآوری‌های کلیدی فرآیند توجه کند [۱۷].

۲-۳) دهه ۱۹۵۰ تا دهه ۱۹۶۰: نوآوری در سطوح سازمانی و ملی

در طول دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ پژوهش‌های نظری به سمت گسترش دیدگاه خود به منابع نوآوری حرکت کردند که بخشی از آنها بر چگونگی ارتقاء نوآوری در سازمان‌ها از طریق مدیریت مؤثر بخش‌های تحقیق و

توسعه و فعالیت‌های مرتبط با آن تمرکز داشتند. علاوه بر آن، اهمیت اقتصاد کلان برای درک نوآوری در پژوهش‌های سولو مورد بررسی قرار گرفت و دیگران اهمیت نسبی عوامل مختلف در رشد اقتصاد ملی را تحلیل کردند [۴۱]. او عقیده داشت که سهم اصلی در رشد اقتصادی، افزایش بهره‌وری سرمایه و نیروی کار نیست و به مؤلفه ناشناخته‌ای تحت عنوان تغییرات فنی اعتقاد داشت که پیشرفت دانش در نتیجه کاربرد اقتصادی را منعکس می‌کرد.

پس از آن نلسون در ۱۹۵۹ به این سؤال پرداخت که آیا میزان سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای پاسخگویی به نیازهای اقتصاد ملی کافی است یا خیر؟ [۳۲] و نتیجه گرفت که بازده اجتماعی سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه بیش از بازده خصوصی بنگاه‌ها است. یعنی یک بنگاه شاید اغلب قادر نباشد که از میوه‌های سرمایه‌گذاری خود به طور کامل بهره‌مند شود زیرا پیشرفت در دانش، "سرریز"[1] را برای سایر بنگاه‌ها و مشتریان به همراه خواهد داشت و "شکست بازار" یک مانع بالقوه شناخته‌شده برای نوآوری معرفی گردید [۳۳و۳۴].

۲-۴) دهه ۱۹۷۰ تا دهه ۱۹۹۰: برخی رویکردهای مفهومی

در نیمه دوم قرن بیستم، نظریه‌های نوآوری تکامل یافتند و به طور خاص دو مجموعه رویکردهای تکاملی[2] و مدل‌های وابسته به مسیر[3] [۳۸] برای درک بهتر تغییرات فناوری مورد توجه قرار گرفتند. رویکرد تکاملی، تغییرات فناورانه را به عنوان حرکتی آهسته و البته تدریجی در نظر می‌گیرد که از ارتباط میان تعدادی از متغیرهای اقتصادی، اجتماعی، نهادی و فناوری حاصل می‌شود. مدل‌های وابسته به مسیر بر اساس این ایده که نوآوری و استفاده از فناوری جدید به مسیر توسعه بستگی دارد شکل گرفته‌اند. در اصل، وابستگی مسیر توضیح می‌دهد که چگونه مجموعه‌ای از تصمیماتی که یک نهاد (فرد، بنگاه یا سیستم) در شرایط خاص با آن مواجه می‌شود در حلقه تصمیماتی که در گذشته اتخاذ شده محدود می‌شود حتی اگر شرایط گذشته دیگر چندان قابل توجه نباشد [۱۴]. مفاهیم عقلانیت محدود و عدم قطعیت‌ها نیز نقش مهمی در فهم کامل این مدل‌ها ایفاء می‌کنند. نظر به هدف و چارچوب مقاله حاضر، از بررسی جزئیات دو رویکرد فوق گذر می‌کنیم.

۲-۵) دهه ۱۹۷۰ تا دهه ۱۹۹۰: به سمت رویکردهای سیستمی

مدل‌های توسعه‌یافته در قرن ۱۹۷۰ همگی مکمل یکدیگرند که در یک نظریه نظام‌مند از نوآوری مشخص می‌شوند. نلسون و وینتر [۳۳] در ادامه دیدگاه تکاملی، در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ تلاش‌هایی را آغاز کردند تا نظریه نوآوری را توسعه دهند. بر این اساس، تحقیق و توسعه به عنوان فرآیندی برای جستجوی راه‌حل‌ها مطرح گردید که توسط توانمندی‌های فناورانه (فشار عرضه) و نیازهای مصرف‌کننده (کشش تقاضا) هدایت شده و امکانات متنوعی را نیز فراهم می‌کند. این نکته در محیطی متشکل از عناصر بازار و بیرون از بازار مورد بررسی قرار گرفته که در آن عناصر غیربازار از ساختارهای نهادی فعلی مانند مقررات و رفتارهای بازیگران تأثیر می‌پذیرند.

نلسون [۳۴] در ۱۹۹۴ مطرح کرد که با توجه به ماهیت تجمعی فرآیند نوآوری، فناوری‌های نوظهور یک چرخه عمر جدید از توسعه را نشان می‌دهند. در مراحل اولیه توسعه، انواع طرح‌های رقابتی وجود دارند و پس از آن

1- Spillover
2- Evolutionary approaches
3- Path-dependent models

فناوری‌هایی با سودمندی بیشتر به عنوان طراحی اصلی در بازارهای کوچک راه پیدا می‌کنند که در ادامه تولیدات آن نیز رو به افزایش می‌رود. در حقیقت، ترکیب توانایی‌های فناورانه بهبودیافته با یک چارچوب نهادی سازگار می‌تواند منجر به گسترش فناوری جدید شود که از آن به عنوان "طراحی غالب"[1] یاد می‌شود [۴۲].

مدل زنجیره‌ای به هم پیوسته برای نشان دادن بازخوردهای سیستمی در فرآیند نوآوری در همین دوران (سال ۱۹۸۶) توسط کلاین و روزنبرگ توسعه یافت [۲۴]. این مدل از یک طرف، فرآیندهای درونی یک بنگاه یا شبکه‌ای از بنگاه‌ها که با یکدیگر در تعامل هستند را مشخص و از طرف دیگر روابط میان بنگاه و نظام گسترده‌تر علم و فناوری را به تصویر می‌کشد. این موضوع می‌تواند به عنوان تعریفی از "سیستم" قلمداد شود که بر خلاف برخی نظریه‌ها هیچ چشم‌انداز اقتصادی، سیاسی و اجتماعی را منعکس نمی‌کند. بر اساس مدل فوق، عنصر کلیدی در شناسایی موفقیت یا شکست یک پروژه نوآوری، میزان حفظ ارتباطات مؤثر بین بنگاه‌ها و مراحل فرآیند نوآوری است.

۲-۶) دهه ۱۹۸۰ تا دهه ۲۰۰۰: به سمت نظام‌های نوآوری

در سال‌های انتهایی قرن بیستم، نظریه‌های نوآوری با دقت بیشتری از مدل‌های خطی به سمت فرآیندهای نوآوری پیچیده‌تر سوق پیدا کردند و چارچوب‌های نظام نوآوری در سطوح مختلف از جمله ملی، منطقه‌ای، بخشی و فناورانه توسعه یافتند.

مفهوم نظام ملی نوآوری[2] اولین بار در اواخر دهه ۱۹۸۰ در مطالعات اقتصاد ژاپن توسعه داده شد. فریمن و پرز در سال ۱۹۸۸ نظام ملی نوآوری را اینگونه تعریف کردند: "شبکه‌ای از مؤسسات در بخش‌های خصوصی و دولتی که فعالیت و تعامل آنها منجر به واردات، اصلاحات و بهبود و انتشار فناوری‌های جدید می‌شوند" [۱۵]. در رویکرد نظام ملی نوآوری با تأکید بر نقش دولت و تعامل نزدیک آن با صنعت و بخش علمی، تحلیل‌های مقایسه‌ای در طیف وسیعی از فناوری‌ها و فرآیندهای نوآوری کشورهای مختلف صورت می‌گیرند.

لوندوال در سال ۱۹۸۸ بر نقش تعاملات بین مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان و تسهیل جریان اطلاعات و دانش در پیوند زدن قابلیت‌های فناوری با نیازهای کاربران تأکید کرده است [۲۶]. به دلیل عدم قطعیت‌های اساسی نوآوری، وی چنین استدلال کرد که این تعاملات فراتر از سازوکارهای بازار است و به اعتماد متقابل و همچنین رفتارهای متقابل بستگی دارد. نلسون در سال ۱۹۹۳ در یک مطالعه تجربی، نظام‌های ملی نوآوری ۱۵ کشور را مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که تفاوت در نظام‌های نوآوری به میزان قابل توجهی منعکس‌کننده تفاوت‌های موجود در شرایط اقتصادی و سیاسی و اولویت‌های کشورها است [۳۵].

در دهه ۱۹۹۰ تحقیقات نظام نوآوری محدود به سطح ملی باقی نماند و به مفاهیم گوناگونی مانند مباحث منطقه‌ای و بخشی گسترش یافت. این موضوع اما بیشتر به سمت حوزه‌های فناوری اطلاعات و بیوفناوری یعنی تمرکز بر یک بخش خاص، مجموعه‌ای از محصولات جدید و مجموعه‌ای از نهادهایی که تولید و فروش محصولات را دربر می‌گیرند هدایت شد [۴۵].

۲-۷) دهه ۱۹۹۰ تا امروز: نوآوری سیستمی و سلسله‌مراتبی

پیشرفت‌های اخیر در نظریه‌های نوآوری به تدریج به سمت یک فرآیند نظام‌مند کامل، پویا و غیرخطی با طیف

1- Dominant design
2- National Innovation System (NIS)

وسیعی از بازیگران تعاملی سوق داده شد. این دیدگاه ابعاد مختلفی از جمله تعاملات میان بازیگران، پیش‌بینی روند فناوری‌های آینده، توسعه بازار، خط‌مشی‌های سیاستی و ساختارهای نهادی را دربر می‌گیرد. رویکرد جدید نظام‌های نوآوری تمایل دارد بر نقش نهادها و سازوکارهای یادگیری در تغییرات فناوری تأکید نماید. به جای شرکت‌های قدرتمند و جریان یک‌سویه دانش، تمرکز به شبکه‌های درونی سازمان و بازخوردهای میان نهادها انتقال می‌یابد. مطالعات این حوزه مراحل به هم پیوسته توسعه فناوری را تصدیق می‌کنند اما در تلاش هستند مفهومی گسترده‌تر را ارائه دهند.

به طور خاص، نقش نهادها موضوعی کلیدی در ایجاد و حفظ "قواعد بازی" در همه سطوح به شمار می‌آید زیرا نهادها ممکن است انتخاب‌ها را محدود و نوآوری‌ها را در مسیرهایی معین هدایت کنند [۱۷]. بازخوردهای میان قسمت‌های مختلف سیستم به عنوان ارتباط‌دهنده تغییرات فناورانه و نهادی نیز باید به طور ویژه مورد توجه قرار گیرند. یک نظام کارکردی مناسب، احتمال توسعه و نفوذ فناوری را به طرز معناداری افزایش می‌دهد و از این رو، شکل‌دهی کامل فرآیندهای نوآوری مستلزم شناسایی فعالیت‌ها و زمینه‌هایی است که منجر به تقویت یا تضعیف نوآوری می‌شود [۳۰].

نظریه نظام نوآوری فناورانه[1] با هدف کارآمدسازی تجزیه و تحلیل فرآیندهای نوآوری توسعه داده شد. نظام‌های ملی نوآوری عمدتاً از این مفهوم که نوآوری از منظر جغرافیایی ناهمگون است نشأت می‌گیرند در حالی که نظام‌های نوآوری فناورانه با فناوری و تغییرات آن شروع می‌شوند [۴۰]. نظام نوآورانه فناوری مطابق تعریف کارلسون عبارت است از: "شبکه‌ای پویا از عوامل و نهادهای مؤثر در یک منطقه اقتصادی یا صنعتی خاص و تحت مجموعه‌ای از زیرساخت‌های نهادی ویژه که با یکدیگر در تعامل بوده و در تولید، انتشار و بهره‌برداری از فناوری سهیم هستند" [۱۳].

به اعتقاد برخی منابع، نظریه‌هایی که بر ساختار ملی و منطقه‌ای تمرکز دارند قادر به تحلیل دقیق فرآیند نوآوری نخواهند بود. نگرو و هکرت در سال ۲۰۰۹ نشان دادند که وقتی سیستم‌های نوآوری در سطح ملی مورد بررسی قرار می‌گیرند با توجه به تعداد بالای نهادها و بازیگران، تحلیل پویا فرآیند نوآوری معمولاً دشوار خواهد بود و بنابراین، در تحلیل نظام‌های ملی نوآوری تمرکز صرفاً بر ساختار است و دقت لازم به منظور شناسایی سیستم‌های نوآوری نوظهور و پویایی آنها وجود ندارد [۳۹].

جکوبسون در سال ۲۰۰۴ برای اولین بار سه عنصر اصلی نظام نوآوری فناورانه را چنین تعریف نمود [۲۲]:

- بازیگران: شامل بنگاه‌ها، مصرف‌کنندگان، عرضه‌کنندگان، سرمایه‌گذاران و سازمان‌های خصوصی و دولت
- شبکه‌ها: نتیجه ارتباط بین بازیگران است که انتقال دانش ضمنی و صریح و اطلاعات میان آنها را تسهیل می‌کند.
- نهادها: شامل بخش رسمی مانند حقوق مالکیت و قوانین موجود و همچنین بخش غیررسمی مانند فرهنگ و سنت‌های حاکم است که بر فعالیت‌ها و ارتباطات بازیگران درون سیستم نوآوری تأثیر می‌گذارد.

رویکرد نظام نوآوری فناورانه تلاش می‌کند نظام‌های نوآوری را به کمک کارکردهای نظام نوآوری فناورانه ارزیابی نماید. یعنی ارزیابی فرآیندهای خاصی که منجر به موفقیت در نظام نوآوری خواهد شد و یا شناسایی فرآیندهایی که در روند رو به رشد سیستم مانع ایجاد می‌کنند. این دیدگاه توسط برگک و جکوبسون در سال

1- *Technological Innovation System (TIS)*

۲۰۰۸ توسعه یافت و آنها ادعا نمودند که به منظور شناسایی سیاست‌های مناسب در یک نظام نوآوری خاص، تمرکز بر ساختار سیستم در کنار تمرکز بر فرآیند نیز اهمیت پیدا می‌کند [۹]. نخستین بار جکوبسون و برگک یک تحلیل جامع از فرآیندهای نظام‌های فناورانه را با در نظر گرفتن پنج کارکرد ضروری پیشنهاد دادند کارکردهایی که به طور مستقیم بر توسعه، نفوذ و استفاده از فناوری‌های جدید و عملکرد نظام نوآوری تأثیر داشتند [۲۲]. پس از آن هکرت و همکاران در سال ۲۰۰۷ [۲۱] و برگک و همکاران در سال ۲۰۰۸ [۸] یک فهرست اصلاح‌شده از هفت کارکرد نظام نوآوری فناورانه ارائه کردند. در جدول ۱ خلاصه‌ای از تعاریف هفت کارکرد اصلی یک نظام نوآوری فناورانه آورده شده است.

جدول ۱) کارکردهای نظام نوآوری فناورانه [۲۷]

کارکردها	توضیح
توسعه دانش[۱]	به چگونگی توسعه دانش در نظام نوآوری اشاره دارد و شامل یادگیری حین تحقیق و تجربه می‌شود.
نفوذ دانش[۲]	انتقال دانش میان بازیگران و عواملی که با یکدیگر همکاری می‌کنند را شامل می‌شود. همچنین از عوامل اصلی ارتباط شبکه‌ها در یک نظام نوآوری به حساب می‌آید.
هدایت جستجو[۳]	فعالیت‌ها، مشوق‌ها و سازوکارهایی را دربر می‌گیرد که بر مسیر جستجو اثر می‌گذارند مانند ورود بنگاه‌های جدید به یک نظام نوآوری و یا کشف کاربرد خاصی از یک فناوری
فعالیت‌های کارآفرینی[۴]	شامل فعالیت‌های نوآورانه و راهبردهای کسب‌وکار مورد نیاز برای آزمایش قابلیت ایجاد فرصت‌های تجاری یک فناوری جدید است. یک نظام نوآوری فناورانه بدون فعالیت‌های کارآفرینی دچار رکود خواهد شد زیرا تحت عدم قطعیت‌های متنوعی در حال رشد است.
شکل‌گیری بازار[۵]	شامل فعالیت‌هایی است که به ظهور و شکل‌گیری بازارها و محصولات جدید کمک می‌کنند. سه مرحله شکل‌گیری بازار عموماً شامل مراقبت، گذار و اتصال دادن و در نهایت شکل‌گیری بازار کامل است.
تخصیص منابع[۶]	فعالیت‌های مرتبط با تخصیص منابع به عنوان یک تابع ورودی به فرآیند نوآوری را دربر می‌گیرد. منابع اصلی شامل منابع مالی، انسانی و زیرساخت‌های شبکه‌ای هستند. بسیاری از مراجع این کارکرد را قلب سیستم نامگذاری کرده‌اند.
ایجاد سازوکارهای قانونی (مشروعیت‌بخشی)[۷]	به موضوع تأمین پذیرش اجتماعی فناوری و بازیگران اشاره دارد. این تابع شامل فعالیت‌هایی است که با مقاومت‌های پیش‌رو در پذیرش فناوری‌های جدید مقابله می‌کند. ائتلاف‌های هم‌سو و مدافع می‌توانند به عنوان یک کاتالیزور در ایجاد سازوکارهای قانونی عمل نمایند.

به طور کلی انتظار می‌رود تعامل بیشتر این کارکردها، منجر به بهبود عملکرد یک نظام نوآوری فناورانه شود که می‌توانند فرصت‌های بهتری را برای توسعه، انتشار و بکارگیری فناوری‌های جدید فراهم نمایند. تحقق و عملکرد

1- Knowledge development
2- Knowledge diffusion
3- Guidance of the search
4- Entrepreneurial activities
5- Market formation
6- Resource mobilization
7- Creation of legitimacy

هر کارکرد به همراه دینامیک تعاملی میان کارکردها، هر دو از عوامل مهم بازدهی نظام نوآوری محسوب می‌شوند. الگوهای تعاملی مناسب میان کارکردها نیز می‌توانند منجر به تقویت پویایی سیستم شوند در حالی که تعاملات ناسازگار می‌تواند باعث فروپاشی آن گردد [۲۹].

۲-۸) نوآوری سازگار با محیط زیست

نوآوری سازگار با محیط زیست به عنوان یک مفهوم خاص در نظریه‌های نوآوری، طی دو دهه اخیر توسعه یافته است [۱۸]. این نوع از نوآوری به عنوان پیشران اصلی توسعه فناوری‌های پربازده و بدون کربن تعریف می‌شود که به صورت مستقیم یا غیرمستقیم به مسائل مختلف زیست‌محیطی پاسخ می‌دهند مانند محدودسازی انتشار آلاینده‌ها، تولید محصولات سازگار با محیط زیست، مدیریت مؤثرتر منابع و کاهش تخریب‌های زیست‌محیطی [۱۰].

طبق تعریف کمپ و فاکسن، نوآوری سازگار با محیط زیست عبارت است از: "تولید، کاربرد یا بهره‌برداری از یک محصول، خدمت یا فرآیند که برای بنگاه یا مصرف‌کننده جدید است و در چرخه عمر آن کاهش عدم قطعیت‌های زیست‌محیطی، آلودگی‌ها و حتی تأثیرات منفی استفاده از منابع (به طور خاص انرژی) نسبت به گزینه‌های جایگزین را منعکس می‌کند" [۲۳]. این نوآوری می‌تواند هزینه‌های حل مسائل زیست‌محیطی را کاهش دهد یا منجر به افزایش بهره‌وری محیط زیستی نسبت به مدل‌های قدیمی‌تر شود و به طور خلاصه منعکس‌کننده فناوری‌های جدید پاسخ‌دهی به مسائل جدید زیست‌محیطی به شمار می‌آید [۱۲و۱۹و۲۰].

نوآوری سازگار با محیط زیست ممکن است توسط نوآوری در فناوری، فرآیندها، سازمان‌ها و سیستم‌های گسترده‌تر شکل گیرد [۳۷] مانند گذار به سمت یک سیستم انرژی تجدیدپذیر. اندرسون نوآوری سازگار با محیط زیست را به پنج دسته کلی تقسیم‌بندی کرده است [۶]:

- نوآوری‌های افزودنی: خدمات و فناوری‌های مدیریت منابع و آلودگی
- نوآوری‌های یکپارچه: فرآیندهای فناورانه پاک و محصولات پاک
- نوآوری‌های بهبوددهنده نظام نوآوری فناورانه: مسیرهای فناورانه جدید
- نوآوری‌های بهبوددهنده نظام‌های سازمانی: ساختارهای سازمانی جدید
- نوآوری سازگار با محیط زیست به صورت یک کل: مانند انرژی‌های تجدیدپذیر

از دیگر موضوعات جدید و مهم در روند جهانی مطالعات نوآوری، نظریه گذار[1] و توسعه سناریوهای اجتماعی‌فنی[2] است. سناریوهایی که پتانسیل گذار و انتقال را نه تنها در مورد توسعه فناوری‌ها توضیح می‌دهد بلکه به بررسی ارتباطات بالقوه بین گزینه‌های مختلف و تجزیه و تحلیل چگونگی اثرپذیری و اثرگذاری این روند توسعه بر راهبردها، سیاست‌ها و رفتار ذینفعان مختلف نیز می‌پردازد [۱۸]. با تکمیل روش سناریوهای اجتماعی‌فنی، سه مرحله اصلی برای تعیین مسیرهای گذار شناسایی می‌شوند:

- مشخص کردن عناصر کلیدی رویکرد موجود (اجتماعی‌فنی، بازیگران و چشم‌انداز)
- شناسایی فرآیندهای اساسی اثرگذار بر دینامیک و پایداری و به طور خاص در سطوح خُرد
- تعیین تعاملاتی که موجب تقویت اثرگذاری مسیرهای گذار می‌شوند.

1- Transition
2- Socio-technical

۳- روش‌شناسی پژوهش

یکپارچه‌سازی مطالعات گذشته و تمرکز بر موضوعات خاص، با توجه به رشد چشمگیر و پیچیدگی‌های روزافزون علوم جدید و میان‌رشته‌ای، یک ضرورت اساسی است. پژوهش حاضر به روش تحلیل محتوای کیفی[1] از طریق مصاحبه و بررسی پیشینه موضوع، شامل مقالات و کتب علمی و تخصصی در زمینه پژوهش و گزارش‌های سازمان‌ها و نهادهای مرتبط انجام شده است [۴۳]. همچنین با راهبرد مطالعه موردی توصیفی[2]، ضرورت نگاه مبتنی بر رهیافت تاریخی به شرایط امروز بخش انرژی کشور به منظور یک سیاست‌گذاری موفق و جهت‌گیری مناسب نظام نوآوری انرژی و محیط زیست نشان داده می‌شود [۴۶]. در رویکرد رهیافت تاریخی، پدیده‌ها با توجه به "خاص بودن و بی‌همتایی" خود بررسی و تحولات تاریخی شکل‌دهنده شرایط فعلی آنها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. مطالعه موردی استفاده‌شده کاملاً در قالب جهت‌گیری نظری پژوهش تعریف و موضوع را در بستر پژوهش مورد بررسی قرار می‌دهد. با استفاده از این روش می‌توان کل یک واقعیت را درک و دیدگاه‌های کل‌نگر را در چارچوبی تحلیلی پیاده‌سازی نمود [۴۶]. برای تحلیل محتوی در ابتدا مؤلفه‌های نظام‌های نوآوری شناسایی و استخراج شده‌اند و پس از آن به ترتیب، شناسایی ابعاد، طبقه‌بندی کارکردها و همچنین مقایسه مفاهیم نظام نوآوری انرژی انجام گرفته است. همچنین با استفاده از چارچوب تحلیلی توسعه داده‌شده، نحوه شکل‌گیری بازار بهینه‌سازی انرژی و محیط زیست به عنوان یک نمونه ویژه در این حوزه مورد بحث و تحلیل قرار گرفته و توضیح داده می‌شود که چگونه ایجاد شبکه‌ها و تعامل بخش‌های مختلف سیستم می‌توانند در تحقق اهداف سیاستی نقش داشته باشند.

پژوهش حاضر یک تحقیق کاربردی و از جنبه هدف، توصیفی است بدین معنا که ابتدا الگوهای نظام‌های نوآوری استخراج و سپس به توصیف اقتضائات و مؤلفه‌های نظام نوآوری انرژی پرداخته می‌شود.

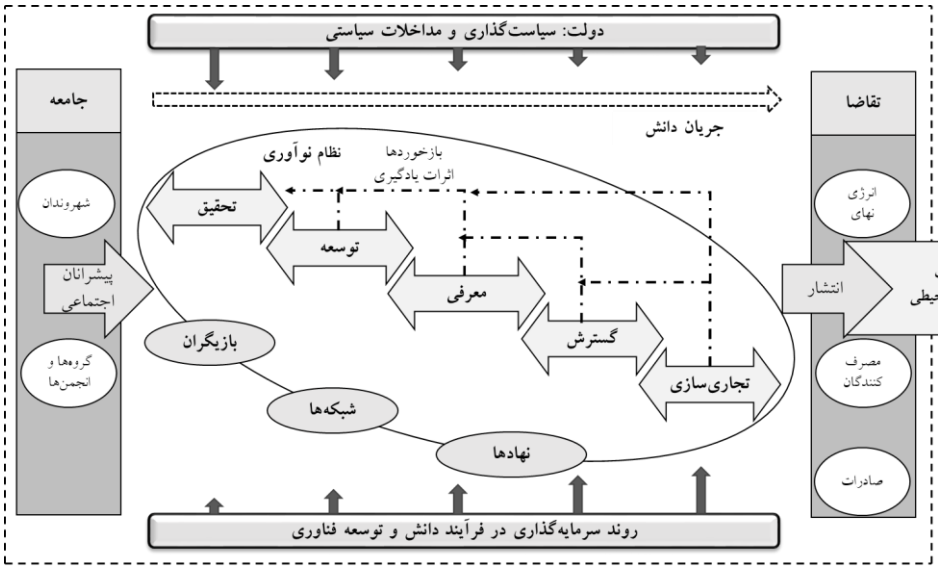
۴- چارچوب تحلیلی ارزیابی نظام نوآوری انرژی و محیط زیست

مرور نظام‌مند پیشینه و برقراری ارتباط میان مطالعات گذشته در حوزه تکامل فرآیندهای نوآوری، در بخش دوم به تفصیل توضیح داده شد. از سال ۱۹۵۰ تا امروز نویسندگان اصلی و نظریه‌پردازان برجسته هر دوره انتخاب و روند توسعه مفهوم نوآوری با دقت دنبال شده است. همانطور که در بخش دوم شرح داده شد در سال‌های اخیر مدل‌های مفهومی متعددی برای فرآیند نوآوری توسعه داده شده که مدل‌های ابتدایی مدل‌هایی خطی بودند و از تحقیقات، شروع و تا نفوذ فناوری در بازار ادامه داشتند. بعدتر عامل یادگیری بین مراحل نوآوری نیز اضافه و مدل‌های تعاملات زنجیره‌ای شکل گرفتند. اکنون به طور کامل پذیرفته شده که فرآیند نوآوری نه خطی است و نه یک‌سویه.

با ترکیب بازخوردهای مختلف میان مراحل فرآیند نوآوری و ارتباط دادن آنها با عناصر ساختاری یک نظام نوآوری، چارچوبی مفهومی برای تحلیل جریان دانش و توسعه فناوری فراهم می‌شود. کاربرد این مفهوم در پیشینه مربوطه بیشتر بر نوآوری و توسعه فناوری‌های انرژی و محیط زیست تأکید کرده که نظام نوآوری را در یک چارچوب به هم پیوسته و یکپارچه مورد ارزیابی قرار می‌دهد. در شکل ۱ چارچوب تحلیلی جریان دانش و

1- Qualitative Content Analysis
2- Descriptive Case Study

فناوری حوزه انرژی و محیط زیست توسعه داده شده که اجزاء آن در ادامه توضیح داده می‌شوند.



شکل ۱) چارچوب تحلیلی نظام نوآوری انرژی و محیط زیست (تکمیل‌شده مدل [۲۷])

نخست باید توجه داشت که مفهوم نظام نوآوری بر جنبه‌های جمعی و نهادی فرآیند نوآوری تأکید دارد و طبیعت پویا، نوظهور و تکاملی نظام‌ها را منعکس می‌نماید. این مفهوم در سطوح مختلف ملی، بخشی، منطقه‌ای و فناورانه قابل تعریف است. نظام نوآوری انرژی و محیط زیست یک کاربرد از این مدل توسعه‌یافته برای فناوری‌های انرژی‌های پاک است و یک نگاه نظام‌مند و به هم پیوسته را در سطح بخشی برای نوآوری این حوزه ترسیم می‌نماید [۲۷].

همانطور که در شکل ۱ مشخص است نظام نوآوری شامل بازیگران، شبکه‌ها و نهادها (حلقه‌های میانی) است. شبکه‌ها نتیجه ارتباط میان انواع مختلف بازیگران هستند که انتقال دانش میان آنها و هماهنگی میان فعالیت‌های مختلف (مانند سرمایه‌گذاری و لابی‌گری‌های سیاستی) را تسهیل می‌کنند. نهادها نیز یا رسمی (مانند حقوق مالکیت و قوانین) یا غیررسمی (مانند فرهنگ و سنت‌ها) هستند که بر فعالیت‌ها و ارتباطات بازیگران درون نظام نوآوری تأثیر می‌گذارند. در کنار نهادهای رسمی و سازوکارهای سیاستی، مطالعات موردی مختلف، نقش تعدادی از نهادهای غیررسمی و فرهنگی در نظام نوآوری را هم نشان می‌دهند. به عنوان مثال سیاست‌های مؤثر در مرحله آزمایشگاهی فرآیند نوآوری از یک سیاست فراگیر و مشارکتی که پتانسیل‌های بازیگران مختلف در سراسر سیستم را به کار گیرد تشکیل می‌شود (در مقابل دستورالعمل‌های بالا به پائین یا اقدامات محدود به چند سازمان داخلی) و به طور خاص در اروپا موفق‌ترین تجارب با ایجاد شبکه‌های نوآوری سازگار با محیط زیست و از پائین به بالا شکل گرفته است. این شبکه‌ها نقش مهمی در سازمان‌های عمومی واسط دارند. به عنوان مثال دنیش ریوز[1] یک مرکز تحقیقاتی و آزمایشی توربین‌های بادی در دانمارک است که این نقش را بر عهده دارد. مراکزی از این نوع می‌توانند تأثیر بسزایی در ایجاد تعاملات میان گروه‌های تحقیقاتی،

1- Danish Riose

شرکت‌های دانش‌بنیان و سیاست‌گذاران داشته باشند.

بنابراین نظام مورد اشاره شامل پویایی در بازیگران (مانند بنگاه‌ها و دانشگاه‌ها)، شبکه‌ها (یادگیری و موضوعات سیاستی) و نهادها (هنجارها و مقررات) خواهد بود. به عنوان مثال توسعه فناوری باد در کشور دانمارک از تعامل نظام‌مند بخش‌های مختلف و با تشکیل بازارهای اولیه شروع شد. شکل‌گیری بازارهای اولیه، بنگاه‌های جدید را برای ورود به صنعت و سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر و یا بازیگران دیگر در بخش مالی را برای سرمایه‌گذاری در این حوزه تحریک نمود. تازه‌واردان به سیستم نیز شبکه‌های میان بنگاه‌ها و دانشگاه‌ها را تقویت کردند و این تقویت بر فرآیندهای یادگیری تأثیر بسزایی داشت که به تغییرات نهادی اعم از هنجارها و قوانین منجر و شرایط مطلوب فناوری‌های مختلف و ماهیت سیاست‌گذاری‌های دولتی را بهبود بخشید. در نهایت، تغییرات نهادی به نوبه خود بر شکل‌گیری بازارهای جدید و تخصیص منابع تحقیق و توسعه بازیگران در چارچوب یک راهبرد بلندپروازانه کسب‌وکار تأثیر گذاردند و این چرخه تا تصاحب بخش بزرگی از بازار فناوری‌های باد در دنیا ادامه پیدا کرد.

البته به این نکته هم باید توجه داشت که اگر در حوزه شبکه، ارتباطات میان بازیگران سیستم، ضعیف و تأکید آنها بر حمایت از فناوری‌های تثبیت‌شده باشد و یا در بخش نهادها نقص قانون‌گذاری، نقص در سیستم آموزشی و محدودسازی قدرت سیاسی و سازمانی برای بنگاه‌های جدید و تازه‌واردان به سیستم وجود داشته باشد این بار تمام عوامل مانعی برای شکل‌گیری نظام نوآوری انرژی محسوب خواهند شد.

در قسمت دیگر شکل ۱، مراحل مختلف فرآیند نوآوری انرژی از تحقیقات اولیه، توسعه، معرفی، گسترش تا تجاری‌سازی و انتشار فناوری در بازار به همراه بازخوردهای میان آنها مشخص شده است (فلش‌های دوطرفه در مرکز شکل). به عنوان مثال شکل‌گیری بازارهای اولیه نه تنها باعث می‌شود که بنگاه‌ها هزینه‌های بیشتری را برای تحقیق و توسعه صرف نمایند بلکه سرمایه‌گذاری‌های دیگر را نیز تحریک خواهد کرد. به همین ترتیب، یادگیری در توسعه یک فناوری انرژی جدید ممکن است تغییرات فنی را نیز هدایت و تحریک کند. از این رو اگر در مدل‌های خطی، بازارها بعد از توسعه فناوری شکل می‌گرفتند در این مدل یک فناوری هم‌زمان با فرآیند نفوذ تکامل می‌یابد.

در طول این مسیر و از طریق اثرات یادگیری بین مراحل، جریان دانش شکل می‌گیرد (در بالای شکل مشخص است). به عنوان مثال، دانش ابتدایی از طریق فعالیت‌های تحقیق و توسعه خلق و در طراحی نمونه‌های اولیه تجاری به کار گرفته می‌شود. این نمونه‌ها در بازارهای کوچک[1] مورد آزمایش قرار می‌گیرند و از طریق فشارهای فناورانه به سمت تجاری‌سازی کامل حرکت می‌کنند. در انتها نیز دانش خلق‌شده به واسطه تجربیات مصرف‌کنندگان فناوری به مرحله تحقیق و توسعه بازخورد داده می‌شود تا این فرآیند همواره در مسیر بهبود حرکت کند.

این فرآیند از سمت تقاضا (سمت راست تصویر) می‌تواند کشش‌هایی را دریافت کند مانند افزایش مزایای رقابتی فناوری جدید در بازار. همچنین از طریق تحقیق و توسعه و به طور کلی نیازهای جامعه (سمت چپ تصویر) فشارهایی وارد می‌شود تا فرآیند با سرعت بیشتری توسعه یابد مانند تمایل شهروندان یک کشور در استفاده از یک فناوری خاص که آلاینده‌های زیست‌محیطی تولید نمی‌کند (مثلاً خودروهای الکتریکی). با درک درست از

1- Nich markets

زمینه‌های مشترک میان توسعه‌دهندگان فناوری، محققان و عرضه‌کنندگان می‌توان حس اعتماد که یک موضوع غیررسمی اما بسیار مهم است را در میان آنها ایجاد نمود (به پیشرانان اجتماعی در شکل ۱ توجه شود).
عوامل سیاست‌گذاری و سرمایه‌گذاری نیز در بالا و پائین تصویر مشخص هستند. این عوامل می‌توانند در نقش مشوق ظاهر و از طریق ایجاد جذابیت‌های مالیاتی، تنظیم‌گیری سیستم، مجوزهای تجارت، یارانه و همچنین سیاست‌های زیست‌محیطی اثرات مؤثری در فرآیند داشته باشند. شکست نیز در نوآوری‌های سبز و انرژی‌های تجدیدپذیر به سیاست‌ها و نهادهای غیرقابل انعطاف و جزئی ارتباط دارد. در موارد دیگر، حمایت ضعیف از انرژی‌های سازگار با محیط زیست، مداخلات سیاستی را مهار و مانع گذار به سمت صنعت در حال رشد می‌گردد. در جای دیگر نیز تناقض در سیاست‌گذاری‌ها یا تعهد حاکم بر بازار آزاد منجر به از دست دادن ظرفیت‌های نوآورانه خواهد شد.
برخی قوانین و سیاست‌های بالادستی کشور در توسعه فناوری‌های انرژی عبارتند از: سند چشم‌انداز بیست‌ساله کشور، سیاست‌های کلی نظام در بخش انرژی، قانون برنامه ششم توسعه، سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف، سیاست‌های کلی محیط زیست، نقشه جامع علمی کشور، قانون وظایف و اختیارات وزارت نفت، قانون وظایف و اختیارات وزارت نیرو، اساسنامه شرکت بهینه‌سازی مصرف انرژی، لایحه مربوط به تأسیس ساتبا، مأموریت مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، وظایف سازمان برنامه و بودجه، اساسنامه سازمان ملی بهره‌وری، قانون توسعه حمل و نقل و مدیریت مصرف سوخت، قانون شورای عالی عتف، قانون حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان، قانون مرتبط با شورای عالی انرژی [۳].

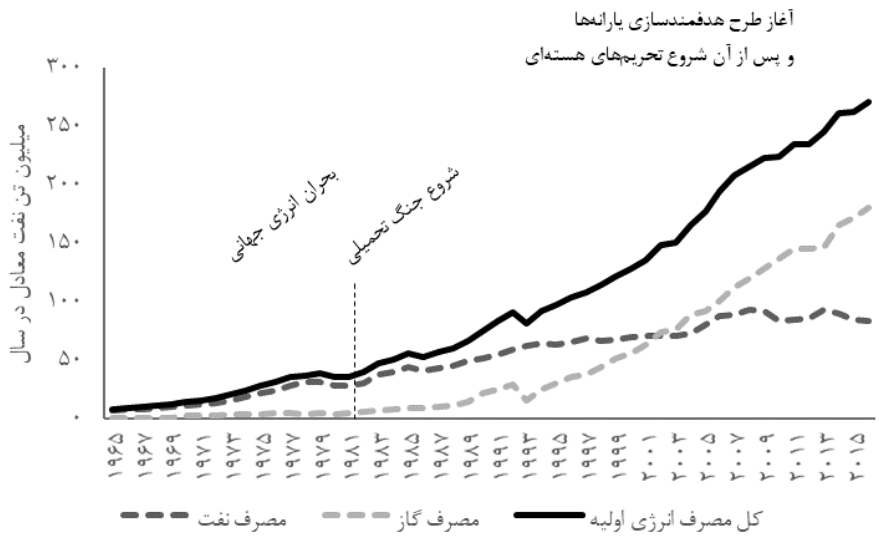
۵- رهیافت تاریخی به حوزه انرژی و محیط زیست کشور

۵-۱) شناسایی و تحلیل فرد تاریخی بخش انرژی و محیط زیست ایران

رهیافت تاریخی با نگاه به تحولات زمانی شکل‌دهنده پدیده‌ها سعی در شناسایی و تفسیر معنادار علل ایجاد شرایط فعلی در بستر تاریخی و به تبع آن شناسایی صحیح نقاط اثر دارد. بدیهی است که اثرگذاری این علت‌ها باید پیوندی منطقی و قابل توضیح داشته باشد تا بتواند مورد استناد و مبنای شناسایی اقدامات اصلاحی قرار گیرد. بنابراین در رویکرد رهیافت تاریخی، پدیده‌ها با توجه به «خاص بودگی و بی‌همتایی» خود بررسی و تحولات تاریخی شکل‌دهنده شرایط فعلی آنها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد [۱و۲].
بر این اساس به منظور شناسایی و تحلیل فرد تاریخی بخش انرژی و محیط زیست ایران باید به مسئله خاص چگونگی شکل‌گیری شرایط موجود در کشور در طول زمان (از تولید نفت به عنوان نقطه آغاز به هم تنیدگی اقتصاد کشور با انرژی) نگاه کرد. از یک سو پدیده‌های خارجی مؤثر بر شکل‌گیری این روند، منجر به تحولاتی در طول زمان شده‌اند و از طرف دیگر، سیستم عرضه و تقاضای انرژی کشور مطابق انتظار، با شرایط تحمیلی از خارج به گونه‌ای تطبیق یافته که اثرپذیری آن از عوامل خارجی مشابه پیشین تا حد زیادی کاهش یافته است. این ادعا با بررسی روند زمانی و نمایش تحولات شکل‌دهنده در این روند قابل تبیین است. باید توجه داشت که عدم دسترسی به داده‌های تاریخی مورد نیاز تحلیل در سال‌های دوری که پایه‌های شرایط امروز بنا گذاشته شده یک محدودیت رویکرد رهیافت تاریخی به شناسایی فرد پدیده‌ها است.
برای شناسایی فرد تاریخی شرایط بخش انرژی کشور لازم است که این تحولات با استفاده از یک شاخص مبنا

مورد مطالعه قرار گیرد. به عنوان مثال شدت انرژی به عنوان شاخص میزان انرژی مورد نیاز جهت ارائه یک واحد ارزش افزوده اقتصادی می‌تواند نمایش‌دهنده سطح غیربهینگی عرضه و تقاضای انرژی در کشور باشد. این شاخص در قدم بعد می‌تواند تفسیرکننده روند تغییرات شدت انتشارات آلاینده‌ها در کشور در طول زمان باشد به شکلی که بدون در نظر گرفتن فرد تاریخی علت انتشارات (در این مطالعه مصرف انرژی) شناسایی فردیت تاریخی مسئله مورد مطالعه (در این مطالعه میزان انتشارات) غیرممکن می‌شود.

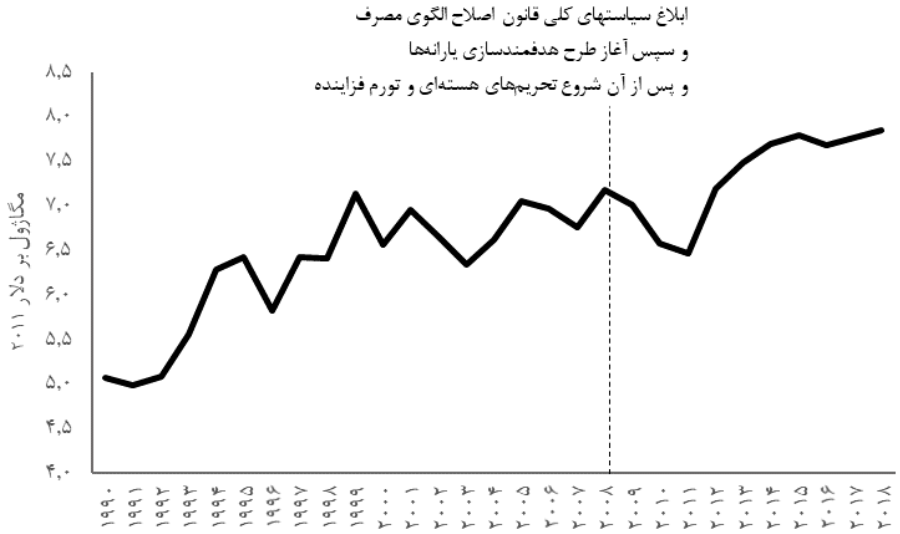
هر چه یک رهیافت تاریخی نگاه کامل‌تری به گذشته داشته باشد و افق بلندتری را در تاریخ رصد کند شناسایی فرد تاریخی پدیده‌ها دقیق‌تر خواهد بود. با این وجود با توجه به محدودیت دسترسی به شاخص‌های منعکس‌کننده شرایط تاریخی در گذشته، لازم است نقطه شکستی که شرایط محیطی بعد از آن منطق پایداری دارد و داده‌های مورد نیاز با دقت مناسبی در اختیار قرار دارد به عنوان سال شروع تحلیل رهیافت تاریخی مبنا قرار گیرد. شکل ۲ روند تولید نفت، گاز و انرژی در کشور را نمایش می‌دهد. با توجه به شکست مشاهده‌شده در روند تاریخی و شروع و تداوم دوره رشد اقتصادی پس از سال‌های پرتلاطم انقلاب اسلامی و جنگ تحمیلی، پایان جنگ تحمیلی را می‌توان نقطه شروع مناسبی برای تحلیل تاریخی یکپارچه وضع انتشارات زیست‌محیطی کشور دانست. برای ارزیابی تاریخی شرایط منتهی به شکل‌دهی وضع زیست‌محیطی امروز بخش انرژی از شاخص شدت انرژی به عنوان شاخص شدتی تبیین‌کننده انتشار آلاینده‌ها استفاده شده است. شکل ۳ روند تغییرات این شاخص در دوره معاصر را نمایش می‌دهد.



شکل ۲) تغییرات تقاضای انرژی در کشور طی زمان و نقاط اثر داخلی و خارجی [۱۱]

علی‌رغم اینکه بسیاری از تحولات تاریخی شدت انرژی به واسطه افزایش و کاهش تولید ناخالص داخلی و بر اثر نوسانات قیمت نفت و محصولات نفتی (به عنوان محرک‌های اصلی اقتصاد کشور) در بازارهای جهانی بوده اما در پاره‌ای موارد نیز تغییرات شدت انرژی وابسته به تغییرات مصرف انرژی بوده است. میزان مصرف انرژی و به تبع آن تحولات شدت انرژی در طول زمان، رابطه مستقیمی با سهم انرژی در سبد هزینه خانوار دارد [۲۸].

سیاست‌های مختلف داخلی و اتفاقات خارجی منجر به تغییر نسبی قیمت حامل‌های انرژی و در نتیجه تغییر الگوی مصرف شده‌اند. مجموعه‌ای از این سیاست‌ها در زیر ارائه شده است.



شکل ۳) روند تغییرات شاخص شدت انرژی اولیه بر اساس مگاژول انرژی مصرفی به ازاء یک دلار تولید ناخالص داخلی با فرض برابری قدرت خرید [۱۱]

۵-۱-۱) قوانین برنامه‌های پنج‌ساله سوم تا ششم توسعه (۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰)

در این برنامه‌ها (به عنوان مثال در برنامه ششم توسعه کشور) دائماً به سیاست‌های زیر برای رشد بهره‌وری انرژی اشاره شده است:

- ♦ شکل‌دهی بازار بورس انرژی
- ♦ حمایت مالی از طرح‌های تولید پسماند از انرژی
- ♦ هدفمندسازی یارانه‌های انرژی
- ♦ کاهش شدت انرژی به ویژه در بخش‌های خانگی و حمل و نقل
- ♦ توسعه طرح جامع انرژی کشور در وزارتخانه‌های نفت و نیرو
- ♦ تدوین سیاست‌های راهبردی توسعه انرژی کشور
- ♦ کاهش فلر کردن گاز در مشعل‌ها
- ♦ افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی کشور (حداقل ۲۰٪ از ظرفیت نیروگاهی در حال توسعه)

برنامه‌های پنج‌ساله توسعه کشور با اهداف بلندپروازانه‌ای تنظیم می‌شوند و بنابراین با توجه به بحران‌های سیاسی و اقتصادی با منشاء خارجی، دور از انتظار نیست که در بسیاری موارد این اهداف محقق نشوند اما به طور کلی این برنامه‌ها از میان سایر سیاست‌های حوزه انرژی کشور ضمانت اجرایی بالاتری دارند و می‌توانند منشاء اثر باشند.

قوانین بودجه سالانه کشور نیز منطبق با این برنامه‌های پنج‌ساله تنظیم و ارائه می‌شوند و در این قوانین نیز

همواره بخش انرژی به عنوان یکی از بخش‌های هزینه‌بر و درآمدزای دولت مورد توجه بوده است. به عنوان مثال در برنامه بودجه سال ۱۳۹۳، وزارتخانه‌های نفت و نیرو موظف به عقد قرارداد با بخش خصوصی در حوزه انرژی خصوصاً رشد بهره‌وری انرژی شده‌اند.

البته با توجه به هزینه فرصت صادرات انرژی در کشور، میزان هزینه‌کرد دولت در تأمین انرژی همواره بیش از درآمدهای این بخش بوده است. مطابق تخمین آژانس بین‌المللی انرژی، یارانه این بخش طی سال ۲۰۱۷ بالغ بر ۴۵ میلیارد دلار (۱۰/۴٪ از تولید ناخالص داخلی) بوده است[1] لیکن با توجه به تغییرات نرخ ارز انتظار می‌رود که این رقم در سال ۲۰۱۸ به حدود ۷۰ میلیارد دلار بالغ شود که در این صورت، یارانه بخش انرژی کشور حدود ۶۵۰ هزار میلیارد تومان (حدود ۱/۵ برابر بودجه عمومی کشور در سال ۱۳۹۸) تخمین زده می‌شود.

۵-۱-۲) قانون هدفمندسازی یارانه‌ها (از سال ۱۳۸۹)

این قانون یکی از قوانین اصلی بالادستی کشور در حوزه انرژی است که از سال ۱۳۸۹ با افزایش قیمت حامل‌های انرژی محقق شد. با توجه به تبعات تورمی اجرای این قانون و همچنین هم‌زمانی شوک اقتصادی ناشی از اجرای این قانون با تحریم‌های بین‌المللی، عملاً فازهای بعدی اجرای این قانون مطابق برنامه پیگیری نشد. علاوه بر این، کاهش نرخ برابری دلار با ریال، اثر افزایش قیمت در راستای سیاست کاهش فاصله نرخ حامل‌های انرژی در داخل کشور با هزینه فرصت معادل قیمت‌های جهانی آن را تا حد زیادی خنثی کرده است.

۵-۱-۳) قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی (۱۳۸۹ تا ۱۴۰۰)

هدف از قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی که بر اساس سیاست‌های کلی حوزه انرژی ابلاغی مقام معظم رهبری تنظیم و در دستور کار قرار گرفت کاهش شدت مصرف انرژی به دوسوم مقدار آن در سال پایه (۱۳۸۹) تا پایان برنامه پنجم توسعه و به نصف تا پایان برنامه ششم بوده است. اجرای این سیاست از طرق مختلف شامل ارزیابی انرژی واحدهای صنعتی، تدوین و اعمال استانداردهای مصرف انرژی مصرف‌کنندگان مختلف، طراحی و پیاده‌سازی نظام مدیریت انرژی، توسعه فناوری‌های بهینه انرژی، توسعه و حمایت از شرکت‌های خدمات انرژی، خرید تضمینی برق تجدیدپذیر از تولیدکنندگان بخش خصوصی و همچنین توسعه فرهنگ مصرف بهینه انرژی در سطح جامعه مدنظر بوده است.

۵-۱-۴) سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی (۱۳۹۴)

در این سیاست‌ها مسئله افزایش بهره‌وری انرژی و همچنین افزایش سهم ورودی صندوق توسعه ملی از درآمدهای حاصل از صادرات نفت و گاز (به منظور استقلال بیشتر بودجه کشور از منابع حاصل از فروش حامل‌های انرژی اولیه) در دستور کار قرار گرفته است.

۵-۱-۵) سیاست‌های کلی محیط زیست (۱۳۹۴)

در سیاست‌های کلی محیط زیست نیز توسعه اقتصاد سبز و سرمایه‌گذاری و توسعه فناوری‌های پایدار با استفاده از ابزارهایی چون مالیات سبز در نظر گرفته شده است.

۵-۱-۶) طرح جامع انرژی کشور (۱۳۹۵)

این طرح که با هدف برنامه‌ریزی بخش انرژی کشور تا سال ۱۴۲۰ در نظر گرفته شده به ضرورت کاهش شدت

1- https://www.iea.org/weo/energysubsidies/

انرژی و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی کشور اشاره دارد.

بر اساس قوانین و سیاست‌های کلان برشمرده‌شده فوق، پاره‌ای از سیاست‌ها سعی در رشد بهره‌وری انرژی با افزایش مشارکت بخش خصوصی داشته‌اند. از جمله این سیاست‌ها می‌توان به ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید (مصوب ۱۳۹۴) اشاره کرد که در قالب آن مصرف‌کننده‌ای که صرفه‌جویی انرژی داشته باشد می‌تواند انرژی صرفه‌جویی‌شده را با ضمانت دولت در هر بخش اقتصادی و هر منطقه‌ای از کشور، تحویل گرفته و به مصرف‌کننده دیگری بفروشد یا حتی صادر کند.

نمونه دیگری از این سیاست‌ها که نمونه توسعه‌یافته کاربری ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید است طرح بازار بهینه‌سازی انرژی و محیط زیست است که در سال ۱۳۹۶ به تصویب شورای عالی انرژی کشور رسیده است. این آئین‌نامه اجرایی به عنوان کاراترین سیاست اتخاذشده بر اساس درس‌های حاصل از بی‌حاصل بودن سیاست‌های پیشین شکل گرفته است. در ادامه به بررسی بیشتر ضرورت اتخاذ سیاست مذکور و کارایی آن با توجه به رهیافت تاریخی به بخش انرژی پرداخته شده است.

طی سالیان گذشته، در نظر بوده که هر کدام از این سیاست‌ها و رویکردها، نقطه عطفی در افزایش بهره‌وری انرژی و محیط زیست در کشور باشد اما به واسطه چالش‌های ناشی از اتفاقات خارجی و سوءمدیریت و برنامه‌ریزی‌های داخلی حاصل از عدم درک مناسب شرایط سیستم انرژی کشور و فردیت تاریخی آن، غالباً بسیار کمتر از انتظار منجر به بهبود بهره‌وری انرژی در کشور شده‌اند. به عنوان مثال در اثر قانون اصلاح الگوی مصرف، شدت انرژی در کشور نه تنها کاهش نیافت بلکه روند رو به رشد خود را نیز ادامه داد و یا تنها ۵٪ از تکلیف قانونی وزارت نیرو برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در قانون برنامه پنجم توسعه محقق شد. این واقعیت که در عمل پاره‌ای از این سیاست‌ها مطابق انتظار موفق نبوده‌اند نشان‌دهنده اهمیت شناسایی فرد تاریخی و بکارگیری رویکرد رهیافت تاریخی در تنظیم سیاست‌های بخش انرژی کشور است.

رشد فزاینده مصرف انرژی در کشور با سرعتی بالاتر نسبت به رشد اقتصادی که منجر به افزایش شدت مصرف انرژی در کشور شده به واسطه روند نزولی هزینه‌های انرژی در سبد هزینه خانوار بوده است. به بیان دیگر، افزایش قیمت انرژی در طول زمان به مراتب کمتر از تورم تجربه‌شده طی سال‌های گذشته بوده است. در مواردی هم که اصلاح قیمتی حامل‌های انرژی در دستور کار بوده شرایط خارجی امکان اثرگذاری مناسب را سلب کرده است. به عنوان مثال همانطور که در شکل ۳ نیز نمایش داده شده با ابلاغ قانون اصلاح الگوی مصرف در سال ۱۳۸۹، کاهش ۵۰٪ شدت انرژی در افق ۱۰ ساله هدف‌گذاری شد. بر این اساس مطابق قانون هدفمندسازی یارانه‌های انرژی در سال ۱۳۹۰، افزایش قیمت حامل‌های انرژی به منظور کنترل تقاضای انرژی در کشور طراحی و اجرا شد اما پس از چند ماه، در سال ۱۳۹۱ با شروع تحریم‌های هسته‌ای و بروز اثرات تورمی این تحریم‌ها، به واسطه ثابت ماندن قیمت حامل‌های انرژی، مجدداً سهم انرژی در سبد هزینه خانوار کاهش و به تبع آن روند افزایش شدت انرژی در کشور ادامه یافت.

همانطور که در مثال فوق تشریح شد تحولات تاریخی ناشی از سیاست‌های داخلی یا اثرات خارجی، منجر به شکل‌دهی شرایط بخش انرژی در کشور به گونه‌ای شده که بدون توجه به این ویژگی‌های تاریخی، تحلیل شرایط امروز این پدیده غیرممکن می‌نماید. این مسئله لزوم توجه به نقش رهیافت تاریخی در ارزیابی پدیده‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به وابستگی تاریخی اقتصاد کشور به قیمت‌های پائین حامل‌های انرژی و

چالش‌های بزرگ پیش روی بهینه‌سازی انرژی، هر گونه قانون‌گذاری‌های جدید، بدون در نظر داشتن این فردیت تاریخی، منجر به هزینه‌های بالای اجرای این قوانین و عدم کارایی کافی آنها در افزایش بهره‌وری انرژی می‌شود. با در نظر گرفتن این مسئله، بازار بهینه‌سازی انرژی و محیط زیست به عنوان یک سیاست بدیع توسعه یافته و در دستور کار قرار گرفته است.

۵-۲) مطالعه موردی نظام نوآوری مؤثر در بخش انرژی: بازار بهینه‌سازی انرژی و محیط زیست

باید به کمک رویکرد فوق و با درک طبیعت شرایط بخش انرژی کشور (ناشی از تحولات مختلف تاریخی که در طول زمان شرایط غیرمنعطف امروزی را ایجاد کرده) راهکارهای بهبود شرایط انرژی کشور طراحی و تنظیم شوند. در غیر این صورت به واسطه شناخت ناکافی از مسئله و چیستی خاصیت پدیده مورد مطالعه، سیاست‌های کلی بخش انرژی (که عموماً به طور مستقیم از تجربیات جهانی اخذ می‌شوند) نمی‌توانند کارایی لازم را داشته باشند. به عنوان مثال در یک نگاه اولیه همواره از عمده علت‌های مصرف بالای انرژی در کشور به قیمت پائین حامل‌های انرژی در کنار نرخ بالای بهره بانکی اشاره شده است. تغییر این نقاط اثر، اگر چه یقیناً نقش مؤثری در کاهش مصرف انرژی خواهند داشت اما بدون شناخت محدودیت‌های سیاست‌گذاری در شرایط اقتصادی آسیب‌پذیر جامعه، منجر به شکست سیاست‌های متداول اقتصادی می‌شود. در شرایط اقتصادی آسیب‌پذیری که سیاست‌گذاران کشور نمی‌توانند از کنترل تبعات افزایش قیمت حامل‌های انرژی مطمئن باشند (و این ویژگی با در نظر گرفتن روند تاریخی شکل‌گیری الگوی مصرفی انرژی در جامعه ایرانی قابل درک است) سیاست‌های تنظیم قیمت حامل‌های انرژی نمی‌تواند اجرایی شود.

بر این اساس، نظام نوآوری پویای کشور می‌تواند با رویکرد رهیافت تاریخی به پدیده پیش رو و شناسایی محدودیت‌های ذاتی سیستم انرژی کشور در ارائه راه‌حل‌های مبتنی بر اقتصاد رفتاری و منطبق با شرایط ویژه موجود، نقش‌آفرینی مؤثری داشته باشد. همین مسئله ایده شکل‌دهی بازار بهینه‌سازی انرژی و محیط زیست در کشور را جذاب و دارای اولویت می‌کند. ایده‌ای که در صورت اجرایی شدن، بدون نیاز به تغییر قیمت حامل‌های انرژی و با استفاده از فرصت فراهم‌شده در ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید، از پتانسیل اختلاف قیمت انرژی مورد تقاضا در بخش‌های مختلف اقتصادی کشور بهره جسته و امکان توجیه‌پذیری پاره‌ای از طرح‌های بهینه‌سازی انرژی (در شرایط فعلی قیمت انرژی) را فراهم می‌کند به گونه‌ای که پتانسیل‌های مالی و فنی بخش خصوصی کشور در حوزه بهینه‌سازی انرژی فعال شوند. شکل‌گیری این ایده البته نیازمند مجموعه‌ای از مهارت‌ها است: دانش اقتصاد انرژی؛ شناخت عمیق شرایط بخش انرژی کشور به کمک رهیافت تاریخی به موضوع؛ آشنایی با تجارب جهانی رشد بهره‌وری انرژی و همچنین هنر برقرار کردن ارتباط مؤثر بین بخش‌های پژوهشی، دانشگاه‌ها، شرکت‌های خدمات انرژی و همه ذینفعان بدنه حاکمیتی کشور در یک چارچوب یکپارچه. این تجمع دانش و جریان آن از محیط دانشگاه به سطح سیاست‌گذاری در کشور، یک تجربه موفق از پیاده‌سازی نظام نوآوری بخش انرژی و محیط زیست در کشور خواهد بود.

با توجه به فردیت تاریخی شرح داده‌شده در قسمت قبل، بازار بهینه‌سازی انرژی و محیط زیست مبتنی بر چند اصل برگرفته از تحلیل تاریخی بخش انرژی کشور است:

✓ در صورت پیاده‌سازی بوم مناسب کسب‌وکار، می‌توان بدون نیاز به وضع قوانین جدید در کشور و یا افزایش تنش‌زای قیمت حامل‌های انرژی، بخشی از پتانسیل بهینه‌سازی انرژی را با ایجاد انگیزه برای سرمایه‌گذار

خصوصی و شرکت‌های خدمات انرژی فعال کرد. این مسئله یک ضرورت ملی برای توسعه بهینه بخش انرژی است.

✓ این طرح از انعطاف موجود در ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید برای خرید و فروش بین‌بخشی انرژی صرفه‌جویی‌شده و اختلاف تعرفه بین بخش‌های مختلف مصرف‌کننده انرژی استفاده می‌کند.

✓ طرح مذکور از این واقعیت که در بخش‌های با تعرفه پائین بیشترین اتلاف انرژی رخ می‌دهد به عنوان یک فرصت بهره‌وری استفاده می‌کند.

✓ مشارکت تمامی نهادهای ذیربط حاضر در شورای عالی انرژی کشور برای اجرای این قانون اهمیت بالایی دارد. سازمان برنامه و بودجه، وزارت نفت، وزارت نیرو، سازمان حفاظت محیط زیست، سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی، سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت و سازمان ملی استاندارد از مشارکت‌کنندگان اصلی در این طرح هستند که می‌بایست با تقسیم وظایف بتوانند زمینه را برای نقش‌آفرینی سرمایه‌گذاران خصوصی فراهم کنند.

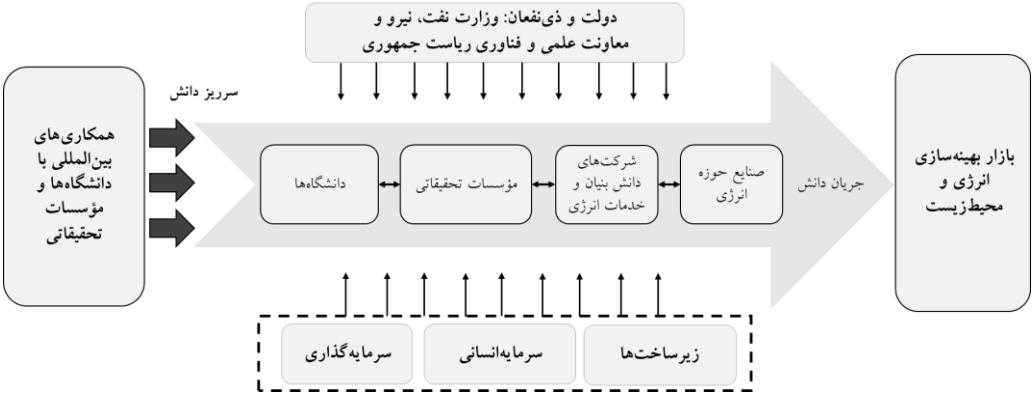
✓ خرید و فروش گواهی‌های انرژی صرفه‌جویی‌شده در ساختار بورس انرژی عمل خواهد کرد.

این اصول از تحلیل تاریخی بخش انرژی و درس‌های گرفته‌شده از سیاست‌های افزایش بهره‌وری آن در کشور نتیجه‌گیری و در طرح بازار بهینه‌سازی انرژی و محیط زیست به کار گرفته می‌شوند که انتظار می‌رود بتواند کارایی بهتری در ارتقاء کارایی بخش انرژی کشور ایجاد نماید.

در ادامه برای نشان دادن کاربرد عملی دیدگاه سیستمی مشروح در بخش چهارم و نیز چارچوب تحلیلی پیشنهادی این پژوهش، نحوه شکل‌گیری بازار بهینه‌سازی انرژی و محیط زیست در ایران به عنوان یک پیشران جدی در شکل‌دهی شبکه شرکت‌های دانش‌بنیان و همچنین شرکت‌های خدمات انرژی توضیح داده می‌شود. شکل ۴ الگوی نظری طرح بازار بهینه‌سازی انرژی و محیط زیست و فرآیند شکل‌گیری و تعامل بخش‌های مختلف سیستم در به سرانجام رساندن آن را نشان می‌دهد. این طرح از سال ۱۳۹۵ و پس از مطالعات گسترده بخش‌های مختلف سیستم انرژی و آسیب‌شناسی عوامل مؤثر در عملکرد نامناسب بهره‌وری انرژی در کشور و همچنین رصد تجربیات جهانی بهینه‌سازی انرژی مطرح شد. ایده اصلی این طرح توسط مدیریت وقت پژوهشکده علوم و فناوری انرژی دانشگاه صنعتی شریف ارائه شد که به دلیل آگاهی شکل‌گرفته در ساختار پژوهشی با استقبال پژوهشگران فعال در این حوزه مواجه گردید. گروه‌های پژوهشی مختلف فعال در پژوهشکده به سرعت بر طراحی و ارتقاء نظام پیاده‌سازی این طرح در سطح کشور و حوزه‌های مختلف انرژی و زیست‌محیطی فعال شدند. با بهره‌گیری از زیرساخت موجود در معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهوری، این طرح در جلسات متعددی با بخش‌ها و سازمان‌های مختلف مرتبط با بخش انرژی از جمله وزارت نفت به بحث و تبادل نظر گذاشته شد. نتیجه این فعالیت‌ها، ارائه طرح نهایی از طرف معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهوری به شورای عالی انرژی کشور (به عنوان تجمیع‌کننده همه بخش‌های ذینفع و بازیگران اصلی نهادی پیاده‌سازی طرح) بود که به تصویب این شورا رسید.

با شکل‌گیری بازار بهینه‌سازی انرژی و محیط زیست، تقاضا برای شرکت‌های دانش‌بنیان و خدمات انرژی به عنوان نهادهایی که توسعه و کاربردی‌سازی فناوری را پیگیری می‌کنند ایجاد می‌شود و در ادامه پژوهشکده‌ها و مؤسسات تحقیقاتی (نهادهایی که دانش را به فناوری تبدیل می‌کنند) و دانشگاه‌ها که توسعه دانش فنی را انجام

می‌دهند فعال می‌شوند و جریان دانش شکل می‌گیرد (به شکل ۴ توجه شود). همچنین در طول این مسیر سرمایه‌گذاری‌های مختلف، زیرساخت‌های نهادی و نیروی انسانی که در دانشگاه‌ها تربیت می‌شوند از ملزومات شکل‌گیری جریان دانش محسوب می‌شوند.



شکل ۴) نحوه شکل‌گیری بازار بهینه‌سازی انرژی و محیط زیست
بر اساس چارچوب تحلیلی پیشنهادشده در پژوهش

در دیگر سو با توجه به اهمیت بالای شکل‌دهی همکاری‌های بین‌المللی با مراکز معتبر علمی و پژوهشی جهان و کاهش هزینه‌های داخلی تحقیق و توسعه، بهره‌گیری از توان تحلیلی و تجارب بین‌المللی جهت طراحی و پیاده‌سازی این طرح در سطح کشور پیگیری شد که این فرصت در نتیجه توسعه تدریجی روابط بین‌المللی و اعتمادسازی از طریق تبادل پژوهشگر و اجرای پروژه‌های مشترک پژوهشی مهیا گردید. شکل‌دهی این همکاری بین‌المللی، به طور مشخص حدود سه سال به طول انجامید. برگزاری جلسات حضوری منظم و حضور پژوهشگران ایرانی در مراکز تحقیقاتی خارجی، نقش قابل توجهی در تبادل نظر، اعتمادسازی و در نهایت شکل‌دهی این همکاری بین‌المللی داشت. چنانچه مدیریت یکپارچه و ثبات در تصمیم‌گیری‌ها وجود داشته باشد این طرح می‌تواند تجربه موفقی از تربیت و بکارگیری توان علمی داخلی برای پرداختن به مشکلات اصلی کشور و نمونه موفقی از جلب همکاری‌های بین‌المللی در راستای منافع ملی باشد.

۶- راهکارهایی برای بهبود نظام نوآوری انرژی در ایران

پدیده شکست بازار، هم در زمینه نادیده انگاشتن هزینه‌های اجتماعی انتشار کربن و هم در زمینه عدم سرمایه‌گذاری بخش خصوصی به دلیل مسائل مالکیت معنوی، منجر به یک پاسخ سنتی سیاستی می‌شود. این پاسخ یک چارچوب سیاستی با تمرکز بر سازوکارهای بازار و تجارت انتشار گازهای گلخانه‌ای ایجاد و دولت‌ها را به سمت سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه سوق می‌دهد [۴۴] و این نیاز نیز دیده می‌شود که دولت‌ها در مراحل دیگر فرآیند نوآوری مانند دره مرگ[1] (مرحله گذار فناوری از معرفی به تجاری‌سازی) باید حمایت مضاعفی را انجام دهند. دلایل منطقی دیگری فراتر از شکست بازار هم برای مداخلات دولت‌ها وجود دارد. این

1- Valley of death

دلایل از دیدگاه نظام نوآوری نشأت گرفته می‌گیرند و اتصال و روابط بازیگران سیستم باید به خوبی شکل گیرند تا موانع ناشی از شکست سیستمی را برطرف سازند [۱۶]. با این مقدمه در ادامه برای هر بخش از چارچوب مفهومی ارائه‌شده، راهکارهایی برای بهبود نظام نوآوری انرژی و محیط زیست در ایران پیشنهاد می‌گردد[۱].

نظام نوآوری انرژی شامل طیف وسیعی از بازیگران مختلف است. اینکه تصویری کاملاً دقیق از دورنما و فعالیت‌های بازیگران نشان داده شود تبعاً امری بسیار دشوار است زیرا هیچ پایگاه اطلاعاتی جامعی از بازیگران فعال در این حوزه وجود ندارد. از این رو همواره درجه‌ای از عدم قطعیت وجود خواهد داشت که چه بازیگرانی در نظام نوآوری انرژی ایفاء نقش می‌کنند و چه بازیگرانی در این زمینه فاقد تأثیر هستند.

به صورت کلی در بخش بازیگران، از فعالیت‌های کارآفرینانه به عنوان هسته اصلی شکل‌گیری فناوری‌های نو غفلت شده است. ادامه فعالیت نظام نوآوری وابسته به فعالیت‌های کارآفرینان و بنگاه‌ها است. با بررسی نقش دولت‌ها در حمایت از فرآیندهای نوآوری زیست‌محیطی می‌توان نتیجه گرفت که تمرکز دولت‌ها نباید صرفاً پشتیبانی هدفمند از فناوری‌هایی خاص باشد و آنها باید چارچوبی کلی برای تشویق نوآوری‌های پایدار تنظیم نمایند. دولت‌ها باید شرایطی را ایجاد کنند که شرکت‌های خصوصی و صنایع مرتبط حاضر شوند ریسک سرمایه‌گذاری در این حوزه را بپذیرند. راهکارهایی که در این خصوص پیشنهاد می‌شود عبارتند از:

- ایجاد شبکه کارآفرینان، شرکت‌های دانش‌بنیان و فناور حول فناوری‌های انرژی کارآمد و زیست‌محیطی
- ایجاد بازارهای متناسب با فناوری‌های انرژی جهت ترغیب کارآفرینان و بخش خصوصی
- توسعه و اصلاح مراکز رشد و پارک‌های علمی و فناوری به منظور فراهم آوردن زمینه مناسب ورود کارآفرینان، شرکت‌ها و بنگاه‌های دانش‌بنیان و بازیگران جدید به این حوزه

در بخش شبکه‌ها، پیگیری خط‌مشی‌ها و اجرای برنامه‌های توسعه فناوری‌های کارآمد و زیست‌محیطی مستلزم تدوین دانش فنی است که این موضوع تحت‌الشعاع مأموریت‌های اصلی دستگاه‌های اجرایی فعال در بخش انرژی بوده و از این رو ایجاد شبکه‌هایی با وظیفه محوری توسعه دانش فنی، توسعه فناوری کارآمد انرژی و همچنین توسعه زیرساخت‌های لازم برای فعال شدن نهادها و عوامل اقتصادی دانش‌بنیان در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد. بر اساس مطالعات آژانس بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۱۱ نیمی از کارشناسان کشورهای عضو و کشورهای غیرعضو از آسیا، خاورمیانه و آفریقا به اهمیت نقش ارتقاء هماهنگی بین دولتی و بین دولت و سایر ذینفعان به عنوان یکی از ارکان لازم برای ارتقاء فناوری‌های انرژی در کشورهایشان اذعان داشته‌اند. بر این اساس، راهکارهای زیر جهت بهبود و توسعه شبکه‌های نظام نوآوری پیشنهاد می‌گردد:

- ایجاد شبکه دانشگاه و صنعت از طریق تعریف پروژه‌های مشترک و حمایت از آن در چارچوب نظام جامع فناوری‌های انرژی کارآمد و زیست‌محیطی
- توسعه بستر لازم برای شبکه اطلاعات انرژی از طریق اتصال و توسعه پایگاه‌های اطلاعات
- ایجاد شبکه بین کاربران، بنگاه‌های خدمات انرژی، عرضه‌کنندگان فناوری و سایر شبکه‌های اجتماعی مرتبط با هدف نفوذ فناوری‌های این حوزه
- ایجاد و حمایت از نهادها و بازیگران تسهیل‌کننده ارتباط در راستای پایدارسازی شبکه‌ها

۱- در این بخش، از سند ملی راهبردی انرژی [۳]، سند ملی توسعه دانش‌بنیان انرژی‌های تجدیدپذیر [۴] و گزارش مأموریت ستاد بهینه‌سازی انرژی و محیط زیست [۵] نیز بهره گرفته شده است.

در بخش سیاست‌گذاری نیز راهکارهای زیر پیشنهاد می‌گردد:

- هماهنگی عرضه و تقاضای سیاست‌های حوزه انرژی به منظور ایجاد سازوکارهای ارزیابی، بازخورد و اصلاح سیاست‌ها و قوانین حوزه انرژی به ویژه در سیاست‌هایی که به طور مستقیم به توسعه و کاربرد فناوری انرژی کارآمد مربوط می‌شود.
- ارزیابی، تدوین و اصلاح سیاست‌های دستوری مانند استانداردهای انرژی و زیست‌محیطی و حمایت از آن در هیأت دولت
- ارزیابی، تدوین و اصلاح سیاست‌های مالی و اقتصادی مانند انواع مالیات‌ها، تجارت حق اختراع، تعرفه خرید، مشوق‌ها و ...
- حمایت از سازوکارهای تسهیل‌کننده انتشار فناوری و حمایت از ایجاد نظام کارآمد مالکیت معنوی

در خصوص سیاست‌های زیست‌محیطی، بنگاه‌ها به این امر واقف هستند که تولید ضایعات و آلودگی در فرآیندهای تولیدی به صرفه نخواهد بود و با نوآوری‌های سیستمی و فرآیندی اقدام به صرفه‌جویی در هزینه‌های سازمانی و فرآیندی خود می‌کنند. همچنین اگر نوآوری بنگاه‌ها به طور گسترده نفوذ یابد ممکن است به عنوان پیشگامان اولیه این حوزه معرفی گردند. علاوه بر آن، افزایش آگاهی و آموزش مصرف‌کنندگان و مشتریان از اثرات زیست‌محیطی تصمیماتی که اتخاذ می‌شود می‌تواند به عنوان آغازکننده فشارهای جانبی به بنگاه‌ها برای کاهش این اثرات قلمداد شود.

از زاویه‌ای دیگر، دولت‌ها می‌توانند نوآوری سازگار با محیط زیست را به یکی از دو روش زیر مورد تشویق قرار دهند: اجرای مقرراتی که هزینه خصوصی انجام نوآوری را کاهش می‌دهند (یعنی فشار فناوری) و یا اجرای مقرراتی که درآمد حاصل از نوآوری خصوصی را افزایش می‌دهند (یعنی کشش تقاضا). مثال‌هایی از سیاست‌های فشار فناوری عبارتند از: حمایت دولتی از تحقیق و توسعه، اعتبارات مالیاتی برای بنگاه‌ها جهت هزینه کردن در بخش تحقیق و توسعه، افزایش ظرفیت انتقال دانش، حمایت از آموزش و پژوهش و تخصیص بودجه به پروژه‌هایی که در مرحله دره مرگ هستند. همچنین نمونه‌هایی از سیاست‌های کشش تقاضا عبارت است از: حمایت از قانون مالکیت معنوی، اعتبارات مالیاتی و تخفیف برای مصرف‌کنندگان فناوری‌های جدید، استانداردهای نظارتی و وضع مالیات بر فناوری‌های رقابتی. با توجه به ماهیت پیچیده فرآیند نوآوری زیست‌محیطی، باید در مراحل مختلف توسعه فناوری سیاست‌های متفاوتی اتخاذ شود.

در بخش تأمین منابع مالی، چالش اصلی محدودیت منابعی است که می‌توانند به نوآوری‌های انرژی و پایدار تخصیص داده شوند. اگر تلاشی در جهت تعیین اولویت تخصیص بودجه انجام نگیرد این خطر وجود دارد که منابع به شدت محدودتر شوند. بدیهی است که سازوکارهای مورد نیاز فعالیت‌های نوآورانه که همراه با ریسک بالا هستند نیازمند رویکردی متفاوت از تأمین منابع مالی برای سایر فناوری‌های موجود است. همچنین عدم وجود برخی نهادها مانند سرمایه‌گذاران خطرپذیر در حوزه انرژی‌های کارآمد ایجاب می‌نماید که قبل از شکل‌گیری این نهادها اقدامات زیر صورت گیرد:

- ✧ تهیه سازوکارهای متناسب برای تأمین مالی نظام نوآوری این حوزه
- ✧ بیمه سرمایه‌گذاری‌های بخش غیردولتی در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر
- ✧ سرمایه‌گذاری‌های مشترک بخش خصوصی و دولتی تا ایجاد و تثبیت تسهیل‌کنندگان مالی و ارتباطی بین

دانشگاه، صنعت و دولت

✧ شکل‌دهی صندوق‌های سرمایه‌گذاری این حوزه

✧ ایجاد سازوکار تأمین منابع مالی پایدار داخلی و خارجی برای خرید برق تجدیدپذیر

✧ اتصال نوآوران، فناوران و کارآفرینان به نظام‌های مالی

در انتهای این بخش به مفهوم مهم سرریز دانش به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در توسعه فناوری اشاره می‌گردد. با توجه به اینکه ایران یک کشور در حال توسعه محسوب می‌شود و بسیاری از فناوری‌های انرژی کارآمد در کشورهای توسعه‌یافته، ایجاد و توسعه پیدا کرده‌اند برای رسیدن به دانش روز این فناوری‌ها تعامل با کشورهای مزبور ضروری است که در این صورت، هزینه‌های توسعه و بومی شدن این فناوری‌ها، می‌تواند کاهش یافته و بازگشت سریع‌تری داشته باشد و زمینه توسعه فعال در حوزه انرژی برای کشور فراهم گردد. راهکارهای زیر در راستای ایجاد همکاری‌های بین‌المللی و به صورت کلی توسعه دانش انرژی پیشنهاد می‌گردد:

⌖ ایجاد ارتباط بنگاه‌های دانش‌بنیان داخلی با بنگاه‌های دانش‌بنیان و مراکز تحقیقاتی پیشرو بین‌المللی در حوزه انرژی کارآمد و زیست‌محیطی جهت تسهیل در انتقال دانش و فناوری

⌖ ایجاد ارتباط دانشگاه‌ها و مؤسسات تحقیقاتی داخلی با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی بین‌المللی پیشرو در حوزه انرژی کارآمد و زیست‌محیطی

⌖ برگزاری همایش‌ها و سمینارهای تخصصی برای شناسایی بازیگران و هم‌افزایی بین بازیگران شبکه‌ها و نیز معرفی فناوری‌های جدید این حوزه

۷- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

دیدگاه‌ها و نظریه‌های اصلی در پیشینه نوآوری، اشتراکات قابل توجهی با یکدیگر را نشان دادند. همگی برای ایجاد یک مفهوم یکپارچه مبتنی بر نگاه سیستمی از نوآوری در تلاش هستند تا درک ساختارها و فرآیندها را به صورتی جامع در نظر گیرند. سه مفهوم مرکزی بحث‌شده در این سیستم عبارتند از: بازیگران، نهادها و ارتباطات و تعاملات که شبکه‌ها را شکل می‌دهند. یعنی بنگاه دیگر تنها تصمیم‌گیر سیستم نخواهد بود و شبکه‌ای از بنگاه‌ها، مصرف‌کنندگان و عرضه‌کنندگان تحت تأثیر مسائل اجتماعی و سیاستی با یکدیگر تعاملی سازگار خواهند داشت.

در پژوهش حاضر ضمن شناسایی و مروری دقیق بر سیر تکامل فرآیندهای نوآوری از سال ۱۹۵۰ تا امروز، از مدل‌های خطی تا نوآوری سازگار با محیط زیست و با بهره‌گیری از تحلیل محتوای کیفی، چارچوبی تحلیلی جهت ارزیابی نظام نوآوری انرژی و محیط زیست ارائه گردید. این چارچوب بخش‌های مختلف نظام نوآوری را در قالب یک نظام به هم پیوسته و جامع مورد ارزیابی قرار می‌دهد که مهم‌ترین بخش‌های آن عبارتند از: مراحل مختلف فرآیند نوآوری، پیشرانان نوآوری، سیاست‌گذاری‌های دولت، سرمایه‌گذاری‌ها و تأمین منابع فرآیند و در انتها اثرات زیست‌محیطی انتشار فناوری‌های انرژی. همچنین با رویکرد رهیافت تاریخی در ارزیابی شرایط موجود بخش انرژی کشور، سمت و سوی مناسب توسعه نظام نوآوری انرژی و محیط زیست جهت تأثیرگذاری مناسب در ارتقاء بهره‌وری انرژی به بحث گذاشته شد. به عنوان یک مطالعه موردی، طرح بازار بهینه‌سازی

انرژی و محیط زیست به عنوان یک تجربه عملی از تربیت و بکارگیری توان علمی داخلی با پشتوانه‌ای نظری و یکپارچه، با هدف پرداختن به مشکلات اصلی کشور شرح داده شد. این طرح با تجمیع توان تخصصی در کنار نتایج ارزیابی مبتنی بر رهیافت تاریخی به بخش انرژی کشور، توانسته راهکاری مؤثر برای فعال‌سازی مشارکت ملی در بهینه‌سازی انرژی در کشور در شرایط حاکم (قیمت‌های پائین حامل‌های انرژی و محدودیت‌های ناشی از آسیب‌پذیری اقتصاد ملی در اثر تنظیم قیمت‌ها) بخش انرژی ارائه کند. به طور کلی به منظور توسعه اقتصاد دانش‌بنیان و بهبود نظام حاکم بر صنعت انرژی کشور، سه شبکه حرفه‌ای شامل شبکه علمی حوزه انرژی، شبکه شرکت‌های دانش‌بنیان و شبکه بنگاه‌های تجاری و شرکت‌های خدمات انرژی پیشنهاد گردید. استقرار سه شبکه مذکور می‌تواند به پوشش فرآیند تولید دانش، تبدیل دانش به فناوری و محصول و نیز بکارگیری محصولات دانش‌بنیان برای کارآمدسازی و بهینه‌سازی انرژی و محیط زیست در کشور کمکی بنیادی نماید.

با توجه به آنچه در این مقاله تا به اینجا مورد بحث قرار گرفت و نظر به راهکارهایی که برای بهبود نظام نوآوری انرژی در ایران ارائه گردید درس‌های سیاستی برای نوآوری‌های انرژی و سازگار با محیط زیست در سطح کشور را می‌توان در قالب موارد ذیل احصاء نمود:

- اولویت‌بندی فناوری‌ها و الگوی جدید تخصیص بودجه‌های دولتی برای توسعه فناوری‌های انرژی پایدار می‌بایست بر اساس یک نگاه جامع و یکپارچه تنظیم گردد (شکل ۱). در این الگو اثرات اجتماعی، سیاستی، فنی و اقتصادی بر روند توسعه نوآوری و فناوری به صورت هم‌زمان تحلیل می‌گردد.
- حمایت از ایجاد یک شبکه منسجم از تحقیق و توسعه بین صنعت، دانشگاه‌ها و مؤسسات تحقیقاتی یک ضرورت در فرآیند توسعه فناوری به خصوص قبل از تجاری‌سازی محسوب می‌شود (حلقه‌های میانی شکل ۱).
- حمایت‌های دولتی باید میان تمرکز بر توسعه مقیاس بالا و توسعه یک یا دو نمونه اولیه از فناوری‌های نوظهور، توازنی را ایجاد نمایند (در مقایسه با حمایت گسترده از تمامی طرح‌های جدید) و بنابراین از تخصیص بودجه و حمایت از فناوری‌های خاص نباید غافل گردید اما این پشتیبانی باید مدت‌دار بوده و سیاست‌گذاران تصمیم بگیرند که این حمایت چه زمانی باید قطع شود.
- از ایجاد انجمن‌های قدرتمند به منظور انتشار دانش مربوطه و ایجاد ائتلاف‌های حمایتی برای اثرگذاری بر روند سیاست‌گذاری و قانون‌گذاری انرژی‌های پاک (مستطیل سمت چپ در شکل ۱) حمایت شود.
- ارزیابی‌های منظم و دوره‌ای از برنامه‌های پشتیبانی توسعه نوآوری و فناوری انجام و حلقه‌های یادگیری (رجوع شود به اثرات یادگیری در شکل ۱) جهت روزآمد کردن و بهبود مستمر سیاست‌ها ایجاد گردد.
- تعرفه‌های مالیاتی بر فناوری‌های خاص جهت تحریک رشد بازار و تخفیف برای مصرف‌کنندگان فناوری‌های جدید وضع گردند.
- سیاست‌های نوآوری نیاز جدی به مواجهه با سیستم طبیعی و بسته (قفل‌شده) سیستم‌های فعلی انرژی دارند. زیرساخت‌های انرژی، نهادها و سیاست‌ها باید توسعه یابند و تغییرات رادیکالی برای مقابله با تغییرات اقلیمی یک ضرورت به حساب می‌آید. بنابراین سیاست‌های دولتی باید دریچه سیستم‌های انرژی را به سوی فناوری‌های جدید و مدل‌های تجاری رادیکالی باز کنند و اطمینان یابند که نهادها و زیرساخت‌های موجود، گسترش فناوری‌ها را تسهیل خواهند کرد.
- در نهایت به منظور رشد اثربخشی نظام نوآوری کشور در ارتقاء بهره‌وری انرژی، رهیافت تاریخی در شناسایی

ویژگی‌های وضع موجود بخش انرژی و محیط زیست و عوامل مؤثر بر تحولات آن در طول زمان، یک ضرورت اساسی است. در نتیجه این رویکرد، سیاست‌های مؤثر در بهبود شرایط موجود شناسایی شده و قابل اجرا خواهد بود. ایده بازار بهینه‌سازی انرژی و محیط زیست، مبتنی بر همین رویکرد در چارچوب نظام نوآوری بخش انرژی کشور تنظیم شده و در حال اجرا است.

پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی نیز رو به رو بوده که مهم‌ترین آن فقدان داده‌های کمّی برای ارزیابی دقیق نظام نوآوری انرژی و محیط زیست بوده است. اگر چه مطالعات اندکی (مانند [۲۷]) سعی در کمّی‌سازی این ارزیابی داشته‌اند اما توسعه پایگاه داده و تحقیقات بیشتر در این خصوص با تمرکز بر چارچوب جامعی که در این مقاله توسعه داده شد می‌تواند از اصلی‌ترین کارهای آینده در این زمینه به شمار آید. از جمله راهکارهای پیشنهادی، انجام یک پیمایش نوآوری انرژی در کشور است که قبل‌تر به صورت بسیار مناسبی در کشور دانمارک انجام شده است. همچنین توسعه مدل‌های ارزیابی تخصیص بهینه منابع در فرآیند توسعه نوآوری و فناوری می‌تواند از جمله پژوهش‌های مفیدی باشد که یک ابزار تحلیلی مناسب را در اختیار سیاست‌گذاران قرار می‌دهد و به آنها کمک می‌کند تا بر اساس منطقی مشخص، تصمیمات مربوط به اولویت‌بندی در تخصیص بودجه را اتخاذ نمایند.

منابع References

[۱] توفیق، ابراهیم. **گفتگو با دکتر ابراهیم توفیق درباره جامعه‌شناسی تاریخی در ایران.**
http://www.behboodmodiriat.ir/data/jmi/news/%20%D8%AA%D9%88%D9%81%DB%8C%D9%82-%20%D8%B1%D9%87%DB%8C%D8%A7%D9%81%D8%AA%20%D8%AA%D8%A7%D8%B1%DB%8C%D8%AE%DB%8C.pdf

[۲] زارعی، آرمان. **تاریخ‌گرایی؛ رهیافتی برای فهم امر انسانی.**
http://www.behboodmodiriat.ir/data/jmi/news/%20%D8%AA%D8%A7%D8%B1%DB%8C%D8%AE%DB%8C%20%D8%B2%D8%A7%D8%B1%D8%B9%DB%8C.pdf

[۳] هیأت دولت. (۱۳۹۶). **سند ملی راهبردی انرژی کشور.**

[۴] شورای عالی انقلاب فرهنگی. (۱۳۹۳). **سند ملی توسعه دانش‌بنیان انرژی‌های تجدیدپذیر.**

[۵] معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهوری. (۱۳۹۳). **گزارش مأموریت ستاد بهینه‌سازی انرژی و محیط زیست.**

[6] Andersen, M. M. (2005). ***Eco-innovation indicators, Background paper for the workshop on eco-innovation indicators.*** *EEA.*

[7] Baiyere, A. (2018). ***Fostering Innovation Ecosystems – Note on the 2017 ISPIM Innovation Forum.*** *Technovation, 69(C), 1.*

[8] Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., & Rickne, A. (2008). ***Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis.*** *Research Policy, 37(3), 407-429.*

[9] Bergek, A., Jacobsson, S., & Sanden, B. (2008). ***'Legitimation' and 'development of positive externalities': two key processes in the formation phase of technological innovation systems.*** *Technology Analysis & Strategic Management, 20(5), 575-592.*

[10] Bossle, M., Barcellos, M., Vieira, L., & Sauvee, L. (2016). ***The drivers for adoption of eco-innovation.*** *Journal of Cleaner Production, 113, 861-872.*

[11] BP. (2018). ***BP Statistical Review of World Energy.***

[12] Cai, W., & Li, G. (2018). ***The drivers of eco-innovation and its impact on performance: Evidence from China.*** *Journal of Cleaner Production, 176, 110-118.*

[13] Carlsson, B., & Stankiewicz, R. (1991). ***On the nature, function and composition of technological systems.*** *Journal of Evolutionary Economics, 1(2), 93-118.*

[14] David, P. A. (1985). ***Clio and the Economics of QWERTY.*** *The American economic review, 75(2), 332-337.*

[15] Freeman, C., & Perez, C. (1988). ***Structural crises of adjustment.*** *In Dosi et al..*

[16] Foxon, T. J., Gross, R., Chase, A., Howes, J., Arnall, A., & Anderson, D. (2005). ***UK innovation systems for new and renewable energy technologies: divers, barriers and systems failures.*** *Energy Policy, 33(16), 2123-2137.*

[17] Foxon, T. (2003). ***Inducing Innovation for a low-carboon future: drivers, barriers and policies.*** *– Areport for The Carbon Trust, The carbon Trust.*

[18] Geels, F., Sovacool, B., Schwanen, T., & Sorrel, S. (2017). ***Sociotechnical transitions for deep decarbonization.*** *Science, 375(6357), 1242-1244.*

[19] Grubler, A., Nakicenovic, N., & Victor, D. G. (1999). ***Dynamics of energy technologies and global change.*** *Energy Policy, 27(5), 247-280.*

[20] He, F., Miao, X., Wong, C., & Lee, S. (2018). ***Contemporary corporate eco-innovation research: A systematic review.*** *Journal of Cleaner Production, 174, 502-526.*

[21] Hekkert, M. P., Suurs, R. A. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. H. M. (2007). ***Functions of innovation systems: A new approach for analyzing technological change.*** *Technological Forecasting and Social Change, 74(4), 413-432.*

[22] Jacobsson, S., & Bergek, A. (2004). ***Transforming the Energy Sector: the evolution of technological systems in renewable energy technology.*** *Industrial and Corporate Change, 13(5), 815-849.*

[23] Kemp, R., & Foxon, T. (2007). ***Eco-innovation from an innovation dynamics***

perspective. *Measuring Eco-Innovation. EU Sixth Framework Programme.*
[24] Kline, S., Rosenber, G. (1986). ***An overview of innovation.*** *In: Landau, R., & Rosenberg, N. (eds), The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth. Washington, DC, National Academy Press.*
[25] Lundvall, B-A. (1992). ***National System of Innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning.*** *Pinter publisher, London.*
[26] Lundvall, B. A. (1988). ***Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to national systems of innovation.*** *Technical change and economic theory.*
[27] Miremadi, I., Saboohi, Y., & Jacobsson, S. (2018). ***Assessing the performance of energy innovation system: Towards as established set of indicators.*** *Energy Research & Social Science, 40, 159-176.*
[28] Moshiri, S. (2015). ***The effects of the energy price reform on households consumption in Iran.*** *Energy Policy, 79, 177-188.*
[29] Negro, S. O., & Hekkert, M. P. (2008). ***Dynamics of Technological Innovation Systems: Emperical Evidence for Functional Patterns.***
[30] Hekkert, M. P., & Negro, S. O. (2009). ***Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims.*** *Technological forecasting and social change, 76(4), 584-594.*
[31] Nelson, R., & Winter, S. (1997). ***In search of useful theory of innovation.*** *Research Policy, 6, 36-76.*
[32] Nelson, R. (1959). ***The simple economics of basic research.*** *Journal of Political Economy, 67(3), 297-306.*
[33] Nelson, R., & Winter, S. (1982). ***An evolutionary Theory of Economic Change.*** *Harvard University Press.*
[34] Nelson, R. (1994). ***The co-evolution of technology, industrial structure, and supporting institutions.*** *Industrial and Corporate Change, 3(1), 47-63.*
[35] Nelson, R. (1993). ***National Innovation System: A comparative analysis.*** *Oxford University Press.*
[36] Nemet, F. G. (2007). ***Policy and innovation in low-carbon energy technologies.*** *Dissertation Abstracts International, 68, 8.*
[37] Ociepa-Kubicka, A., & Pachura, P. (2017). ***Eco-innovations in the functioning of companies.*** *Environmental Research, 156, 284-290.*
[38] Ruttan, V. W. (2001). ***Technology, Growth and Development: An Induced Innovation Perspective.*** *Oxford University Press.*
[39] Schumpeter, J. A. (1934). ***The Theory of Economic Development.*** *Harvaed University Press.*
[40] Speirs, J., Foxon, T., & Pearson, P. (2008). ***Review of Current Innovation Systems Literature in the context of Eco-Innovation.*** *Measuring Eco-Innovation.*
[41] Solow, R. (1957). ***Technical change and the aggregate production function.*** *Review of Economics and Ststistics, 39, 312-320.*
[42] Utterback, J. M. (1994). ***Mastering the Dynamics of Innovation: How companies can size opportunities in the face of technological change.*** *Harvard Business Press.*
[43] Van de Ven, A. H. (2007). ***Engaged scholarship: a guide for organizational and social research.*** *Oxford; New York: Oxford University Press.*
[44] Watson, J. (2008). ***Setting Priorities in Energy Innovation Policy: Lessons for the UK.*** *ETIP Discussion Paper Series, Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard University.*
[45] Winskel, M., & Moran, B. (2008). ***Innovation theory and low carbon innovation: Innovation processes and innovations systems.*** *Edinburgh University.*
[46] Yin, Robert K. (2003). ***Case Study Research: Design and Methods.*** *Thousand Oaks, Calif: Sage Publications.*