DOI: http://dx.doi.org/10.22104/jtdm.2015.181

تحلیل پویای کارکردی- ساختاری توسعه فناوری در چارچوب نظام نوآوری فناورانه؛ مورد مطالعه: فناوری تولید همزمان برق و حرارت

حسین حیرانی*[۱]
سیدحسن قدسی‌پور[۲]
ناصرباقری مقدم[۳]
حسن کریمیان[۴]

چکیده

امروزه با توجه به تحولات گسترده جهانی، کشورها با آینده‌ای روبرو هستند که انجام برنامه‌ریزی راهبردی در امور پژوهش و فناوری برای افزایش بهره‌وری و استفاده بهینه از سرمایه‌های موجود در کشور ضرورتی اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. دولت‌ها باید برای توسعه‌ی یک فناوری نوظهور در جامعه مداخله کنند و بستر رقابتی را برای توسعه آن فراهم نمایند. پیش‌نیاز این مداخله، تحلیل دقیق حوزه‌ی فناورانه و سیاست‌گذاری در جهت رفع چالش‌ها و مشکلات موجود بر سر راه توسعه فناوری است.

در این مقاله یک روش‌شناسی برای شناسایی مشکلات سیستمی توسعه حوزه‌ی فناورانه خاص بر پایه چارچوب نظام نوآوری فناورانه ارائه می‌شود. با شناسایی این مشکلات (فاز تحلیل) می‌توان سیاستهایی را در جهت رفع موانع توسعه فناوری در کشور پیشنهاد نمود. در پایان روش‌شناسی پیشنهادی در فناوری تولید همزمان برق و حرارت در ایران بکار گرفته‌شده و مشکلات سیستمی بر سر راه توسعه این فناوری شناسایی می‌شود.

کلمات کلیدی:

تحلیل نظام نوآوری فناورانه، مشکلات سیستمی، سیاست‌گذاری توسعه فناوری، فناوری تولید همزمان برق و حرارت، ایران

---

۱. دانشجوی دکتری سیاستگذاری علم و فناوری، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور
* نویسنده عهده دار مکاتبات: heirani@nrisp.ac.ir
۲. عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۳. عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور
۴. کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۱- مقدمه

مسیرهای حال حاضر توسعه اقتصادی در جهان امروز پایدار نیست. از طرف دیگر با توجه به تحولات گسترده جهانی، کشورها با آینده‌ای روبرو هستند که انجام برنامه‌ریزی راهبردی در امور پژوهش و فناوری برای افزایش بهره‌وری و استفاده بهینه از سرمایه‌های موجود در کشور ضرورتی اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. ازاین‌رو سیاست‌گذاران در تلاش‌اند تا مسیر تغییرات فناورانه را با استفاده از سیاست‌های نوآوری تغییر دهند. (اتحادیه اروپا[1] ۲۰۱۱)

سیاست‌گذاری نوآوری درواقع مجموعه اقداماتی است که دولت (بخش عمومی) جهت تسهیل در فرآیند نوآوری انجام می‌دهد. البته تغییر فناورانه از دیدگاه جامعه‌شناسی مفهومی گسترده‌تر از تولید یک فناوری جدید پیدا کرده و تا دگرگونی در ساختارهای اقتصادی-اجتماعی را نیز شامل می‌شود. با برخورداری از دو ویژگی چندوجهی بودن تغییر و نیز تکاملی (تدریجی) بودن آن، از تغییر فناوری به‌صورت یک مسیر گذار[2] یاد می‌شود. گذار عبارت است از مجموعه‌ای از فرایندهای تدریجی[3]، پیوسته در طول زمان، چندسطحی[4]، چند مرحله‌ای[5] و شتاب‌دهنده‌ای[6] که با هدف ایجاد تغییرات فراگیر در ابعاد اجتماعی، فنی، اقتصادی به وقوع پیوسته و منجر به دگرگونی نظام‌های اجتماعی-فنی موجود می‌گردد (Geels, 2002; Rotmans, Kemp, & Van Asselt, 2001).

در ادبیات رویکردهای مختلفی جهت توصیف، تحلیل و سیاست‌گذاری فرآیند گذار فناورانه توسعه یافته‌اند. مارکارد و همکاران (۲۰۱۲) این مدل‌ها را در ۴ دسته اصلی قرار داده‌اند (Markard,Raven,&Truffer,2012): دیدگاه چندسطحی[7] (Geels&Schot,2007;Geels,2002)، مدیریت گذار[8] (Loorbach & Rotmans, 2006; Rotmans et al., 2001)، مدیریت راهبردی آشیانه‌ها[9] (Rob Raven, Van den Bosch, & Weterings, 2010; RPJM Raven, 2005)، نظام نوآوری فناورانه[10] (Bergek, Jacobsson, & Hekkert, 2006; M. P. M. P. Hekkert,

1 . European Commission
2 . Transition pathway
3 . Gradual
4 . Multi-level
5 . Multi-stage
6 . Reinforcing
7 . Multi-level perspective (MLP)
8 . Transition Management (TM)
9 . Strategic Niche Management (SNM)
10 .Technological Innovation System (TIS)

(Suurs, Negro, Kuhlmann, & Smits, 2007; Marko P Hekkert & Negro, 2009).

براســاس رویکرد نظام نوآوری فناورانه، راهبری فرآیند گذار فناورانه را می‌توان به دو فاز تحلیل و سیاست‌گذاری تقسیم‌بندی کرد (Moallemi, Ahmadi, Afrazeh, & Bagheri Moghaddam, 2012). فاز تحلیل شــناخت جامعی از اجزا، روابط، پویایی، مشــکلات و محرک‌های موجود در مسیر توسعه را ارائه میدهد. در فاز سیاست‌گذاری نیز براساس شناخت حاصل از فاز تحلیل، شرایط و بسترهای لازم در قالب گزینه‌های سیاستی در جهت رفع مشکلات و تقویت محرک‌های پیش‌روی توسعه فراهم می‌گردد. تاکنون مطالعات زیادی برای شناسایی مشکلات سیستمی در چارچوب نظام نوآوری فناورانه انجام شده‌است (Bergek & Jacobsson, 2003; Foxon & Pearson, 2007; Kamp, Smits, & Andriesse, 2004; Negro, Vasseur, Sark, & Hekkert, 2012; Barbara Praetorius, Martiskainen, Sauter, & Watson, 2010; Sinke, Swens, Janson, & Witte, 2008; Söderholm, Ek, & Pettersson, 2007; Unruh, 2000; Walz, 2007). (Wieczorek & Hekkert, 2012) با جمع‌بندی کلیه دســته‌بندی‌های صورت پذیرفته در زمینه مشکلات سیستمی، چارچوب جدیدی برای شناسایی آن‌ها ارائه و ادعا نموده که چارچوب کارکردی-ساختاری معرفی‌شده در ایــن مقاله کلیه دســته‌بندی‌های گذشــته را نیز پوشــش می‌دهد. درحالی‌که، در روش‌شناســی معرفی‌شــده توجهی به پویایی نظام نشده‌اســت. درحالی‌که (R. A. A. Suurs & Hekkert, 2009) یکــی از روش‌هــای تحلیل نظام نوآوری را ارزیابی بر پایــه پویایی نظام معرفی می‌کند و درنظرگرفتن پویایی سیستم را در تحلیل امری ضروری می‌داند.

در این مقاله ســعی می‌شود با ترکیب دو رویکرد تحلیل کارکردی-ساختاری و نیز تحلیل دینامیک کارکردی نظام نوآوری فناورانه، یک روش‌شناســی یکپارچه و جامع برای شناسایی مشکلات سیستمی نظام نوآوری حول فناوری ارائه گردد. در بخش بعد ابتدا نظام نوآوری فناورانه به اختصار تشریح می‌شود. در ادامه‌ی این بخش رویکردهای تحلیل نظام نوآوری فناورانه معرفی می‌شود. در بخش سوم چارچوب نظری روش‌شناسی معرفی و در بخش چهارم روش‌شناسی معرفی شده در حوزه فناوری تولید همزمان برق و حرارت در ایران اجرا می‌شود. در بخش آخر نیز، نتیجه گیری و پیشنهاد مطالعات آینده ارائه می‌گردد.

۲- مرور مبانی نظری و پیشینه تحقیق

۲-۱- مبانی نظری تحقیق

در قسمتی از ادبیات مربوط به نظام‌های نوآوری، برخی از محققان بر نظام‌های فناورانه نوآوری تمرکز

کرده‌انـد (B Carlsson & Stankiewicz, 1991; Bo Carlsson, Jacobsson, Holmén, & Rickne, 2002; Jacobsson & Johnson, 2000). نظام‌هـای نوآوری فناورانه به تحلیل نوآوری از منظر تغییرات نهادی، سازمانی، اقتصادی، سیاسی، و فنی پیرامون ظهور فناوری‌های جدید می‌پردازد. این رویکرد بر پایه ی نظر کارلسون و استنکویکز(۱۹۹۱) درباره نوآوری شکل گرفته‌است که مهمترین محرک‌های خلق، انتشار و بهره‌برداری از نوآوری‌های فناورانه را در تعاملات نظام‌مند کنش‌گران، تحت زیرسـاخت‌های نهادی می‌داند (B Carlsson & Stankiewicz, 1991). آن‌ها در مقاله‌ی خود نظام نوآوری فناورانه را اینگونه تعریف کرده‌اند:

«شبکه‌ای پویا از عاملان[1] که در یک ناحیه‌ی اقتصادی/صنعتی تحت زیرساخت‌های نهادی خاص با یکدیگر در تعامل بوده و در تولید، انتشار و بهره‌برداری از فناوری سهیم هستند»

نقطـه‌ی آغاز تحلیل یک نظـام فناورانه نوآوری بر یک منطقه جغرافیایی یا بخش صنعتی متمرکز نیسـت، بلکه بر یک فناوری یا یک زمینه فناورانه متمرکز اسـت. رویکرد نظام نـوآوری فناورانه دارای مشـخصه‌های عمومـی رویکردهای نظام نوآوری اسـت. با این وجود، دو مشـخصه، ایـن رویکرد را از رویکردهای دیگر متمایز می‌سازد. اوّلین مشخصه، تأکید رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر نقش شایستگی اقتصادی، توانایی توسـعه و اسـتفاده از فرصت‌های جدید کسـب‌وکار به‌عنوان جنبه‌ای مهم از نوآوری فناورانه می‌باشد. از این جهت، می‌توان این رویکرد را به‌عنوان بازگوکننده‌ی کارآفرین افسانه‌ای شومپیتر در نظـر گرفت (Schumpeter & Redvers, 1961). تمرکز بر فعّالیت‌های کارآفرینانه، مکمّل تأکید بر جریان‌های دانش اسـت. مشـخصه‌ی دوّم، تمرکز زیاد آن بر پویایی نظام است (R. a. a. Suurs & Hekkert, 2009) (Bergek, 2002; M.P. Hekkert, Suurs, Negro, Kuhlmann, & Smits, 2007; Negro, Hekkert, & Smits, 2007; Negro, Suurs, & Hekkert, 2008).

به دلیل اینکه نظام نوآوری فناورانه، رویکردی سیستمی به فرایند توسعه فناوری دارد، نظام نوآوری فناورانه را با دو رویکرد ساختاری (مؤلفه‌ها و ارتباطات میان آن‌ها) و کارکردی (فعالیت‌هایی که نظام باید در راستای انتشار نوآوری انجام دهد) بررسی می‌کنند. در ادامه این دو رویکرد مختصراً تشریح می‌شود.

۲-۱-۱- رویکرد ساختاری

در طول سـالیان گذشـته محققین حوزه نظام‌های نـوآوری به تعریف اجزای سـاختاری این نظام از

1 . Agents

منظر خود پرداخته‌اند. تعدادی از محققین عناصر ساختاری را بسیار گسترده و بعضی محدود تعریف کرده‌اند (Lundvall, 1992). تعریف محدود شـــامل سازمان‌ها و نهادهایی است که درگیر جستجو و تحقیق هستند مانند دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و غیره. تعریف گسترده شامل همه بخش‌های ساختاری یک اقتصاد و نهادهایی اســـت که بر یادگیری، تحقیق‌وتوسعه فناوری اثر می‌گذارند: فروش، بازاریابی، تأمین مالی و... این تعریف منطبق بر تعریف کارلســـون و استانکوویکس(۱۹۹۱) است که یک TIS را به‌عنوان یک شبکه اجتماعی از بازیگران و نهادها (قواعد بازی) ایجاد شده حول فناوری تعریف کرده‌اند (B Carlsson & Stankiewicz, 1991). جدول زیر عناصر ساختاری را از نظر محققین صاحب‌نظر این حوزه نشان می‌دهد:

جدول ۱- مؤلفه‌های ساختاری نظام نوآوری فناورانه در مقالات مختلف

منبع	مؤلفه‌ها							
Bo Carlsson &) (Stankiewicz, 1991	شبکه‌ای از بازیگران	نهادهای (قواعد بازی) ایجاد شده اطراف یک فناوری						
(Lundvall, 1992)	سازمان‌ها	نهادها						
Edquist & Johnson,) (1997	سازمان‌ها	نهادها	ارتباطات					
Jacobsson & John-) (son, 2000	بازیگران و توانایی آن‌ها	شبکه	نهادها					
Kuhlmann & Ar-) (nold, 2001	تقاضا	چارچوب موردنظر	نظام صنعت	نهادهای واسطه‌ای	نظام تحقیق و آموزش	نظام سیاسی	زیرساخت	
Markard &) (Truffer, 2008	بازیگران	نهادها	شبکه	فناوری				
Wieczorek & Hek-) (kert, 2012	بازیگران	نهادها	ارتباطات/ شبکه	زیرساخت‌ها				

گفتنی اســـت در این مقاله از دسته‌بندی وایزورگ و هکرت (Wieczorek & Hekkert, 2012) که براساس جمع‌بندی کلیه دسته‌بندی‌های گذشته صورت پذیرفته، استفاده می‌شود:

جدول ۲- اجزای ساختاری نظام نوآوری فناورانه (Wieczorek & Hekkert, 2012)

ابعاد ساختاری	زیربخش‌ها
بازیگران	جامعه غیر نظامی، شرکت‌ها: مانند بنگاه‌های کسب‌وکار کوچک و متوسط، شرکت‌های چندملیتی و...، دولت، سازمان مردم‌نهاد بخش‌های دیگر: مانند سازمان‌های قانون‌گذاری، بانک‌ها/ نهادهای مالی، نهادهای واسطه‌ای، کارگزاران دانشی، مشاورین
نهادها	سخت: قوانین، مقررات، دستورالعمل‌ها
	نرم: نرم‌ها، عادت‌های رایج، رسوم، سنت‌ها، انتظارات و...
تعاملات	در سطح ارتباطات فردی
	در سطح شبکه
زیرساختها	فیزیکی: مانند ابزارهای فنی، ماشین‌ها، ساختمان‌ها، جاده‌ها، پل‌ها و ...
	دانشی: مانند دانش، تخصص، مطالعات راهبردی
	مالی: مانند سوبسید، وام و...

۲-۱-۲- رویکرد کارکردی (فرایندی)

هدف هر نظام نوآوری فناورانه تحقق اهداف فرایند نوآوری شامل خلق، انتشار و بهره‌برداری از فناوری است که در قالب توسعه‌ی فناورانه، به ظهور می‌رسد. مجموعه‌ای از فعالیت‌های مختلف که بر فرایند نوآوری تأثیر می‌گذارند، کارکردهای نظام نوآوری فناورانه نام می‌گیرد. کارکردها، فرایندهایی هستند که وجود آن‌ها در شکل‌گیری TIS ضروری است.

در جدول شـــماره ۳ انواع دســـته‌بندی کارکردها که محققین به آن‌ها پرداخته‌اند آورده شده‌است. گفتنی است در این مقاله از دسته‌بندی ۷تایی هکرت و همکاران (۲۰۰۷) که دارای بیشترین استناد در مقالات این حوزه می‌باشد استفاده خواهد شد. نظام نوآوری فناورانه دارای ماهیتی پویا است و در طول زمان و حتی موقعیت جغرافیایی دچار تغییر می‌شود. از طرفی برای توسعه فناوری براساس این رویکرد باید نظامی شـــکل بگیرد که کارکردهای خاصی را در جهت انتشار نوآوری انجام دهد. این کارکردها و تقدم و تأخر آن‌ها بسته به اینکه نظام در چه مرحله‌ای از توسعه باشد متفاوت است. سورس (۲۰۰۹) پویایی نظام را در چهار مرحله و در هر مرحله یک نوع خاصی از تقدم و تأخر را برای کارکردها در نظر

می‌گیرد که آن‌ها را موتورهای محرک نوآوری نام می‌نهد (R. a. a. Suurs & Hekkert, 2009). این موتورها با مراحل توسعه نظام در ارتباط و عبارتنداز: موتور محرک علم‌وفناوری، موتور محرک کارآفرینی، موتور محرک شـکل‌دهی به سیسـتم و موتور محرک بازار (R. a. a. Suurs & Hekkert, 2009). درواقع در هر مرحله از توسعه نظام یکی از این موتورها فعال است و با رفتن از یک مرحله به مرحله‌ی بعد، پویایی کارکردهای نظام، از یک موتور به موتور بعدی منتقل می‌شـود. شـکل شـماره ۱ ارتباط موتورهای محرک نوآوری را با مراحل توسعه نظام نشان می‌دهد.

۲-۲- مرور سوابق و پیشینه تجربی تحقیق

از ابتدای شکل‌گیری ادبیات TIS، محققین مختلف با رویکردهای متفاوت به تحلیل و سیاست‌گذاری فرآیند توسـعه فناوری در چارچوب این مدل پرداخته‌اند. در ادامه هریک از این رویکردها به اختصار تبیین و سپس رویکرد بکارگرفته شده در این مقاله معرفی می‌گردد:

۲-۲-۱- تحلیل بر پایه ارزیابی خروجی نظام

ایـن رویکـرد تحلیـل اغلـب در ابتـدای پیدایـش نظـام نـوآوری فناورانـه یعنـی در انتهـای دهـه ۱۹۸۰ و ابتـدای دهـه ۱۹۹۰ مـورد اسـتفاده قـرار می‌گرفـت. عملکـرد خروجـی یـک نظـام نـوآوری فناورانـه معمـولاً بـه صـورت انتشـار فنـاوری تعریـف می‌شـود. بـرای مثال درحوزه فناوری انرژی‌های پایدار کاهش انتشار co_2 می‌تواند به‌عنوان شاخص عملکرد خروجی در نظر گرفته شود. (R. A. A. Suurs & Hekkert, 2009)

نقطـه ضعف ایـن رویکرد در این نکته خلاصه می‌شـود که در مرحله شـکل‌گیری TIS به علت مشـخصات و ویژگی‌هـای نظـام، شـاخص‌های مرتبـط بـا خروجی به خوبـی مبین عملکـر نظام نیسـتند و نبایـد با وزن خیلی زیاد ارزش‌گذاری شـوند. اما بـا در نظر گرفتن یک زمـان طولانی از شـروع فرآینـد توسـعه فناوری، خروجـی یک معیـار اصلی بـرای ارزیابی نظـام نـوآوری فناورانه اسـت. معروف‌ترین کاربرد این رویکرد انجام پروژه «نظام فناورانه سوئدورقابت‌پذیری آینده[1]» در سال ۱۹۸۷ می‌باشد(Jacobsson & Oskarsson, 1995).

۲-۲-۲- تحلیل بر پایه عوامل ساختاری نظام

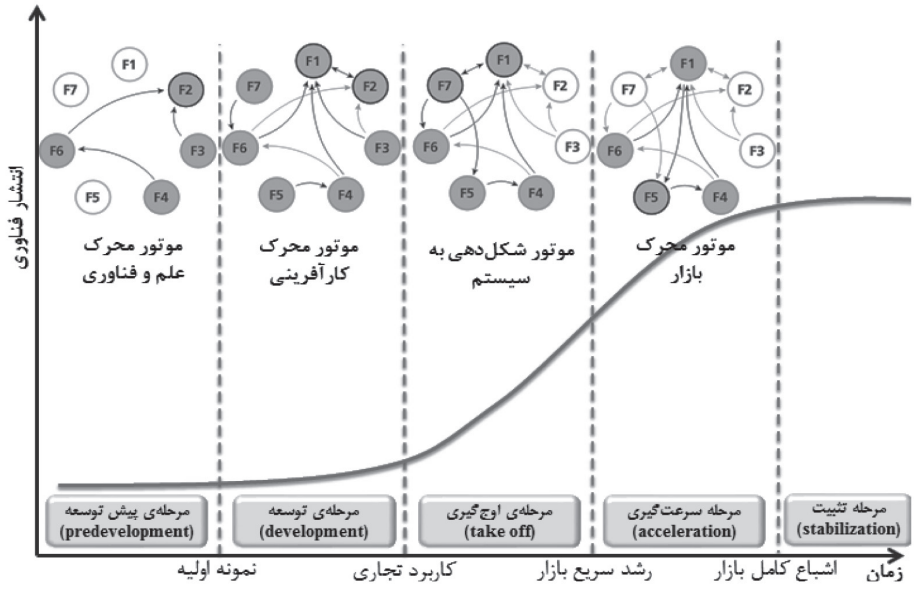
این رویکرد تحلیل به‌عنوان ابتدایی‌ترین رویکرد تحلیل TIS شـناخته می‌شـود. بیشترین کاربرد این

1 . Sweden's Technological System and Future Competitiveness

رویکرد به دهه ۱۹۹۰ برمی‌گردد. در این دهه تحلیل بر پایه مفهوم نظام‌های نوآوری و باتکیه بر عوامل ساختاری بطور عمده در ۴ حوزه گسترش یافت (Carlson & Jacobson, 1997; Bo Carlsson & Stankiewicz, 1991; Jacobsson & Johnson, 2000):

- **حوزه‌های دانشی:** فناوری پودر، فناوری مواد زیستی، تکنولوژی مایکرویو و ...
- **محصولات:** ماشینهای NCو...
- **در سطح صنعت:** صنعت دارو
- **در سطح بخش:** بخش سلامت

(Markard & Truffer, 2008) به تحلیل نظام نوآوری فناورانه از دید بازیگران می‌پردازد. روهراچر و همکاران (۲۰۰۹) به تحلیل نهادها در قالب نظام نوآوری فناورانه پرداخته است (Rohracher, Truffer, & Markard, n.d.). (Musiolik & Markard, 2011) نیزبه تحلیل عامل ساختاری تعاملات و شبکه‌ها در قالب نظام نوآوری فناورانه پرداخته‌اند.



شکل ۱- ارتباط موتورهای محرک نوآوری با مراحل توسعه TIS

(M. Hekkert, Negro, Heimeriks, & Harmsen, 2011)

جدول ۳- کارکردهای نظام نوآوری فناورانه در مقالات مختلف

مراجع	کارکردها								
سورس و هکرت (۲۰۰۹)؛ سورس و همکاران (۲۰۱۰)؛ سورس و همکاران (۲۰۰۹)	فعالیت‌های کارآفرینی	توسعه دانش	انتشار دانش	جهت‌دهی به جستجو	شکل‌دهی بازار	تأمین و تخصیص منابع	حمایت از سوی گروه‌های پشتیبان		
ون آلفن و همکاران (۲۰۰۹)b	فعالیت‌های کارآفرینی	توسعه دانش	انتشار دانش	جهت‌دهی به جستجو	شکل‌دهی بازار	تأمین و تخصیص منابع	ایجاد مشروعیت		
ون آلفن (۲۰۰۹)a	فعالیت‌های کارآفرینی	خلق دانش	انتشار دانش	جهت‌دهی به جستجو	ایجاد بازار	تخصیص منابع	مشروعیت‌بخشی		
برگک و همکاران ۲۰۰۸؛ جاکوبسون ۲۰۰۸	آزمایش‌های کارآفرینی	توسعه و انتشار دانش		تأثیرگذاری بر جهت‌دهی تصمیمات	شکل‌دهی بازار	تأمین و تخصیص منابع	مشروعیت‌بخشی	اثرات جانبی مثبت[1]	
الکمید و همکاران ۲۰۰۷؛ هکرت و نگرو ۲۰۰۹؛ هکرت و همکاران ۲۰۰۷؛ نگرو و همکاران ۲۰۰۸	فعالیت‌های کارآفرینی (F1)	توسعه دانش (F2)	انتشار دانش از طریق شبکه‌ها (F3)	جهت‌دهی به جستجو (F4)	شکل‌دهی بازار (F5)	تأمین و تخصیص منابع (F6)	ایجاد مشروعیت/غلبه بر مقاومت در برابر تغییر (F7)		
نگرو و همکاران ۲۰۰۷	فعالیت‌های کارآفرینی	توسعه دانش	انتشار دانش	جهت‌دهی به جستجو	شکل‌دهی بازار	تأمین و تخصیص منابع	حمایت توسط گروهای پشتیبان		
ادکویست ۲۰۰۵		تحقیق و توسعه	شبکه‌سازی	تأمین حداقل‌های کیفی	شکل‌دهی بازار محصول جدید	تأمین مالی فرایند نوآوری			
جاکوبسون و برگک ۲۰۰۴		ایجاد دانش جدید		هدایت فرایند جستجو	شکل‌گیری بازار	تأمین منابع		اثرات جانبی مثبت	
لی و وایت ۲۰۰۱	اجرا	تحقیق	ارتباط		مصرف نهایی	آموزش			
ریکن ۲۰۰۰	ایجاد و انشار محصول جدید	انجام تحقیقات بازار	افزایش شبکه‌سازی	هدایت تکنولوژی	ایجاد بازار و انتشار دانش بازار	ایجاد نیروی انسانی	مشروعیت‌بخشی فناوری و بنگاه		
جانسون ۱۹۹۸			هموارسازی تبادل دانش و اطلاعات	کاستن از عدم تعیین	ایجاد و شبیه‌سازی بازار	تأمین منابع	غلبه بر مقاومت در برابر تغییر		

1 . Positive externalities

۲-۲-۳- تحلیل بر پایه کارکردهای سیستم

پیدایش این رویکرد پس از تکامل نظام نوآوری فناورانه در فاز تحلیل و مشخص شدن عدم کفایت تحلیل عوامل ساختاری در دهه ۲۰۰۰ صورت پذیرفت. ایده اصلی در این رویکرد این‌است که عناصر ساختاری باید به درستی هدایت شوند تا کارکردهای نظام بهبود یابند. البته هیچ استانداردی برای ارزیابی عملکرد هریک از کارکردهای نظام به صورت یک آستانه‌ای که باید سیستم بهتر از آن باشد وجود ندارد. به عبارتی نظام نوآوری حالت بهینه یا مطلوب قطعی ندارد. یعنی براساس طبیعت این نظام، تعریف موفقیت یا شکست نمی‌تواند به‌طور قطعی مشخص شود. پس به جای آن، موفقیت و شکست میبایست براساس معیارها و شاخص‌های فرآیندی و میانی صورت پذیرد.

برگک و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی یک روش‌شناسی برای تحلیل کارکردی نظام نوآوری فناورانه پیشنهاد می‌دهد (Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark, & Rickne, 2008). جاکوبسون (۲۰۰۸) عملکرد کارکردهای نظام نوآوری فناورانه تولید برق از زیست‌توده در سوئد را تحلیل می‌کند (Jacobsson, 2008). همچنین هکرت و همکاران (۲۰۰۷) نیز به طراحی چارچوبی برای تحلیل کارکردی نظام نوآوری فناورانه می‌پردازد (M.P. Hekkert et al., 2007).

در انتهای دهه ۲۰۰۰ انجام پژوهش‌های مرتبط منجر به پیدایش و رشد دو مفهوم عمده در باب تحلیل TIS گردید:

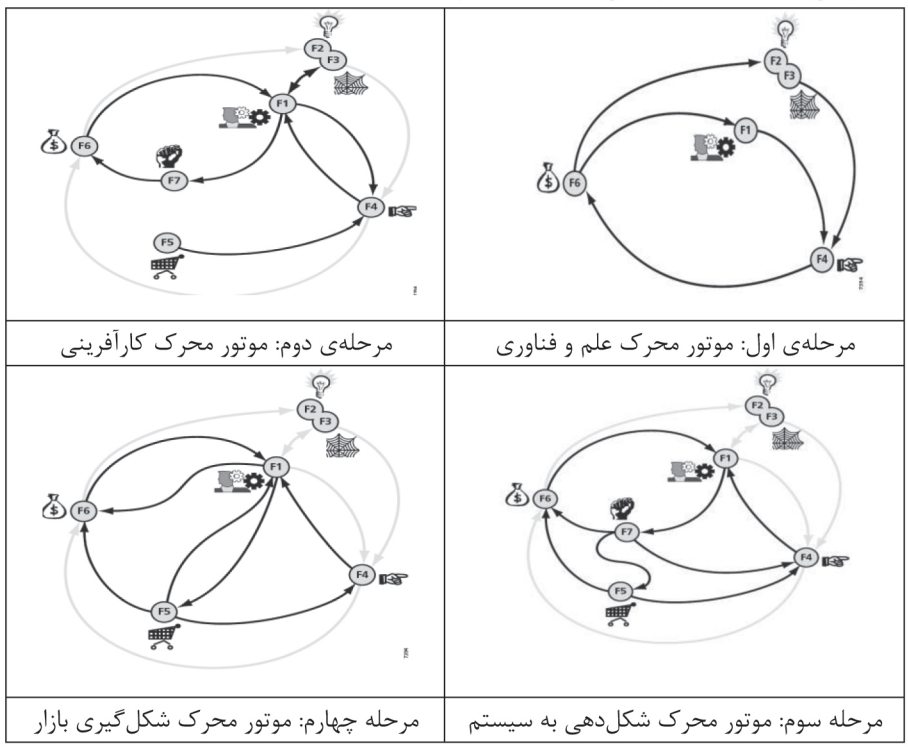
- تکامل شناسایی عوامل کارکردی و درک اهمیت پویایی بین کارکردها؛ پیدایش مفهوم موتورهای نوآوری(R. A. A. Suurs & Hekkert, 2009)
- عدم کفایت تحلیل کارکردی و ساختاری نظام به تنهایی؛ پیدایش مفهوم تحلیل توأمان کارکردی-ساختاری (Wieczorek & Hekkert, 2012)

۲-۲-۴- تحلیل بر پایه دینامیک بین کارکردها (موتورهای نوآوری)

در طول زمان فعّالیت‌های مختلفی در کارکردها به وقوع می‌پیوندد. این موضوع باعث می‌شود تا کارکردها ماهیتی پویا داشته و در طول زمان تغییر نمایند. در این میان، یکی از قدرتمندترین عوامل ایجاد پویایی، تعاملات میان کارکردی بوده که در ادبیات نظام‌های نوآوری، اصطلاح موتورهای نوآوری پایدار[1] را برای آن انتخاب نموده‌اند (R. a. a. A. Suurs, Hekkert, & Smits, 2009; R. A. A.

1 . The Motors of Sustainable Innovation

(Suurs, Hekkert, Kieboom, & Smits, 2010; R. a. a. Suurs & Hekkert, 2009). ایـــن موتورها از مجموعه‌ای از حلقه‌های علی تجمعی (تعاملات میان حداقل دو کارکرد) تشکیل شده‌است. براســـاس ادبیات، مهمترین رویکرد برای ارزیابی عملکرد یک نظام، ارزیابی کردن عملکرد انباشته[1] آن است. این مفهوم از عملکرد با موتورهای نوآوری ارتباط دارد (R. A. A. Suurs & Hekkert, 2009). در ایـــن رویکرد تحلیل نظام بر پایه ارزیابی چرخه‌های مثبت و منفی صورت می‌پذیرد. به‌طور دقیق‌تر نقاط قوت و ضعف موجود برســـر راه تکامل موتور نوآوری فعال شناســـایی می‌گردد. از آنجاکه موانع و محرک‌های کارکردی و ساختاری معمولاً در چرخه‌های مثبت و منفی معنی پیدا می‌کند، تحلیل نظام براســـاس موتورهای نوآوری نســـبت به رویکردهای قبلی بیشـــترین اطمینان را از بابت حصول اهداف تحلیل فراهم می‌آورد. شکل زیر پویایی کارکردی نظام نوآوری فناوری (موتورهای محرک نوآوری) را نشان می‌دهد:



مرحله‌ی اول: موتور محرک علم و فناوری

مرحله‌ی دوم: موتور محرک کارآفرینی

مرحله سوم: موتور محرک شکل‌دهی به سیستم

مرحله چهارم: موتور محرک شکل‌گیری بازار

شکل ۲- پویایی کارکردی نظام نوآوری فناورانه (موتورهای محرک نوآوری)

1 . Cumulative performance

از مهمترین تحقیقات صورت پذیرفته در این زمینه می‌توان به سورس و همکاران (۲۰۰۹ و ۲۰۱۰) اشاره کرد که به ترتیب روند توسعه‌ی فناوری‌های هیدروژن و پیل سوختی و گاز طبیعی را در کشور هلند با استفاده از این رویکرد تحلیل می کند (R. a. a. A. Suurs et al., 2009; R. A. A. Suurs et al., 2010).

در این دو مطالعه چهار مرحله‌ی شـکل‌گیری نظام از منظر پویایی کارکردی تحلیل شـده و عملکرد مسـیر توسـعه در هر مرحله با شناسایی موانع و محرک‌های موجود سـنجیده می‌شود. با بکارگیری رویکردی مشـابه، ون آلفن و همکاران (۲۰۰۹) به بررسـی عملکرد نظام نوآوری فناورانه سیستم‌های ذخیره‌سازی دی‌اکسیدکربن کشور نروژ می‌پردازد (Van Alphen, van Ruijven, Kasa, Hekkert, & Turkenburg, 2009). ون آلفـن (۲۰۱۰) ایـن تحلیل را برای کشـور آمریکا نیز انجام می‌دهند (van Alphen, Hekkert, & Turkenburg, 2010). آلکمیـد و همکاران (۲۰۰۷) نیز به بررسـی روند توسعه‌ی فناوری باد در کشور امریکا براساس نمایش پویایی سیستم در طول زمان پرداخته‌است (Alkemade, Kleinschmidt, & Hekkert, n.d.). همچنین معلمی و همکاران (۲۰۱۲) براساس ارزیابی عملکرد موتورهای نوآوری، به تحلیل روند توسـعه فناوری پیل سوختی در ایران پرداخته‌است (Moallemi et al., 2012).

۲-۲-۵- تحلیل توامان کارکردی – ساختاری

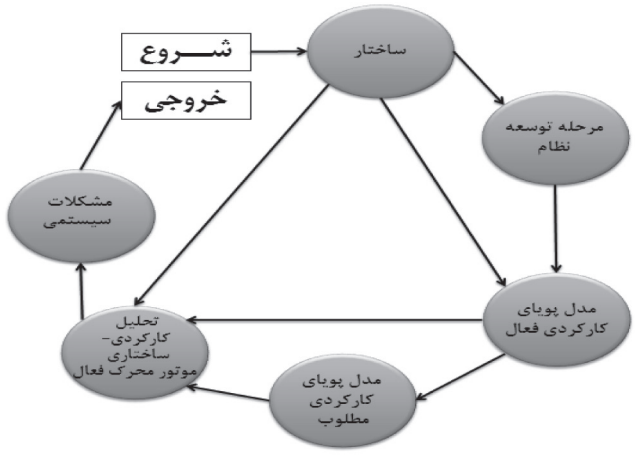
براسـاس ادبیات، اجزای ساختاری نظام نوآوری بر کارکردها تأثیرگزارند (M. P. M. P. Hekkert et al., 2007; Hillman & Sandén, 2008; Markard & Truffer, 2008). از طرف دیگر کارکردها مشـخص می‌کنند که سـاختار چگونه توسـعه پیدا کند (Hillman & Sandén, 2008; R. a. a. Suurs & Hekkert, 2009). همچنین در فاز شکل‌گیری نظام، عوامل ساختاری از کارکردها بازخورد می‌گیرنـد (Bergek, Jacobsson, & Sandén, 2008; Hellsmark & Jacobsson, 2009; Jacobsson, 2008; Markard & Truffer, 2008)thus, emergence and growth of new socio-technical systems. This paper contributes to an improved understanding of the formative phase of new technological innovation systems (TIS. در ایـن رویکـرد ایده اصلی بر این اصل استوار است که براساس رابطه و تأثیر متقابل کارکردها و عوامل ساختاری، علت ضعف یا قوت هریک از کارکردهای سیستم، عوامل ساختاری مرتبط با آن کارکرد هستند. بنابراین در این رویکرد عوامل ساختاری ضعیف مرتبط با هریک از کارکردها شناسایی و از طریق کاربست ابزارها

و توصیه‌های سیاستی عنصر ساختاری ضعیف تقویت شده و بدین ترتیب مشکلات موجود بر سر راه توسعه نظام برداشته می‌شود (Wieczorek & Hekkert, 2012). نقطه ضعف این رویکرد عدم توجه به تعاملات بین کارکردها و تحلیل هر کارکرد به صورت مجزاست.

براساس مطالب فوق، به نظر می‌رسد بهترین رویکرد جهت تحلیل نظام نوآوری فناورانه رویکردی است که اولاً عوامل کارکردی و ساختاری را در ارتباط و در تعامل با هم بررسی کرده و در وهله دوم تأثیر کارکردهای سیستم بر یکدیگر و یا به عبارتی پویایی بین کارکردی را نیز درنظر گیرد. فلذا روش‌شناسی بکارگرفته شده در این مقاله براساس ترکیب دو رویکرد تحلیل کارکردی-ساختاری و موتورهای نوآوری می‌باشد. نمایش این الگوی تحلیلی در شکل ۳ قابل مشاهده می‌باشد.

۳- روش‌شناسی انجام تحقیق

روش‌شناسی بکار رفته در این تحقیق براساس طرح‌واره معرفی شده از سه بخش اصلی تشکیل شده‌است. شکل ۴ مراحل این روش‌شناسی را نشان می‌دهد:



شکل ۳- طرح‌واره تحلیل نظام نوآوری فناورانه

شکل ۴- مراحل مختلف روش‌شناسی پیشنهادی

در ادامه هریک از مراحل روش‌شناسی به‌طور مختصر شرح داده خواهد شد:

۳-۱- بخش اول: شناخت وضعیت موجود نظام

بدیهی اســت مرحله اول تحلیل هر سیســتم، شــناخت و تبیین وضعیت موجود سیستم است. در فاز شناخت وضعیت موجود یک TIS، ابتدا حوزه فناورانه و مرز نظام تبیین و سپس مرحله توسعه نظام و موتور محرک نوآوری مرتبط با مرحله توسعه مشخص می‌گردد:

۳-۱-۱- مرحله اول: تعیین مرز سیستم

مرزبندی محیط توســعه فناوری باعث می‌گردد تا سیستم از محیط اطراف خود جدا شده و تحلیل از قابلیت کنترل بالاتری در ارائه نتایج برخوردار باشــد (Kaufmann & Tödtling, 2001). مرزبندی سیســتم می‌بایست براســاس دو بعد توصیفی و محتوایی صورت پذیرد. مرزبندی توصیفی با مشخص نمودن مرز جغرافیایی و واحد تحلیل، عمق و گستردگی سیستم تحت مطالعه را معین می‌کند. مرزبندی جغرافیایی به سه دسته‌ی منطقه‌ای، ملی و فراملی تقسیم می‌شود (Edquist, 2001) و واحد تحلیل در نظام نوآوری فناورانه را می‌توان به صورت یک حوزه دانشی، محصول فناورانه یا مجموعه‌ای از محصولات مرتبط به هم و با هدف برآوردن کارکردی خاص مورد بررسی قرار داد(Bo Carlsson et al., 2002).

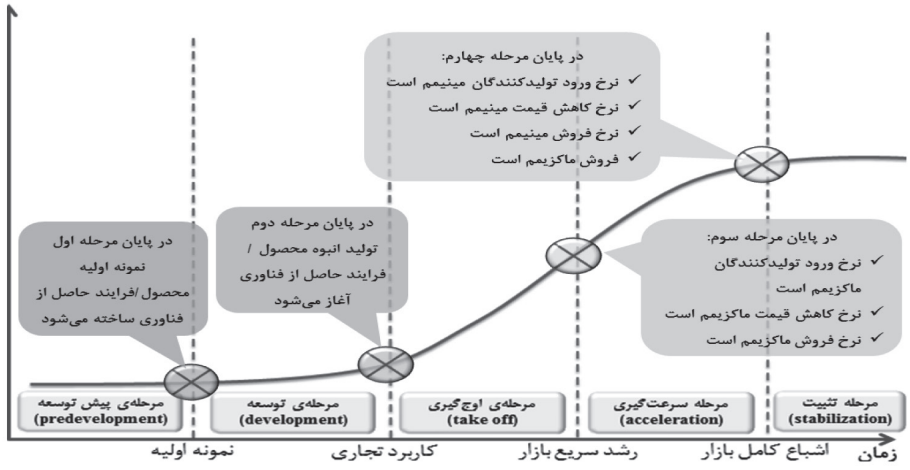
از طرف دیگر، مرزبندی محتوایی نیز همان شناسایی و تبیین اجزای ساختاری سیستم به تفکیک هر کارکرد است (Markard & Truffer, 2008; Musiolik & Markard, 2011; Truffer, 2008) .

جدول۴: واحدهای تحلیل توسعه فناوری (برگرفته از (Bo Carlsson et al., 2002))

سطح تحلیل	هدف تحلیل
حوزه دانشی	تأکید بر یک فناوری و زیرفناوری‌های آن با درنظرگیری قابلیت استفاده در کاربردها و محصولات مختلف
محصول	محوریت قرار گرفتن یک محصول و بررسی فناوری‌ها و کاربردهای مرتبط با آن
واحدصنعتی	بررسی یک بازار خاص و مجموعه‌ی بهم پیوسته‌ای از محصولات موردنیاز یک حوزه

۳-۱-۲- مرحله دوم: شناسایی مرحله توسعه فناوری و موتور محرک فعال متناظر

همانطورکه در قسمت قبل بیان گردید مرحله شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه از چهار مرحله پیش‌توسعه، توسعه، اوج‌گیری و سرعت‌گیری تشکیل شده که در هریک از این مراحل یکی از موتورهای نوآوری تحقق می‌یابند. به منظور شـــناخت وضعیت توسعه فناوری در کشور میبایست مرحله‌ی توسعه نظام در کشور و به‌دنبال آن موتور محرک نوآوری متناظر آن تبیین گردد. تعیین مرحله توســعه نظام معمولاً براساس یکسری شاخص‌های مرزی که درواقع نشانه‌های تحقق هر مرحله هستند و تطبیق ویژگی‌های ساختاری هر مرحله با شرایط فناوری موردنظر در جامعه صورت می‌پذیرد (M. Hekkert et al., 2011).



شکل۵- نشانه‌های تحقق مراحل توسعه نظام نوآوری فناورانه

جدول ۵- ویژگی مراحل توسعه به تفکیک عناصر ساختاری برای تعیین مرحله‌ی نظام نوآوری فناورانه

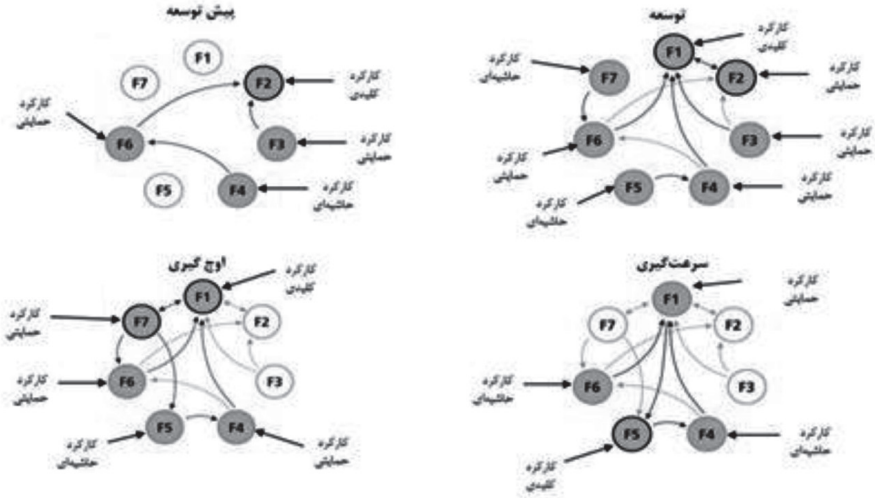
	پیش‌توسعه	توسعه	اوج‌گیری	سرعت‌گیری	تعادل
بازیگران	√ دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی √ نقش تسهیل‌گری دولت کم‌کم شکل می‌گیرد.	√ شرکت‌های دانش‌بنیان علاوه بر دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی √ ورود شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر √ پررنگ شدن نقش دولت در سیاست‌گذاری	√ انجمن‌ها و سندیکاها شکل گرفته‌اند √ افزایش شرکت‌های دانش‌بنیان √ پررنگ شدن نقش دولت در سیاست‌گذاری	√ افزایش تعداد رقبا در توسعه فناوری √ نقش پررنگ بانک‌ها و مؤسسات مالی √ پررنگ شدن نقش دولت در تنظیم‌گری	√ تمام بازیگران حوزه فناورانه به صورت فعال حضور دارند
تعاملات	√ روابط فردی شکل گرفته است √ شبکه‌های مربوط به فناوری وجود ندارند	√ شبکه‌های ضعیف علمی شکل می‌گیرد	√ شبکه‌های علمی در حال قوی شدن است √ شبکه‌های ضعیف صنفی کم‌کم شکل می‌گیرد	√ شبکه‌های علمی قوی √ شبکه‌های صنفی در حال قوی شدن است	√ شبکه‌های علمی قوی √ شبکه‌های صنفی قوی
نهادها	√ نهادهای نرم شکل می‌گیرد √ نهاد سخت وجود ندارد	√ نهادهای سخت در حال شکل‌گیری است	√ نهادهای سخت شکل گرفته است	√ افزایش تنوع نهادها بسته به نیازها	√ نهادهای سخت متنوع

۳-۲- بخش دوم: تبیین وضعیت مطلوب نظام در حالت پویا

پس از تعیین فاز توسعه و به تبع آن شناسایی موتور محرک فعال نظام، لازم است مشخص شود نظام نوآوری چه هدفی را دنبال می‌کند یا به بیانی دیگر وضعیت مطلوب نظام کدام‌است. همانطورکه در قسمت قبل مشاهده گردید باید توجه نمود که فرایند نوآوری یک فرایند تکاملی و همواره درحال تغییر و پویاست و نمی‌توان یک وضعیت بهینه قطعی برای نظام نوآوری تعریف نمود. پس هدف نظام را نیز باید در حالت پویا تعریف کرد. هدف یک TIS در حالت پویا، محقق شدن موتور محرک فعال نظام و انتقال به موتور محرک بعدی است که معادل انتقال نظام به فاز توسعه بعد می‌باشد (R. A. A. Suurs, 2009).

کارکردهای هر موتور محرک را براساس میزان اهمیت‌شان در موتور می‌توان به سه دسته کارکردهای

کلیدی[1]، حمایتی[2] و حاشـــیه‌ای[3] تقســـیم نمود. کارکرد اصلی هر موتور که تحقق آن به منزله‌ی محقق شدن کل موتور و انتقال به موتور بعدی است، کارکرد کلیدی می‌نامند. کارکرد(ها)یی که به‌طور مستقیم به کارکرد کلیدی متصل و زمینه را برای برآورده شـــدن آن فراهم می‌کند کارکرد حمایتی و به همین ترتیب کارکردهایی که زمینه را برای تحقق کارکردهای حمایتی فراهم می‌کنند کارکرد حاشیه‌ای نامیده می‌شوند. شکل زیر موتورهای محرک را به همراه نوع کارکردهای مرتبط نشان می‌دهد.



شکل ۶- موتورهای محرک و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای

۳-۳- بخش ســـوم: تحلیل شـــکاف بین وضعیـــت موجود و مطلوب در قالـــب تحلیل پویای کارکردی ساختاری

تحلیل شـــکاف بین وضعیت موجود و مطلوب نظام نوآوری درواقع معادل شناســـایی موانع و مشکلات سیستمی است که موجب کند شدن فرآیند توسعه فناوری می‌شوند. ازآنجایی‌که هدف فرآیند توسعه فناوری در هر موتور محرک برآورده‌نمودن کارکرد کلیدی است، تحلیل شکاف معادل شناسایی موانع و مشکلات تحقق کارکرد کلیدی موتور محرک فعال نظام می‌باشد. زیرا با شناسایی این موانع و اتخاذ سیاست‌های مناسب در جهت رفع این موانع، موتور محرک فعال نظام محقق و نظام نوآوری به مرحله

1 . Key function
2 . Supportive function
3 . Marginal function

توسعه بعد منتقل می‌شود (Wieczorek & Hekkert, 2012).

جدول ۶- انواع مشکلات سیستمی موجود در مسیر تحقق موتور محرک علم‌وفناوری

کارکردها			عنصر ساختاری مرتبط				مشکلات سیستمی		وجود/توانایی
کارکرد کلیدی «توسعهٔ دانش»	مشکلات ساختاری توسعهٔ دانش		بازیگران						
			تعاملات						
			نهادها	نرم					
				سخت					
			زیرساختها	فیزیکی					
				دانشی					
				مالی					
	کارکردهای حمایتی	انتشار دانش	مشکلات ساختاری انتشار دانش	بازیگران					
				تعاملات					
				نهادها	نرم				
					سخت				
				زیرساختها	فیزیکی				
					دانشی				
					مالی				
		بسیج منابع	مشکلات ساختاری بسیج منابع	بازیگران					
				تعاملات					
				نهادها	نرم				
					سخت				
				زیرساختها	فیزیکی				
					دانشی				
					مالی				
			کارکرد حاشیه‌ای جهت‌دهی به سیستم	مشکلات ساختاری جهت‌دهی به سیستم	بازیگران				
					تعاملات				
					نهادها	نرم			
						سخت			
					زیرساختها	فیزیکی			
						دانشی			
						مالی			

براساس ایده تحلیل پویای کارکردی ساختاری عدم تحقق کارکرد کلیدی موتور محرک می‌تواند ناشـی از ضعف در عوامل سـاختاری آن یا ضعف در تحقق کارکردهای حمایتی آن باشـد. همچنین مشـکلات سـاختاری هر کارکرد نیز می‌تواند ناشـی از وجود[1] عنصر سـاختاری موردنظر یا ضعف در توانمندی، کیفیت و یا شدت آن باشد (Wieczorek & Hekkert, 2012). جدول زیر به طور خلاصه دسته‌بندی مشکلات سیستمی را برای موتور محرک علم و فناوری نشان می‌دهد:

۴- اجرای متدولوژی در حوزه فناوری تولید همزمان برق و حرارت

در این قسـمت روش‌شناسی ارائه شده در قسمت قبل، در حوزه فناورانه تولید همزمان برق و حرارت اجرا و نتایج تحلیل که شـامل مشـکلات سیسـتمی موجود بر سر راه توسـعه این فناوری در کشور می‌باشد، شناسایی می‌گردد. در مرحله بعد می‌توان با اتخاذ سیاست‌های مناسب در جهت رفع مشکلات سیستمی موجود، بستر لازم جهت توسعه فناوری موردنظر در کشور را فراهم نمود.

۴-۱- بخش اول: شناخت وضعیت موجود نظام

براساس روش‌شناسی شناخت وضعیت موجود شامل تعیین مرز نظام، شناسایی فاز توسعه و به تبع آن موتور محرک فعال نظام است. بدین منظور لازم است ابتدا حوزه فناورانه به‌طور خلاصه تشریح گردد. محصول تولید همزمان برق و حرارت درواقع یک سیستم تجمعی است که در کنار یک ساختمان یا هر واحد مصرف‌کننده قرار می‌گیرد و علاوه بر تأمین تقاضای برق واحد، از گرمای تولیدشده جهت تأمین گرمایش، سـرمایش و گرفتن رطوبت هوا در واحداستفاده می‌شـود (Center, 2005). در روش‌های متمرکـز تولید برق، انـرژی قابل توجهی به گونه‌ای متفاوت از طریـق گازهای داغ خروجی دودکش، برج‌های خنک کن، کندانسورها، خنک‌کننده‌ها درموتورهای احتراق داخلی و همچنین تلفات توزیع و انتقال الکتریسـیته در شبکه سراسری به هدر می‌رود. در مقابل، روش‌های تولید غیرمتمرکز براساس تولید همزمان، دو شکل معمول انرژی یعنی الکتریکی و حرارتی را با استفاده از یک منبع انرژی اولیه، تولید می‌کنند. انرژی گرمایی از بازیافت تلفات حرارتی این مولدهای مستقل بدست‌آمده و الکتریسیته تولیدی توسـط این فناوری به صورت مسـتقل و غیر متمرکز بوده که این دو ویژگی در کنار یکدیگر کارآیی مولدهای تولید برق را از حدود ۲۷ تا ۵۵ درصد در روش متمرکز به بالای ۹۰ درصد می‌رساند (Hudson, Winskel, & Allen, 2011).

1 . Presence

در سال‌های اخیر دولت‌های اروپایی، امریکا وحتی برخی کشورهای آسیایی نظیر ژاپن، سیاست‌ها و قوانینی را در جهت ترغیب استفاده از سیستم‌های تولید همزمان برق وحرارت وضع نموده‌اند. از دیگر مزایای این سیستم‌ها می‌توان به حرکت به سوی خصوصی‌سازی و تولید غیرمتمرکز و مستقل برق و حرارت، جلوگیری از تلفات توزیع و انتقال در شبکه سراسری، افزایش کارایی تبدیل و استفاده انرژی، کاهش مصرف سوخت، افزایش رقابت در تولید برق و کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی اشاره نمود (Agency, 2008; Hinnells, 2008; B Praetorius, Sauter, & Watson, 2008).

۴-۱-۱- مرحله اول: تعیین مرز سیستم

با توجه به روش‌شناسی معرفی‌شده، در قسمت مرزبندی، می‌بایست از دو بعد توصیفی [1](سطح مناسب تحلیل و مرزبندی جغرافیایی) و محتوایی[2] (شناسایی اجزای ساختاری نظام) مرز نظام تبیین گردد.

مرزبندی توصیفی براساس واحد تحلیل در این تحقیق، حوزه دانشی فناوری CHP خواهد بود. براساس(Holmén, 2002) حوزه دانشی را می‌توان با توجه به کارکردهایی که محصول فناورانه برآورده می‌کند، تعریف کرد. بنابراین حوزه دانشی تولید همزمان برق و حرارت عبارت است از چرایی[3] و چگونگی[4] بازیافت حرارت یک نیروگاه برق که باعث ایجاد کارکرد تولید همزمان برق و حرارت به‌منظور تولید پراکنده می‌شود. از طرف دیگر مرزبندی توصیفی براساس مرز جغرافیایی در این مطالعه ملی است و هدف از این تحلیل بررسی وضعیت این فناوری در سطح منطقه یا جهان نمی‌باشد. براین‌اساس، اولاً همه‌ی دستگاه‌های تولید برق که از حرارت خروجی آن‌ها برای مصارف گرمایشی استفاده می‌شود در مرز نظام قرار می‌گیرند؛ ثانیاً تمرکز اصلی، تحلیل سیستمی است که کارکرد تولید همزمان برق و حرارت را نزدیک به مصرف‌کننده تأمین می‌کند.

همچنین با توجه به مرزبندی محتوایی ساختار موجود شکل‌گرفته حول نظام توسعه فناوری به تفکیک هرکارکرد در جدول زیر نشان داده‌شده‌است. روش تحقیق مورداستفاده در این بخش تحلیل اسناد و مدارک موجود، تحلیل مصاحبه‌های نیمه باز با خبرگان مرتبط و مشاهده بوده‌است:

---

1 . discriptive
2 . conceptual
3 . Know-Why
4 . Know-How

جدول ۷- عناصر ساختاری نظام نوآوری فناورانه CHP به تفکیک هر کارکرد

عنصر ساختاری / کارکرد	بازیگران	تعاملات	نهادها
توسعه دانش	• دانشگاه کاشان • دانشگاه شهید عباسپور • پژوهشگاه نیرو	• برقراری ارتباطات علمی میان بازیگران توسعه دانش در قالب طرح کلان شورای عالی عتف	• وجود انگیزه و امید بالا میان بازیگران توسعه دانش به لزوم توسعه فناوری در کشور
انتشار دانش	• دفتر تولید پراکنده توانیر	-	-
کارآفرینی	• شرکت‌های مپنا، پویا انرژی گستر، مهام شرق، توربو کمپرسور نفت و گروه شرکت‌های نیرو ویژه	• شرکت توانیر با این شرکت‌ها تفاهم‌نامه‌ای برای ساخت داخل ۱۰۰۰ مگاوات مولد مقیاس کوچک با اولویت CHP امضا کرده‌است.	• قوانین و دستورالعمل‌های زیادی در این رابطه ثبت شده‌است
تأمین منابع مالی	• شورای عالی عتف • وزارت نیرو • توانیر	• ارتباطاتی نیز بین بازیگران این حوزه وجود دارد.	• قوانینی برای تأمین منابع مالی نیز شکل گرفته‌است
جهت‌دهی به سیستم	• شورای عالی عتف • توانیر	• برقراری ارتباطات میان بازیگران مذکور در قالب طرح کلان شورای عتف	• دیدگاه پرهیز از خام‌فروشی نفت در میان بازیگران جهت‌دهی به سیستم
شکل‌دهی به بازار	• دفتر تولید پراکنده توانیر	-	-
مشروعیت بخشی	• دفتر تولید پراکنده توانیر	-	-

۴-۱-۲- مرحله دوم: شناسایی مرحله توسعه فناوری و موتور محرک فعال متناظر در نظام

مرحله دوم در تبیین وضعیت موجود نظام شناسایی فاز توسعه نظام نوآوری و موتور محرک نوآوری فعال نظام می‌باشد. براساس شاخص‌ها و ویژگی‌های ساختاری هریک از مراحل توسعه نظام، فاز توسعه نظام شناسایی می‌گردد. به‌منظور بررسی نشانه‌های تحقق مراحل توسعه، پرسشنامه‌ای بین خبرگان دانشگاهی، صنعتی و سیاست‌گذاری این حوزه فناورانه توزیع و پس از تحلیل پرسشنامه و همچنین تحلیل مصاحبه‌های صورت پذیرفته با خبرگان مشخص گردید نظام توسعه فناوری CHP در ایران

نشانه‌های تحقق مرحله پیش‌توسعه را پشت سرگذاشته و در مرحله توسعه قرار دارد. همچنین تطبیق عناصر ساختاری نظام با ویژگی‌های ساختاری مراحل توسعه، ادعای فوق را تأیید می‌کند.

روند توسعه این فناوری با توجه به پرسشنامه‌ها تاکنون معطوف به حمایت‌های مالی دولت برای تحقیق و توسعه برای رفع کردن مشکلات فنی موجود در این سیستم فناورانه بوده‌است و توجهی به تجاری‌سازی فناوری بومی شده نبوده‌است. جامعه مورد بررسی، نخبگان صنعتی، دانشگاهی و سیاست‌گذاری مرتبط با مطالعه موردی حوزه‌ی فناورانه‌ی CHP است. به دلیل اینکه اندازه‌ی جامعه مشخص نیست از روش‌های غیر احتمالی برای نمونه‌گیری از میان نخبگان استفاده می‌شود(Blaikie, 2009). دلیل دیگر برای استفاده از روش‌های نمونه‌گیری غیراحتمالی به روش‌های پژوهش برمی‌گردد؛ به دلیل اینکه در این پژوهش تأکید بر روش‌های کیفی است و در پژوهش‌های کیفی روش‌های نمونه‌گیری احتمالی جایی ندارد و معمول نیست؛ در این پژوهش از روش‌های نمونه‌گیری غیراحتمالی استفاده شده‌است. فرایند نمونه‌گیری به صورت غیراحتمالی چندمرحله‌ای انجام می‌شود؛ به این صورت که ابتدا با استفاده از روش نمونه‌گیری سهمیه‌ای نخبگان به سه دسته‌ی دانشگاهی، صنعتی و سیاست‌گذاری تقسیم می‌شوند. در هر دسته به جای نمونه‌گیری اتفاقی از نمونه‌گیری تئوریک استفاده می‌شود به این صورت که در فرایند گردآوری داده‌ها، به طور پیوسته داده‌ها جمع‌آوری می‌شود و سپس تصمیم گرفته می‌شود در مرحله‌ی بعدی چه داده‌هایی جمع‌آوری گردد (Glaser & Strauss, 1967). البته در حین فرایند نمونه‌گیری برای شناسایی نخبگان، از روش نمونه‌گیری انباشتی نیز استفاده می‌شود. دو نکته در اینجا قابل ذکر است، اول اینکه از مفهوم اشباع نظری برای نمونه‌گیری استفاده می‌شود به این صورت که فرایند جمع‌آوری داده‌ها تا جایی ادامه پیدا می‌کند که دیگر ادامه‌ی فرایند منجر به کشف تازه‌ای نشود؛ دوم اینکه با در نظر گرفتن سه دسته نخبه‌ی دانشگاهی، صنعتی و سیاست‌گذاری، سه برش[1] مختلف برای داده‌ها انجام می‌شود.

موضوع دیگری که در نمونه‌گیری لازم است به آن توجه شود حجم نمونه است. حجم نمونه در روش‌های احتمالی بیشتر مورد بحث است. با این وجود لازم است بیان شود با توجه به این‌که در این پژوهش از روش‌های غیراحتمالی برای نمونه‌گیری استفاده شده‌است، برآورد پارامترها دیگر موضوعیتی ندارد؛ در نتیجه بحث در مورد سطوح اطمینان و خطاهای مجاز امری غیر معقول است. به این دلیل

---

۱ . برش داده‌ها انواع مختلف داده‌هایی است که به تحلیلگر داده‌های مختلفی را ارائه می‌دهد که از طریق آنها مقوله‌ای را بفهمد و خصوصیات آن را بپروراند (Glaser & Strauss, 1967).

که تصمیم‌گیری در مورد نمونه‌گیری همگام با پژوهش رشد و تکامل می‌یابد، نمی‌توان از پیش تعیین کرد که حجم نمونه چقدر باشد. با این وجود، محدودیت‌های زمانی و منابع به ناگریز محدودیت‌هایی را بر حجم نمونه تحمیل خواهد کرد. براساس (Blaikie, 2009) «بسیار سودمندتر است در این نوع پژوهش‌ها [با نمونه‌گیری غیر احتمالی] به انتخاب مواردی برای مطالعه ژرفانگر بیندیشیم، نه اینکه با دغدغه‌های نامربوط نمونه‌گیری از مسیر خود خارج شویم» روش گردآوری داده‌ها در این مطالعه، به صورت طولی- کیفی بوده‌است و از مصاحبه‌های کانونی و ژرف و مصاحبه‌های گروهی استفاده شده‌است. برای تحلیل داده‌ها به دلیل اینکه از روش‌های کیفی استفاده شده‌است از نظریه داده‌نگر استفاده شده‌است که داده‌های کیفی با توجه به ساختار نظام‌های نوآوری مقوله‌بندی شده‌است.

۴-۲- بخش دوم: تعریف وضعیت مطلوب نظام در حالت پویا

در قسمت قبل مشخص گردید که در نظام توسعه فناوری تولید همزمان برق و حرارت در کشور ایران، موتور محرک کارآفرینی فعال است. هدف نظام در این فاز در وهله اول شدّت بخشیدن به حجم فعّالیت‌های کارآفرینی در جهت تحقق این کارکرد و انتقال نظام به فاز توسعه بعدی است. هدف دوّم نظام در فاز توسعه این است که با گسترش فعّالیت‌های کارآفرینی، نیازمندی‌ها و نقص‌های دانشی موجود را شناسایی و بازخوردی از محیط عملیاتی به سیستم‌های تحقیق‌وتوسعه دهد تا فناوری از لحاظ تکنولوژیکی نیز به بلوغ برسد.

کارکرد کلیدی	فعالیت‌های کارآفرینی
کارکرد حمایتی	توسعه دانش، انتشار دانش، تأمین و تسهیل منابع و جهت‌دهی به سیستم
کارکرد حاشیه‌ای	مشروعیت‌بخشی و شکل‌دهی بازار

۴-۳- بخش سوم: تعیین مشکلات سیستمی موجود در مسیر توسعه فناوری

در این مرحله، می‌بایست براساس هدف موتور محرک کارآفرینی مشکلات موجود در مسیر تحقق کارکرد کلیدی شناسایی گردند. این مشکلات عبارتند از مشکلات ناشی از عوامل ساختاری کارکرد کلیدی یا مشکلات ناشی از کارکردهای حمایتی متصل به کارکرد کلیدی است که خود ناشی از عوامل ساختاری آن و کارکردهای حاشیه‌ای متصل به آن است. روش تحقیق مورداستفاده در بخش شناسایی مشکلات سیستمی تحلیل مصاحبه‌های نیمه‌ساخت‌یافته با خبرگان سه حوزه سیاست‌گذاری، صنعت

و دانشگاهی مرتبط با این فناوری، تحلیل اسناد و مدارک و نیز تحلیل پرسشنامه می‌باشد که همانند بخش قبل مورد تحلیل قرار گرفته‌است. جدول زیر مهم‌ترین مشکلات سیستمی مرتبط با این فناوری را نشان می‌دهد.

جدول ۸- مشکلات سیستمی موجود در مسیر توسعه فناوری CHP

کارکردها		عنصر ساختاری مرتبط			مشکلات سیستمی	نوع
کارکرد کلیدی "فعالیتهای کارآفرینی"	مشکلات ناشی از کارکردهای حمایتی	مشکلات ساختاری فعالیتهای کارآفرینی	بازیگران		کمبود سازندگان محرک‌های اولیه، قطعات ژنراتور و سیستم کنترل در داخل کشور	وجود
					عدم شناخت کارآفرینان نوپا از سازوکارها و فعالیت‌ها در بخش تولید پراکنده	توانایی
			تعاملات		عدم وجود ارتباط بین بازیگران این حوزه برای انتقال اطلاعات	وجود
			نهادها	سخت	عدم وجود سازوکار صحیح برای شناسایی کارآفرینان واقعی جهت حمایت‌های مادی و معنوی	وجود
					پیچیده بودن دستورالعمل‌ها برای حمایت از کارآفرینان در حوزه‌های مختلف	کیفیت
		مشکلات ساختاری توسعهٔ دانش	بازیگران		فقدان توان طراحی و ساخت محرک‌های اولیه و ساخت سیستم کنترل	توانایی
			تعاملات		عدم یکپارچگی در تعامل صنعت و مراکز پژوهشی با همکاری خارجی در فرایند اکتساب فناوری	وجود
					ضعف در همکاری‌های بین المللی فرآیند انتقال فناوری را دشوار کرده است	شدت
			نهادها	سخت	عدم وجود قوانین مستحکم و دستورالعمل برای ساماندهی ارتباط میان دانشگاه و صنعت	وجود
			زیرساخت‌ها	مالی	عدم وجود حمایت‌های لازم از بخش خصوصی برای انجام پروژه‌های تحقیق‌وتوسعه	وجود
		مشکلات ساختاری انتشار دانش	بازیگران		عدم انتشار اطلاعات مبسوط از جریان کارها برای عموم محققین، مسئولین و سیاستگذاران	توانایی
			زیرساخت‌ها	دانشی	ضعف و یا عدم وجود یک منبع اطلاعاتی قوی از آخرین دستاوردهای تولید پراکنده در دنیا	کیفیت

کارکرد کلیدی "فعالیتهای کارآفرینی"						
مشکلات ناشی از کارکردهای حمایتی						
جهت‌دهی به سیستم						
مشکلات ناشی از کارکرد حاشیه‌ای شکل‌دهی به بازار	مشکلات ساختاری شکل‌دهی به بازار	زیرساخت‌ها	فیزیکی	نبود حجم بحرانی اولیه موردنیاز برای توسعه بخش تولید پراکنده کشور		وجود
		نهادها	سخت	زمان‌بر بودن بیش از حد مراحل رسیدن تا عقد قرارداد		کیفیت
		تعاملات		کمبود هماهنگی‌های لازم میان دستگاه‌های مسئول برای تسهیل در امر سرمایه‌گذاری		کیفیت
مشکلات ناشی از کارکرد حاشیه‌ای مشروعیت‌بخشی	مشکلات ساختاری مشروعیت‌بخشی	زیرساخت‌ها	دانشی	عدم وجود مطالعات راهبردی در جهت اثبات ضرورت توسعه این فناوری درکشور		وجود
		تعاملات		ضعف در همکاری و هماهنگی وزارت نیرو، شورای عالی عتف و معاونت علمی درسیاست‌گذاری توسعه فناوری		توانایی
		بازیگران		ضعف در درک عمیق از ضرورت تولید پراکنده توسط تصمیم‌گیران کلان		توانایی
مشکلات ناشی از کارکرد حاشیه‌ای بسیج منابع	مشکلات ساختاری بسیج منابع	زیرساخت‌ها	مالی	بهره بالای وام‌های بانکی و مؤسسات مالی و اعتباری		کیفیت
		نهادها	سخت	کمبود قوانین حمایتی و کمک‌های مالی از بخش خصوصی برای ورود به بخش صنعت و انتقال فنآوری		کیفیت
		تعاملات		دشوار بودن تبادلات مالی برای انتقال فناوری در سطح بین‌المللی (دشواری در بازکردن LC)		کیفیت
		بازیگران		نبود صندوق تأمین مالی دولتی و مؤسسه‌های مالی و اعتباری به منظور حمایت از صنعت‌کاران		وجود
مشکلات ساختاری جهت‌دهی به سیستم		زیرساخت‌ها	مالی	اقتصادی نبودن تولید پراکنده بعد از نوسانات ارز		وجود
		تعاملات		عدم وجود همکاری وزارت صنعت و ن‌یرو با هدف تغییر و اجرای کارای مقررات به نفع صنعت تولید پراکنده		وجود
		بازیگران		عدم وجود مرجع مشخص و با اختیارات کافی برای شناسایی و رفع مشکلات با تصمیم‌گیری منسجم		وجود

۴- نتیجه‌گیری

توسعه فناوری، فرایندی پویا است که لازم است این ویژگی در طول فرآیند سیاست‌گذاری فناوری درنظر گرفته شود. امروزه فرآیند توسعه فناوری را در بستر یک سیستم اجتماعی- فنی بررسی می‌کنند. از طرفی مبنای سیاست‌گذاری فناوری، ارزیابی و تحلیل فرآیند توسعه فناوری است. بدیهی است ارزیابی غیرواقع به سیاست‌گذاری نامناسب منجر می‌شود. نظام نوآوری فناورانه مدلی است که به منظور تحلیل و سیاست‌گذاری فرآیند توسعه فناوری در بستر یک نظام فنی-اجتماعی توسعه داده شده‌است. توجه به عوامل کارکردی و ساختاری تشکیل‌دهنده سیستم و همچنین پویایی نظام از ویژگی‌های این مدل است. از ابتدای پیدایش نظام نوآوری فناورانه، روش‌های گوناگونی برای تحلیل فرآیند توسعه فناوری در چارچوب این نظام به‌کار رفته‌است. در آخرین نسل این روش‌ها عوامل کارکردی و ساختاری نظام به صورت توأمان و پویا مورد تحلیل قرار می‌گیرند.

در این مقاله با ترکیب دو روش تحلیل توأمان کارکردی-ساختاری و تحلیل بر پایه‌ی پویایی کارکردی نظام نوآوری فناورانه، یک روش‌شناسی برای تحلیل فرآیند توسعه فناوری با هدف شناسایی مشکلات سیستمی موجود در مسیر توسعه فناوری ارائه شده‌است. براساس این روش‌شناسی مشکلات سیستمی عبارتند از مشکلاتی که باعث عدم تحقق کارکرد کلیدی می‌شوند که شامل مشکلات ساختاری کارکرد کلیدی و مشکلات ناشی از کارکرد(های) حمایتی می‌باشند. به همین ترتیب مشکلات کارکرد حمایتی نیز ناشی از مشکلات ساختاری کارکرد حمایتی و مشکلات ناشی از عدم تحقق کارکرد(های) حمایتی آن -که همان کارکردهای حاشیه‌ای هستند- می‌باشد. در پایان، این روش‌شناسی در حوزه فناورانه تولید همزمان برق و حرارت اجرا و مشکلات سیستمی موجود در مسیر توسعه این فناوری در ایران تبیین شده‌است. مشکلات این حوزه به‌طور منطقی در دسته‌های هشت‌گانه‌ی مشکلات ساختاری و به تفکیک کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ایی ارائه شده‌است.

یکی از مزایای این نوع دسته‌بندی مشکلات این است که به راحتی می‌توان برای رفع هر کدام از آن‌ها ابزارهای سیاستی مناسب را پیشنهاد داد. به‌عنوان مثال یکی از مشکلات این حوزه عدم اعتقاد به اقتصادی بودن این فناوری بود که مطالعه جامع ضرورت توسعه و دلایل توجیه‌پذیری این فناوری در حال انجام است. همچنین جهت هماهنگی دستگاه‌های ذی‌نفع برای توسعه این فناوری، کمیته راهبری توسعه فناوری با محوریت شورای عالی عتف تشکیل گردیده‌است. برای رفع مشکل عدم برنامه‌محور بودن فعالیت‌های صورت پذیرفته در لایه سیاست‌گذاری و توسعه بازار این فناوری نیز

سند راهبرد ملی توسعه فناوری تولید همزمان برق و حرارت در حال تدوین می‌باشد. مطالعات آینده می‌تواند شـامل ارائه یک روش‌شناسی جامع جهت استخراج ابزارهای سیستمی مناسب به‌منظور رفع مشکلات سیستمی باشد تا از این طریق در فرایند توسعه فناوری در کشور تسریع بیشتری ایجاد گردد.

۵- منابع

- Agency, I. E. (2008). Combined Heat and Power, 39.
- Alkemade, F., Kleinschmidt, C., & Hekkert, M. (n.d.). Analyzing emerging innovation systems : A functions approach to foresight, *1*(1).
- Bergek, A. (2002). *Shaping and exploiting technological opportunities: the case of renewable energy technology in Sweden*. Chalmers University of Technology Göteborg.
- Bergek, A., & Jacobsson, S. (2003). The emergence of a growth industry: a comparative analysis of the German, Dutch and Swedish wind turbine industries. In *Change, transformation and development* (pp. 197–227). Springer.
- 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.
- Bergek, A., Jacobsson, S., & Hekkert, M. (2006). Functions in innovation systems : and identifying goals for system-building activities by entrepreneurs and policy makers RIDE / IMIT Working Paper No . 84426-008 Functions in innovation systems : A framework for analysing energy system dynamics and ident, (84426).
- Bergek, A., Jacobsson, S., & Sandén, B. (2008). Linköping University Post Print ' Legitimation ' and ' development of positive externalities ': Two key processes in the formation phase of technological innovation systems, (20), 575–592.
- Blaikie, N. (2009). *Designing social research*. Polity.
- Carlson, B., & Jacobson, S. (1997). Diversity creation and technological systems. *Systems of Innovation–technologies, Institutions and Organisations. Cassell Academic, London*.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation sys-

tems: analytical and methodological issues. *Research Policy*, *31*(2), 233–245.

- Carlsson, B., & Stankiewicz, R. (1991). Evolutionary Economics, 93–118.
- Carlsson, B., & Stankiewicz, R. (1991). On the nature, function and composition of technological systems. *Journal of Evolutionary Economics*, *1*(2), 93–118.
- Center, midwest C. application (MAC). (2005). combined heat and power (chp) resource guide, *second edi*.
- Edquist, C. (2001). The Systems of Innovation Approach and Innovation Policy: An account of the state of the art. In *DRUID Conference, Aalborg* (pp. 12–15).
- Edquist, C., & Johnson, B. (1997). *Institutions and organizations in systems of innovation*. Univ.
- Foxon, T. J., & Pearson, P. J. G. (2007). Towards improved policy processes for promoting innovation in renewable electricity technologies in the UK. *Energy Policy*, *35*(3), 1539–1550.
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, *31*(8), 1257–1274. doi:10.1016/S0048-7333(02)00062-8
- Geels, F. W., & Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy*, *36*(3), 399–417. doi:10.1016/j.respol.2007.01.003
- Glaser, B., & Strauss, A. (1967). The discovery grounded theory: strategies for qualitative inquiry. Chicago (IL): Aldine.
- Hekkert, M., Negro, S., Heimeriks, G., & Harmsen, R. (2011). Technological Innovation System Analysis, (November).
- Hekkert, M. P. M. P., Suurs, R. A. A. R. a. a., Negro, S. O. S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. R. E. H. M. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, *74*(4), 413–432. doi:10.1016/j.techfore.2006.03.002
- 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.

- 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 analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, *74*(4), 413–432. doi:10.1016/j.techfore.2006.03.002
- Hellsmark, H., & Jacobsson, S. (2009). Opportunities for and limits to Academics as System builders—The case of realizing the potential of gasified biomass in Austria. *Energy Policy*, *37*(12), 5597–5611.
- Hillman, K. M., & Sandén, B. a. (2008). Exploring technology paths: The development of alternative transport fuels in Sweden 2007–2020. *Technological Forecasting and Social Change*, *75*(8), 1279–1302. doi:10.1016/j.techfore.2008.01.003
- Hinnells, M. (2008). Combined heat and power in industry and buildings, *36*, 4522–4526. doi:10.1016/j.enpol.2008.09.018
- Holmén, M. (2002). Regional Industrial Renewal: The Growth of "Antenna Technology" in West Sweden. *Technology Analysis & Strategic Management*, *14*(1), 87–106. doi:10.1080/09537320220125900
- Hudson, L., Winskel, M., & Allen, S. (2011). The hesitant emergence of low carbon technologies in the UK: the micro-CHP innovation system. *Technology Analysis & Strategic Management*, *23*(3), 297–312.
- Jacobsson, S. (2008). The emergence and troubled growth of a "biopower" innovation system in Sweden. *Energy Policy*, *36*(4), 1491–1508. doi:10.1016/j.enpol.2007.12.013
- Jacobsson, S., & Johnson, A. (2000). The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research. *Energy Policy*, *28*(9), 625–640.
- Jacobsson, S., & Oskarsson, C. (1995). Educational statistics as an indicator of technological activity. *Research Policy*, *24*(1), 127–136.
- Kamp, L. M., Smits, R. E. H. M., & Andriesse, C. D. (2004). Notions on learning applied to wind turbine development in the Netherlands and Denmark. *Energy Policy*, *32*(14), 1625–1637.
- Kaufmann, A., & Tödtling, F. (2001). Science–industry interaction in the process of innovation: the importance of boundary-crossing between systems. *Research Policy*, *30*(5), 791–804.

- Kuhlmann, S., & Arnold, E. (2001). *RCN in the Norwegian research and innovation system*. Fraunhofer ISI.
- Loorbach, D., & Rotmans, J. (2006). *Managing transitions for sustainable development*. Springer.
- Lundvall, B.-A. (1992). User-producer relationships, national systems of innovation and internationalisation. *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, 45–67.
- Markard, J., Raven, R., & Truffer, B. (2012). Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Research Policy*, *41*(6), 955–967. doi:10.1016/j.respol.2012.02.013
- Markard, J., & Truffer, B. (2008). Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework. *Research Policy*, *37*(4), 596–615. doi:10.1016/j.respol.2008.01.004
- Moallemi, E., Ahmadi, A., Afrazeh, A., & Bagheri Moghaddam, N. (2012). Designing A Model for Identifying Drivers and Barriers in The Formation of Technological Innovation Systems: The Case of Fuel Cell Technology. *Tehran. IRAMOT, The 2nd Internation Conference of Management of Technology*.
- Musiolik, J., & Markard, J. (2011). Creating and shaping innovation systems: Formal networks in the innovation system for stationary fuel cells in Germany. *Energy Policy*, *39*(4), 1909–1922.
- Negro, S. O., Alkemade, F., & Hekkert, M. P. (2012). Why does renewable energy diffuse so slowly? A review of innovation system problems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *16*(6), 3836–3846. doi:10.1016/j.rser.2012.03.043
- Negro, S. O., Hekkert, M. P., & Smits, R. E. (2007). Explaining the failure of the Dutch innovation system for biomass digestion—a functional analysis. *Energy Policy*, *35*(2), 925–938. doi:10.1016/j.enpol.2006.01.027
- Negro, S. O., Suurs, R. a. a. A., & Hekkert, M. P. (2008). The bumpy road of biomass gasification in the Netherlands: Explaining the rise and fall of an emerging innovation system. *Technological Forecasting and Social Change*, *75*(1), 57–77. doi:10.1016/j.techfore.2006.08.006
- Negro, S. O., Vasseur, V., Sark, W. G. Van, & Hekkert, M. P. (2012). Solar eclipse: The rise and'dusk'of the Dutch PV innovation system. *International*

Journal of Technology, Policy and Management, *12*(2), 135–157.

- Praetorius, B., Martiskainen, M., Sauter, R., & Watson, J. (2010). Technological innovation systems for microgeneration in the UK and Germany–a functional analysis. *Technology Analysis & Strategic Management*, *22*(6), 745–764.
- Praetorius, B., Sauter, R., & Watson, J. (2008). On the dynamics of microgeneration diffusion in the UK and Germany. *Innovation for a Low Carbon Economy: Economic, Institutional and Management Approaches. Edward Elgar, Cheltenham, UK*, 142–174.
- Raven, R. (2005). Strategic niche management for biomass. *Eindhoven University, The Netherlands*.
- Raven, R., Van den Bosch, S., & Weterings, R. (2010). Transitions and strategic niche management: towards a competence kit for practitioners. *International Journal of Technology Management*, *51*(1), 57–74.
- Rohracher, H., Truffer, B., & Markard, J. (n.d.). Doing Institutional Analysis of Innovation Systems A conceptual framework, 1–31.
- Rotmans, J., Kemp, R., & Van Asselt, M. (2001). More evolution than revolution: transition management in public policy. *Foresight*, *3*(1), 15–31.
- Schumpeter, J. A., & Redvers, O. (1961). *The Theory of Economic Development... Translated by Redvers Opie.[A Reduced Photographic Reprint of the Edition of 1934.].* Oxford University Press.
- Sinke, W., Swens, J., Janson, B., & Witte, F. (2008). Analyse 13 Zon PV. *Analyse Transitie Paden*.
- Söderholm, P., Ek, K., & Pettersson, M. (2007). Wind power development in Sweden: Global policies and local obstacles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *11*(3), 365–400.
- Suurs, R. A. A. (2009). Motors of sustainable innovation: Towards a theory on the dynamics of technological innovation systems.
- Suurs, R. a. a. A., Hekkert, M. P., & Smits, R. E. H. M. H. M. (2009). Understanding the build-up of a technological innovation system around hydrogen and fuel cell technologies. *International Journal of Hydrogen Energy*, *34*(24), 9639–9654. doi:10.1016/j.ijhydene.2009.09.092

- Suurs, R. a. a., & Hekkert, M. P. (2009). Cumulative causation in the formation of a technological innovation system: The case of biofuels in the Netherlands. *Technological Forecasting and Social Change*, *76*(8), 1003–1020. doi:10.1016/j.techfore.2009.03.002
- Suurs, R. A. A., & Hekkert, M. P. (2009). Motors of sustainable innovation. *Towards a Theory on the Dynamics of Technological Innovation Systems (Thesis)*. *Innovation Studies Group, Copernicus Institute, Utrecht University, Utrecht*.
- Suurs, R. A. A., Hekkert, M. P., Kieboom, S., & Smits, R. E. H. M. (2010). Understanding the formative stage of technological innovation system development: The case of natural gas as an automotive fuel. *Energy Policy*, *38*(1), 419–431.
- Truffer, B. (2008). Society, technology, and region: contributions from the social study of technology to economic geography. *Environment and Planning. A*, *40*(4), 966.
- Unruh, G. C. (2000). Understanding carbon lock-in. *Energy Policy*, *28*(12), 817–830.
- Van Alphen, K., Hekkert, M. P., & Turkenburg, W. C. (2010). Accelerating the deployment of carbon capture and storage technologies by strengthening the innovation system. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, *4*(2), 396–409.
- Van Alphen, K., van Ruijven, J., Kasa, S., Hekkert, M., & Turkenburg, W. (2009). The performance of the Norwegian carbon dioxide, capture and storage innovation system. *Energy Policy*, *37*(1), 43–55. doi:10.1016/j.enpol.2008.07.029
- Walz, R. (2007). The role of regulation for sustainable infrastructure innovations: the case of wind energy. *International Journal of Public Policy*, *2*(1), 57–88.
- 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*(1), 74–87. doi:10.1093/scipol/scr008