سال هشتم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵

فصلنامه علمی-پژوهشی

سیاست علم و فناوری

شناسایی شکست‌های سیستم در تحلیل نظام نوآوری فناورانه سوخت زیستی در ایران

طاهره میرعمادی[۱]*، زهره رحیمی راد[۲]

۱- دانشیار پژوهشکده فناوری‌های نوین و پژوهشگر مپسد، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

۲- دانشجوی دکتری سیاست‌گذاری علم و فناوری دانشگاه مازندران و پژوهشگر مپسد

چکیده

با توجه به اهمیت روزافزون سوخت‌های زیستی و لزوم جایگزینی سوخت‌های فسیلی، این مقاله سعی کرده پاسخی برای این پرسش بیابد که شکست‌های نظام نوآوری سوخت زیستی در ایران کدام هستند. برای یافتن پاسخ این پرسش، مقاله علاوه بر شناخت اجزاء ساختاری نظام نوآوری فناورانه (بازیگران، نهادها، شبکه‌ها و زیرساخت‌ها)، نحوه شکل‌گیری و رشد بخش سوخت زیستی ایران را با استفاده از رویکرد کارکردی نظام نوآوری فناورانه مورد بررسی و تحلیل قرار داده است. سپس مسیر و نحوه تأثیرگذاری کارکردهای مختلف بر یکدیگر با استفاده از مدل معادلات ساختاری مطالعه شده و در نهایت، از طریق تعامل بین خصوصیات ساختاری و کارکردی، شکست‌های سیستم سوخت زیستی شناسایی و بر اساس مدل موتورهای نوآوری، اهمیت این شکست‌ها در ایجاد دورهای باطل مدل و امکان تبدیل آن به دورهای مطلوب بررسی می‌گردد.

کلیدواژه‌ها: سوخت زیستی، نظام نوآوری فناورانه، کارکردهای نظام نوآوری، تحلیل مسیر، شکست سیستم، دور باطل، زنجیره علیت‌های انباشتی

۱- مقدمه

تغییرات آب و هوایی و گرم شدن کره زمین یک مشکل مهم جهانی است. از آنجا که سهم بزرگی از تولید گازهای گلخانه‌ای در جهان را می‌توان به استفاده از منابع انرژی فسیلی نسبت داد جایگزینی فناوری‌های انرژی کم‌کربن برای کاهش این خطرات بسیار حائز اهمیت است.

فناوری‌های کم‌کربن مانند سوخت‌های زیستی هم‌اکنون مسیر روبه‌رشدی را در توسعه علمی و فناورانه کشورها در پیش گرفته‌اند. در ایران نیز طی سال‌های اخیر با توجه به تعهدات کشور در اجلاس تغییرات آب و هوایی پاریس (سال گذشته) و الزامات آن، توجه به سوخت زیستی بیشتر شده است.

طبق تعریف، سوخت زیستی سوخت به دست آمده از مواد آلی است که شامل سه دسته اصلی می‌باشد: سوخت زیستی جامد یا توده زیستی[۱]، سوخت زیستی مایع (بیودیزل[۲] و بیواتانول[۳]) و سوخت زیستی گازی یا بیوگاز[۴] [۱]. این مقاله به طور خاص بر روی سوخت‌های زیستی مایع متمرکز است. سوخت زیستی مایع را می‌توان بر پایه پارامترهای متفاوتی از جمله نوع ماده اولیه در چهار نسل طبقه‌بندی کرد:

- نسل اول سوخت‌های زیستی از قندها، نشاسته، روغن و چربی‌های حیوانی مانند ذرت، سویا و نیشکر به دست می‌آیند.
- نسل دوم از محصولات غیرغذایی، ضایعات کشاورزی و زیست‌توده لیگنوسلولزی[۵] ساخته می‌شوند.
- نسل سوم این سوخت بر پایه استفاده از ریزجلبک‌ها استوار است.

1- Biomass
2- Biodiesel
3- Bioethanol
4- Biogas
5- Lignoselulosa

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: tamiremadi@yahoo.com

- نسل چهارم از گیاهان مهندسی‌شده یا زیست‌توده که ممکن است عملکرد انرژی بالاتر یا موانع کمتر برای شکست سلولزی داشته باشند و یا قادر به رشد در زمین‌های غیرکشاورزی و یا آب هستند تشکیل می‌شوند [۲].

فهم نحوه توسعه فناوری سوخت زیستی و نحوه سیاست‌گذاری آن از مسائل اساسی سیاست‌پژوهان این حوزه بوده است. استفاده از رویکردی که بیشترین تطابق را با وضعیت این فناوری داشته و بتواند ابعاد مختلف شکل‌گیری و رشد آن را توصیف کند و نقش کارکردهای مختلف را در مراحل بلوغ آن توصیف نماید از دغدغه‌هایی بوده که منجر به انجام این تحقیق شده است. به منظور درک توسعه و انتشار فناوری‌های کم‌کربن، باید شناخت بیشتری پیرامون پویایی نظام‌های نوآوری صورت گیرد. روش‌های سنتی تجزیه و تحلیل نظام‌های نوآوری که اغلب روی ساختار این نظام‌ها تمرکز می‌کنند شناخت کافی از این پویایی به ما نمی‌دهند. برای حل این معضل، در سال‌های اخیر چارچوب نظام نوآوری فناورانه (TIS) با نگرش کارکردگرایانه در ادبیات سیاست‌گذاری علم و فناوری رواج یافته است. این نگرش کارکردهایی برای نظام نوآوری تعیین نموده و پویایی نظام را بر پایه تعامل این کارکردها با یکدیگر تبیین می‌کند. محور اصلی این چارچوب، تغییرات فناورانه پایداری است که منجر به شکل‌گیری نظام نوآوری جدید می‌گردد. این چارچوب می‌تواند به شناخت عوامل کلیدی بازدارنده یا تسهیل‌گر فناوری‌های نوظهور کم‌کربن و در نهایت شکست‌های نظام کمک کند [۳]. هدف این مقاله شناخت پویایی نظام نوآوری فناورانه سوخت‌های زیستی در ایران است که سؤالات پژوهشی آن عبارتند از:

۱) ساختار و کارکردهای این نظام به چه صورت است و چگونه در تعامل با یکدیگر، موتور نوآوری سیستم را می‌سازند؟

۲) نقاط ضعف و قوت سیستم (بازدارنده‌ها و تسهیل‌گرها) کدامند و شکست‌های سیستم در چیست؟ همچنین از نظر سیاست‌گذاری، رفع کدام یک از این شکست‌ها، اولویت دارد؟

برای پیداکردن پاسخ این سؤالات، نخست باید اجزاء ساختاری نظام نوآوری سوخت زیستی را شناسایی نمود. سپس دریافت که چه مسیرهای کارکردی‌ای در شکل‌گیری آنها قابل شناسایی است تا از طریق بررسی و تحلیل تعامل بین اجزاء ساختاری و عوامل کارکردی، بتوان به شکست‌های سیستم رسید و با تطبیق و مقایسه با موتورهای نوآوری مرحله‌ای، به اولویت‌بندی رفع شکست‌های سیستم اقدام کرد. در این مقاله، پس از بررسی مبانی و پیشینه آن به مقوله سوخت زیستی و وضعیت آن در ایران به مثابه یک نظام نوآوری فناورانه پرداخته می‌شود. سپس اجزاء ساختاری این نظام (بازیگران، نهادها، شبکه‌ها و زیرساخت‌ها) بررسی خواهد شد. همچنین مسیر شکل‌گیری کارکردهای نظام نوآوری سوخت زیستی مبتنی بر نتایج پیمایش انجام‌شده مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. نهایتاً در بخش نتیجه‌گیری، شکست‌های سیستمی نظام نوآوری سوخت زیستی در ایران و اولویت‌های رفع آنها برای سیاست‌گذار تعیین می‌گردد.

۲- مبانی تحقیق

طبق تعریف کارلسون و استانکویز [٤]، نظام نوآوری فناورانه "شبکه‌ای پویا از بازیگران است که در حوزه اقتصادی / صنعتی و در چارچوب نهادی خاص با یکدیگر در تعامل بوده و در تولید، انتشار و بهره‌برداری از فناوری مشارکت دارند". نظام نوآوری فناورانه بیشتر از توجه به حرکت کالا و خدمات، بر جریان دانش و توانمندی‌ها تمرکز دارد. این رویکرد دارای مشخصه‌های عمومی رویکرد نظام‌های نوآوری است. با این وجود دو مشخصه، این رویکرد را از رویکردهای دیگر متمایز می‌سازد. اولین مشخصه، تأکید بر تحلیل ساختار نظام و تقسیم آن به چهار مؤلفه بازیگران، شبکه‌ها، نهادها و زیرساخت‌ها [۵و٦]. مشخصه دوم نیز تمرکز زیاد آن بر پویایی سیستم است. از آنجا که تنها با تحلیل ساختاری نظام‌های فنی-اجتماعی نمی‌توان تغییرات فناورانه را تحلیل کرد این رویکرد می‌بایست فراهم‌آورنده چارچوبی برای تحلیل کارکردی نظام‌های فنی-اجتماعی باشد که با مطالعه مجموعه‌ای از هفت کارکرد کلیدی انجام می‌شود [۳]. از آنجا که کارکردها، ماهیتی پویا داشته و در طول زمان تغییر می‌کنند TIS از ماهیت درونی پویا و متغیری در طول زمان برخوردار است [۷].

۲-۱ اجزاء ساختاری نظام نوآوری فناورانه

در رابطه با تعریف اجزاء ساختار نظام نوآوری فناورانه در متون مربوطه تفاوت‌هایی دیده می‌شود [۵و۸-۱۱]. اما در نهایت، تعریفی که دربرگیرنده کلیه جوانب ساختاری باشد توسط آنا وایزورک و هکرت[1] ارائه شده که ساختار را به چهار جزء بازیگران، نهادها، تعاملات یا شبکه‌ها و زیرساخت‌ها تقسیم می‌کند [۱۲] (جدول ۱).

جدول ۱) اجزاء ساختاری نظام نوآوری فناورانه [۱۲]

اجزاء	نمونه ۱	نمونه ۲	نمونه ۳
بازیگران	بنگاه‌ها، دانشگاه و دولت	واسطه‌ها و جامعه مدنی	گروه‌های فشار و شرکت‌های ملیتی
نهادها	سخت مانند قوانین و مقررات	نُرم‌ها مانند عادات و فرهنگ	
شبکه‌ها و تعاملات	شبکه در سطح افراد	شبکه در سطح شرکت‌ها	شبکه رسمی و غیررسمی
زیرساخت‌ها	زیرساخت فیزیکی	زیرساخت دانشی	زیرساخت مالی

۲-۲ کارکردهای نظام نوآوری فناورانه

کارکردهای نظام نوآوری عبارتند از دسته‌های مختلف فعالیت‌هایی که بر خلق، انتشار و بهره‌برداری از فناوری اثر می‌گذارد. کارکردها بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند و شکل‌گیری هر کارکرد منجر به شکل‌گیری دسته دیگری از کارکردها می‌گردد. غیبت و یا ضعف یک کارکرد نیز می‌تواند کارکردهای دیگری را دچار مشکل ساخته و مسیر شکل‌گیری یک نظام نوآوری فناورانه را با موانع عدیده روبرو سازد. بنابراین کارکردهای مختلف نظام بر یکدیگر تأثیر گذاشته و دارای روابط مثبت و منفی بسیار زیادی با هم هستند [۱۳]. کارکردهای یک نظام نوآوری فناورانه در جدول ۲ آمده است.

۲- ۳ موتورهای نوآوری

اصطلاح موتورهای نوآوری اشاره به دورهای مطلوب[2] و یا باطلی[3] است که در نتیجه تعامل بین کارکردهای سیستم ایجاد می‌شوند.

سورس[4] در کتاب موتورهای نوآوری پایدار، با بررسی نحوه شکل‌گیری چند نظام نوآوری فناورانه نوظهور در حوزه انرژی‌های نو و تجدیدپذیر، چهار نوع موتور محرک برای شکل‌گیری نظام‌های نوآوری نوظهور ارائه می‌کند. این موتورها عبارتند از: ۱) موتور محرک علم و فناوری؛ این موتور با شتاب‌بخشی فعالیت‌های تحقیق و توسعه، روند ظهور نظام نوآوری فناوری و شرایط رشد آن را میسر می‌کند. ۲) موتور کارآفرینی؛ هدف این موتور آن است که حجم فعالیت‌های کارآفرینی انجام‌شده در فرآیند توسعه فناوری

جدول ۲) کارکردهای نظام نوآوری فناورانه [۱۴]

عنوان کارکرد	شرح کارکرد
فعالیت‌های کارآفرینانه (F1)	فعالیت‌های کارآفرینی، دانش را به فرصت‌های کسب‌وکار و در نهایت نوآوری ترجمه می‌کند.
خلق و توسعه دانش (F2)	توسعه دانش، فعالیت‌های یادگیری را در فناوری‌های نوظهور و همچنین در بازار، شبکه‌ها و ... شامل می‌شود.
انتشار دانش (F3)	فعالیت‌های نشر دانش، مستلزم مشارکت بازیگران مانند توسعه‌دهندگان فناوری و همچنین برگزاری کارگاه‌ها و جلسات کنفرانس‌ها است.
هدایت و جهت‌دهی تحقیقات و نوآوری (F4)	هدایت تحقیقات، اشاره به فعالیت‌هایی دارد که نیازها، ملزومات و انتظارات از بازیگران را با توجه به حمایت بیشتر از فناوری در حال ظهور، شکل می‌دهد.
شکل‌گیری بازار (F5)	شکل‌دهی بازار، شامل فعالیت‌هایی است که منجر به ایجاد تقاضا برای فناوری در حال ظهور شود.
تأمین و تخصیص منابع (F6)	بسیج منابع، اشاره به اختصاص سرمایه مالی، مادی و انسانی دارد. دسترسی به چنین عوامل سرمایه‌ای برای همه تحولات دیگر لازم است.
قانونمندسازی، نهادینه‌سازی و خنثی کردن مقاومت‌ها (F7)	رشد فناوری در حال ظهور اغلب با مقاومت بازیگران کنونی همراه است. به منظور توسعه سیستم نوآوری فناوری، دیگر بازیگران باید اثر این مقابله را خنثی کنند. این کار می‌تواند با پیگیری مصرانه مقام‌های قدرتمند برای تجدید پیکربندی نهادها انجام شود.

1- Wieczorek and Hekkert
2- Virtous Circle
3- Vicious Circle
4- Suurs

نوظهور را شدت بخشد. ۳) موتور سیستم‌سازی؛ این موتور با هدف ایجاد ساختاری منسجم و یکپارچه برای توسعه فناوری در معنای عام آن است. ٤) موتور بازار؛ هدف این موتور آن است که نظام نوآوری فناورانه به عنوان بخشی از سیستم‌های مسلط به حساب آمده و فناوری با تقاضای بازار توسعه یابد [۱۱].

در پژوهش دیگری که توسط هکرت و همکاران [۱۵] انجام شده به مفهوم چهار مرحله رشد فناوری، اشاره و استدلال می‌شود که در هر مرحله از رشد فناوری، به دلیل وجود کارکردهای متفاوت سیستم، شکست‌های سیستم دارای اثرگذاری‌های متفاوتی خواهند بود. به طور مثال در مرحله موتور کارآفرینی یا همان رشد سیستم، فعالیت‌های کارآفرینانه اثرگذاری بسیار حیاتی برای تحقق این مرحله از رشد نوآوری خواهند داشت.

۲-٤ شناسایی شکست‌های سیستم

ادبیات شکست‌های سیستم توسط اسمیت [١٦] آغاز و در مقاله ۲۰۰۵ وولتویس[1] و همکاران [٦] تکمیل گردید. از نظر نویسندگان مقاله اخیر، مجموعه شکست‌ها عبارتند از: شکست‌های زیرساختی، شکست گذار، شکست قفل‌شدگی / وابستگی به مسیر، شکست نهادهای سخت، شکست نهادهای نرم، شکست‌های شبکه قوی، شکست‌های شبکه ضعیف و شکست توانمندی.

در جدول وایزروگ و هکرت [۱۲] برای سطوح هر کارکرد، چهار شکست بازیگر، نهاد، شبکه و زیرساخت را از نظر حضور، توانمندی و کیفیت مورد تحلیل قرار گرفته است (جدول ۳). در واقع این جدول نشان می‌دهد که چگونه تجزیه و تحلیل کارکرد–ساختار، می‌تواند برای شناسایی شکست‌های سیستمی مورد استفاده قرار گیرد به طوری که در نهایت، شکست هر کارکرد باید منتسب به وجود ضعف کمّی یا کیفی هر یک از اجزاء سیستم (بازیگران، نهادها، شبکه‌ها و یا زیرساخت‌ها) گردد.

جدول ۳) شکست‌های سیستمی بر اساس تجزیه و تحلیل عملکرد ساختاری یک سیستم نوآوری [۱۲]

نوع کارکرد	نوع شکست
توانمندی بازیگر	کمیت
	کیفیت
تعامل	شدت
	کیفیت
نهاد	ظرفیت
	کیفیت
زیرساخت	کمیت
	کیفیت

۳- روش تحقیق

مراحل این تحقیق به صورت فرآیند شکل ۱ طی شده است. روش جمع‌آوری اطلاعات به شکل مصاحبه، مطالعه اسناد و استفاده از پرسشنامه آماده [۱۳] بوده است. بر اساس راهبرد انتخابی، انتظار این بود که با توجه به داده‌های استخراج‌شده از پاسخ‌های پرسشنامه‌های گردآوری‌شده به شناخت از مرحله توسعه فناوری مورد مطالعه دست یافته و شکست‌های سیستم را در رسیدن به مراحل بالاتر شناسایی نمائیم. بر اساس چارچوب نظری ارائه‌شده، با بررسی شکست‌های کارکردی سیستم که با توجه به درجه بلوغ فناوری حیاتی تشخیص داده می‌شوند و همچنین بررسی اجزاء ساختاری آن، به شناسایی شکست سیستم در سطح ساختار رهنمون خواهیم شد.

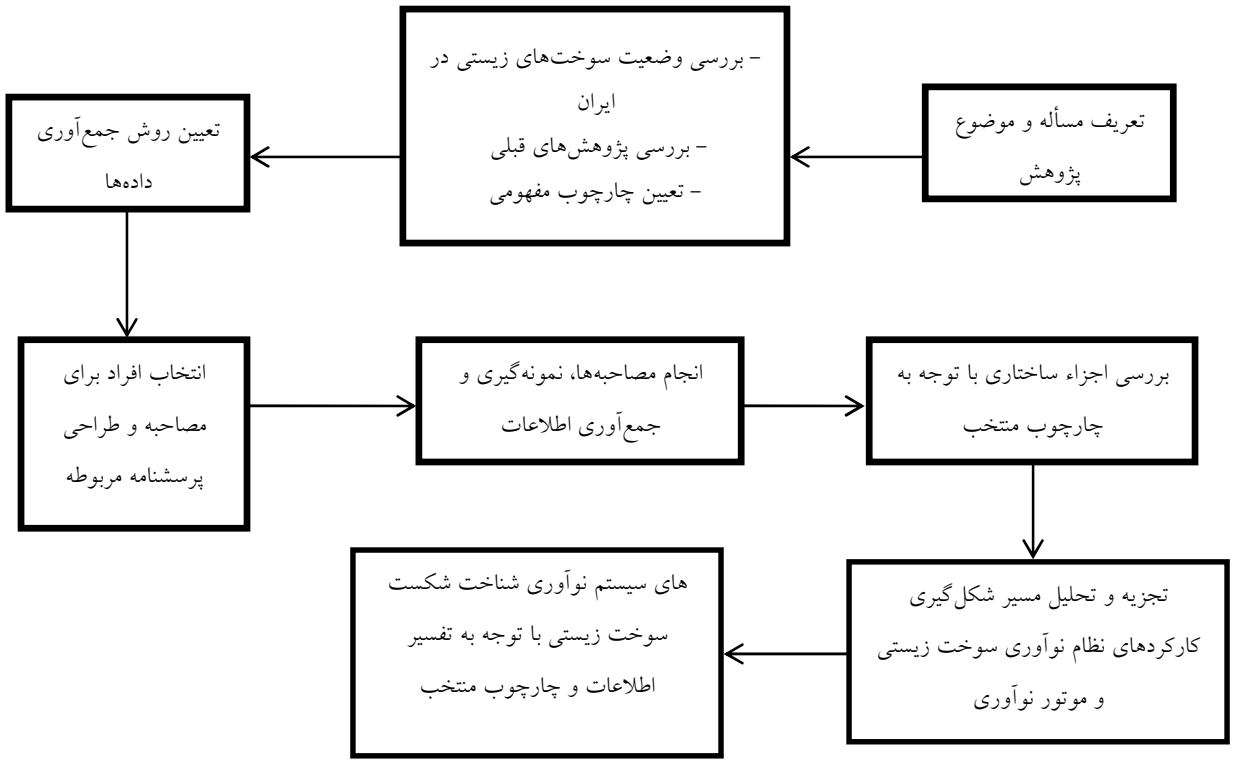
٤- پیشینه پژوهش

پالم[2] در بررسی تولید فتوولتائیک[3] خورشیدی مولد برق در سوئد از سیستم نوآوری فناورانه به منظور شناسایی و ارزیابی محرک‌ها و موانع استفاده کرده است. نتایج نشان داد همانطور که بازار برای این سیستم‌ها در سوئد رشد کرده تعداد و تنوع بازیگران درگیر در استقرار آن نیز افزایش یافته و شبکه‌ها تشکیل شده‌اند. با این حال، بازار سیستم‌های فتوولتائیک کاملاً وابسته به سرمایه‌گذاری دولت بوده است. یک مطالعه موردی هم نشان داده که چگونه رویکرد TIS برای آشکار کردن نقاط ضعف سیستم قابل استفاده است [۱۷].

تروفر، رهراچر و مارکارد[4] به بررسی چارچوبی برای شناسایی و ارزیابی نظام‌مند ساختارهای نهادی در سیستم‌های نوآوری فناورانه پرداختند و به طور خاص به اهمیت ارتباطات با

1- Woolthuis

2- Palm
3- Photovoltaic
4- Truffer, Rohracher and Markard



شکل ۱) مراحل اجرایی تحقیق

سیستم‌های زمینه‌ای (منطقه‌ای، ملی، بخشی و فناوری) تأکید می‌کنند [۱۸].

برگک و جاکوبسون[1] در مقاله‌ای به مقایسه تکامل صنعت توربین بادی در آلمان، هلند و سوئد پرداخته‌اند. در این مقاله، چهار عامل در توضیح موفقیت نسبی این صنعت در آلمان ذکر می‌شود: ۱) ایجاد تنوع در فاز اولیه؛ ۲) ایجاد مشروعیت انرژی بادی؛ ۳) بکارگیری سیاست‌های پیشرفته ایجاد بازار در مرحله بعد و نهایتاً ٤) استفاده از سیاست‌های صنعتی به نفع صنعت داخلی. پیامد این سیاست‌ها عبارتند از رشد مشروعیت برای فناوری‌های جدید و ایجاد مشوق‌های اقتصادی قدرتمند [۱۹].

نگرو، آلکمید و هکرت[2] در مقاله‌ای به توسعه شناخت نسبت به عوامل اصلی مسیر سخت تولید انرژی از زیست‌توده با استفاده از کارکردهای "سیستم نوآوری" پرداختند که نتایج زیر از آن حاصل گردید: اول، مفهوم کارکرد سیستم باعث سازماندهی حجم زیادی از پیشینه تجربی و تجزیه و تحلیل یافته‌های تجربی در یک ساختار منسجم گردید. دوم، این فعالیت‌ها شناخت بیشتری نسبت به مطالعات تجربی که قبلاً وجود داشت فراهم کردند. در نهایت سوم، اینکه دیدگاه کارکردی با تجزیه و تحلیل کارکردهای سیستم، به ما این اجازه را می‌دهد تا به مقایسه یک مورد خاص با موارد موفق‌تر بپردازیم [۲۰].

سورس[3] و هکرت در مقاله‌ای به توسعه تاریخی سوخت زیستی در هلند پرداخته و با استفاده از رویکرد نظام نوآوری فناورانه توضیح دادند که نظام نوآوری در هلند بیشتر درگیر توسعه دانش بوده در حالی که دیگر کارکردهای سیستم، به صورت توسعه‌نیافته باقی مانده‌اند [۲۱].

هکرت و همکاران در مقاله‌ای به چگونگی انتشار مشکل فناوری‌های کم‌کربن پرداختند و نشان دادند که ضعف سیستم‌های نوآوری کم‌کربن در حال ظهور بسته به نوع و مرحله سیستم متفاوت است: به طور مثال در مرحله اول بلوغ سیستم‌های نوآوری معمولاً کارکردهای مشکل‌ساز سیستم، کارکردهای هدایت تحقیق، شکل‌گیری بازار و بسیج منابع می‌باشند [۲۲].

در ایران نیز مطالعه سوخت‌های تجدیدپذیر در چارجوب نظری نظام نوآوری فناورانه، کم و بیش صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعه وضعیت نظام نوآوری هیدروژن و پیل سوختی در ایران اشاره کرد [۲۳]. نصیری و

1- Bergek and Jacobsson
2- Negro, Alkemade and Hekkert
3- Suurs

همکاران در مقاله وضعیت سیستم نوآوری هیدروژن و پیل سوختی در ایران، عوامل کارکردی و ساختاری که بر توسعه این فناوری در ایران مؤثرند را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند. بررسی آنها نشان داد تحقق "فعالیت‌های کارآفرینی" برای انتقال فناوری به مرحله قبل از تجاری‌سازی مورد نیاز است. اما این کارکرد منوط به وجود منابع مالی قابل توجهی است که برای تحقق آن، نیاز به تصویب قوانین و مقررات حمایتی فوری به عنوان پیش‌نیاز تخصیص این منابع وجود دارد.

با توجه به پیشینه فوق‌الذکر و لزوم توجه به تعامل بین ساختار و کارکرد، در این مقاله سعی شده تأثیر شکست‌های ساختاری بر ضعف کارکردها و آسیب زنجیره علیت‌های انباشتی نظام نوآوری سوخت‌های زیستی بررسی شود.

۵- سوخت زیستی و وضعیت آن در ایران

اگر چه کشور ایران از نظر تنوع زیست محیطی از وضعیت مناسبی برخوردار است و نمونه‌های متنوعی از غنی‌ترین منابع طبیعی را می‌توان در کشور مشاهده نمود اما بخش وسیعی از ایران را مناطق کویری و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهد. از طرفی، میزان بارندگی در سطح کشور کم و تهدیدات زیست‌محیطی، جدی است که از این جهت، پیشبرد سیاست‌های توسعه فناوری سوخت‌های زیستی در ایران همواره با ملاحظات راهبردی مانند جلوگیری از به مخاطره افتادن امنیت غذایی مردم یا عدم وابستگی به واردات مواد اولیه روبرو شده است.

طی سال‌های اخیر، پژوهش‌های متعددی در حوزه سوخت‌های زیستی توسط مراکز مختلف علمی به انجام رسیده است. علاوه بر فعالیت‌های پژوهش و توسعه، فعالیت‌های تولید نیمه‌تجاری (یا حتی تجاری) سوخت‌های زیستی نیز به میزان محدودی در داخل کشور انجام شده‌اند. از جمله استحصال بیودیزل از روغن‌های پسماند خوراکی در شهر اصفهان، فعالیت‌های مرکز تحقیقات مهندسی فارس در راستای تولید آزمایشی و نیمه‌تجاری بیواتانول از مواد لیگنوسلولزی و همچنین فعالیت‌های پارک علم و فناوری خلیج‌فارس در این حوزه از جمله فعالیت‌های شاخص انجام‌گرفته در داخل کشور هستند [۲۴].

۶- شناسایی اجزاء ساختاری TIS سوخت زیستی ایران

۶-۱ بازیگران

توسعه فناوری سوخت زیستی و گسترش بکارگیری آن در بخش‌های مختلف، نیازمند تلاش نظام‌مند و همه‌جانبه تمامی بازیگران مؤثر است. از این‌رو برای حصول یک درک صحیح از ظرفیت‌های کشور، بایستی این بازیگران شناسایی شده و نحوه تأثیرگذاری هر کدام از آنها بر روی توسعه این سوخت‌ها مشخص گردد. در جدول ٤ این بازیگران به تفکیک راهبر، هماهنگ‌کننده و مجری آمده است. بازیگران سطح راهبر، بازیگرانی هستند که در مراتب بالای تصمیم‌گیری قرار داشته و جنس تصمیمات آنها از نوع طراحی سیاست، راهبردهای کلان و قانون است. هماهنگ‌کننده‌ها نیز بازیگرانی هستند که در تأمین مالی و زیرساختی شبکه‌ها و تدوین آئین‌نامه‌ها، استانداردها و جهت‌دهی به اقدامات نقش دارند. مجریان و تولیدکنندگان نوآوری نیز سازمان‌های تحقیقاتی، دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیانی هستند که امر تولید دانش را بر عهده دارند. کاربران و مشتریان هم که طرف تقاضای فناوری را شکل می‌دهند و شامل کارخانجات خودروسازی و دیگر وسائط حمل‌ونقل، جایگاه‌داران و مشتریان نهایی سیستم حمل‌ونقل می‌باشند.

۶-۲ نهادها

در ایران به دلیل نوظهور بودن فناوری سوخت زیستی، تاکنون نهادهای رسمی زیادی در این زمینه شکل نگرفته است. در این زمینه می‌توان به سند ملی توسعه دانش‌بنیان انرژی‌های تجدیدپذیر اشاره کرد که اسفند ۹۳ در شورای ستاد راهبری اجرای نقشه جامع علمی کشور به تصویب رسید. این سند به استناد سیاست‌های کلی حوزه انرژی و سیاست‌های اصلاح الگوی مصرف ابلاغی مقام معظم رهبری و همچنین جایگاه انرژی‌های نو و تجدیدپذیر در اولویت‌های نقشه جامع علمی کشور و به منظور ایجاد هماهنگی بین ذینفعان توسعه این انرژی‌ها در کشور تدوین و تصویب شده است [۲۵]. طبق اطلاعات اندکی که از این سند منتشر شده عرضه صنعتی سوخت‌های زیستی در سبد سوخت کشور بایستی چنان هدف‌گذاری گردد که کل بنزین و نفت‌گاز مصرفی کشور به

جدول ٤) تقسیم‌بندی بازیگران نظام نوآوری فناورانه سوخت زیستی ایران

سطح	شرح	نقش
راهبر	رهبر ایران	تعیین سیاست‌های کلی نظام
	شورای عالی انقلاب فرهنگی	تصویب اسناد بالادستی علم و فناوری
	مجمع تشخیص مصلحت نظام	عالی‌ترین نهاد مشورتی رهبر ایران
	مجلس شورای اسلامی	تقنین و ایجاد سازوکارهای قانونی
هماهنگ‌کننده	وزارت جهاد کشاورزی	فعالسازی مراکز پژوهشی برای تحقیق و توسعه در زمینه تولید منابع زیست‌توده، حمایت از کشت مواد اولیه سوخت‌های زیستی
	وزارت نیرو (سازمان بهره‌وری انرژی ایران)	فعالیت‌های ترویجی و حمایت از طرح‌های پژوهشی
	وزارت نیرو (سازمان انرژی‌های نو ایران)	ارائه راهبردهای توسعه انرژی‌های نو، طرح‌های امکان‌سنجی و حمایت از طرح‌های توسعه فناوری
	سازمان حفاظت از محیط زیست	تدوین استانداردهای زیست‌محیطی و حمایت از طرح‌های تحقیقاتی
	وزارت نفت (شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران)	توسعه زیرساخت اختلاط سوخت‌های بخش حمل‌ونقل و ارائه استانداردهای بهینه‌سازی مصرف سوخت
	وزارت نفت (سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت)	تعریف طرح‌های تحقیقاتی سوخت زیستی، تعریف استانداردهای استفاده از سوخت زیستی به عنوان سوخت مکمل
	وزارت نفت (معاونت پژوهش و فناوری)	تعریف طرح‌های تحقیقاتی توسعه فناوری سوخت‌های جایگزین
	وزارت صنعت، معدن و تجارت	امکان‌سنجی و حمایت از بخش تولید سوخت‌های زیستی
مجریان و تولیدکنندگان	دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی، شرکت‌های دانش‌بنیان	عرضه علم، فناوری و نوآوری در حوزه سوخت زیستی
کاربران و مشتریان	صاحبان صنعت خودرو، جایگاه‌داران، مصرف‌کنندگان نهایی صنعت حمل‌ونقل	تقاضا در حوزه سوخت زیستی

صورت "بنزین با مخلوط پنج درصد اتانول زیستی" و "نفت‌گاز با مخلوط دو درصد گازوئیل زیستی" باشد.

در کنار این نهاد رسمی، مجموعه‌ای از نهادهای غیررسمی نیز وجود دارد. مانند گرایش فرهنگی به سمت سوخت‌های فسیلی به عنوان یک روتین فکری-ادراکی که شناخت دقیق آنها مستلزم تحلیل عملکرد نظام نوآوری سوخت زیستی در کنار رژیم‌های اجتماعی-فناوری مسلط است و در چشم‌انداز این تحقیق نمی‌گنجد.

٦-٣ شبکه‌ها

هدف از شناسایی شبکه‌های موجود در نظام نوآوری، ایجاد ارتباط میان سطوح خُرد و میانی نظام نوآوری و کشف ارتباط اقدامات کنشگران در مسیر توسعه نظام نوآوری است. چند شبکه با هدف توسعه سوخت زیستی در ایران شکل گرفته‌اند (جدول ٥). مشاهده می‌شود که بخش عمده شبکه‌های دارای منابع مالی و اعتباری، شبکه‌های رسمی و با نقش‌آفرینان دولتی هستند. لیکن طی سال‌های اخیر تحولات مثبتی مانند تشکیل انجمن صنفی تولیدکنندگان اتانول ایران مرکب از واحدهای صنعتی بخش خصوصی[1] و تیم تحقیقاتی سوخت زیستی به عنوان یک مؤسسه غیردولتی نیز رخ داده است[2].

٦-٤ زیرساخت‌ها

زیرساخت‌ها در ساختار نظام نوآوری سوخت‌های زیستی دارای سه وجه زیربنای فیزیکی، ادراکی و مالی است. از مصادیق وجه اول، تجهیزات و آزمایشگاه‌ها، وجه دوم، سرمایه نیروی انسانی و وجه سوم، صندوق‌های سرمایه‌های ریسک‌پذیر هستند که در ادامه، اطلاعاتی درباره سرمایه انسانی و همچنین شرکت‌ها و مؤسسات تحقیقاتی حوزه سوخت‌های زیستی ایران آمده است.

- شرکت‌ها و مؤسسات تحقیقاتی: تاکنون به طور رسمی میزان تولید و مصرف سوخت‌های زیستی در ایران گزارش نشده است. در جدول ٦ سعی شده شرکت‌های و مؤسسات تحقیقاتی که به طور خاص به سوخت زیستی می‌پردازند مورد اشاره قرار گیرد. به دلیل فعالیت‌های پراکنده و ضعف

۱- مصاحبه پیروز پروین در تاریخ ۱۳ شهریور ۱۳۹٤

۲- مصاحبه میثم طباطبائی در تاریخ ۳۱ مهر ۱۳۹٤

جدول ۵) شبکه‌های موجود در نظام نوآوری فناورانه سوخت‌های زیستی ایران

نام شبکه	کنشگران	هدف
ستاد توسعه زیست‌فناوری	یکی از ستادهای فناوری‌های راهبردی تحت نظارت معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری متشکل از نمایندگان چند وزارتخانه و بخش خصوصی به علاوه ۵ نفر از متخصصین حوزه زیست‌فناوری به عنوان اعضاء حقیقی	ارتقاء دانش و فناوری‌های زیستی به منظور کسب ثروت و رفاه عمومی
ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر	ستادی تحت نظارت معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری برای ارتباط با شرکت‌های دانش‌بنیان، مراکز آموزشی-پژوهشی، پژوهشگران و مبتکرین	هماهنگ‌سازی کارهای پراکنده‌ای که در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر در دانشگاه‌ها، سازمان‌ها و دیگر مراکز بخش خصوصی کشور انجام می‌گیرد
تیم تحقیقاتی سوخت‌های زیستی	متشکل از ۵۳ عضو و ۱۳ مرکز تحقیقاتی و دانشگاهی از ۷ کشور جهان در زمینه‌های مختلف تولید انواع سوخت‌های زیستی شامل بیودیزل، بیوگاز، بیواتانول و بیوبوتانول	هم‌افزایی محققان این عرصه
کنسرسیوم مرکز تحقیقات مهندسی فارس	ستاد توسعه فناوری انرژی‌های نو و وزارت صنعت، معدن و تجارت و با همکاری چند دانشگاه که محوریت مرکز تحقیقات مهندسی فارس است	۱- تشکیل کنسرسیوم تحقیقاتی ۲- دستیابی به دانش طراحی، ساخت و اجرای واحد نیمه‌صنعتی
انجمن صنفی تولیدکنندگان اتانول ایران	متشکل از نمایندگان ۲۰ واحد تولیدی در سراسر کشور	تشکل‌سازی صنفی برای هماهنگی و حمایت
انجمن انرژی ایران	کانونی علمی جهت استادان، محققین و متخصصین انرژی کشور	گسترش، پیشبرد و ارتقاء علمی مباحث انرژی و توسعه کیفی نیروهای متخصص در زمینه‌های مربوط به انرژی

شدید اطلاع‌رسانی در این زمینه نمی‌توان ادعا نمود که تمامی اقدامات صورت‌گرفته به طور کامل گردآوری شده‌اند.

- سرمایه انسانی: پذیرش دانشجو کارشناسی‌ارشد مهندسی سیستم‌های انرژی در دانشگاه صنعتی شریف از مهر ماه سال ۱۳۷۸ آغاز شد و گروه سیستم‌های انرژی از سال ۱۳۸۱ اقدام به جذب دانشجویان دکتری در چارچوب گرایش تبدیل انرژی در دانشکده مهندسی مکانیک نمود.

در سال ۱۳۸۸ برنامه دوره دکتری مهندسی سیستم‌های انرژی در دانشکده مهندسی انرژی تصویب و از سال ۱۳۹۰ برای پذیرش دانشجوی دکتری در این رشته اقدام به عمل آمد. دانشگاه‌های مجری آن عبارتند از: دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی‌شهر، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران (دانشگاه آزاد اسلامی)، دانشگاه صنعتی شریف، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشگاه تهران، دانشگاه صنعت نفت، دانشگاه شهید بهشتی (پردیس فنی شهید عباسپور)، دانشگاه شاهرود، دانشگاه سمنان، دانشگاه کاشان، دانشگاه صنعتی سهند، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشگاه الزهرا، دانشگاه شیراز، دانشگاه صنعتی قم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، دانشکده انرژی ساوه، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی تبریز و دانشگاه تربیت مدرس [۲۶].

۷- تجزیه و تحلیل مسیر شکل‌گیری کارکردهای نظام نوآوری سوخت زیستی مبتنی بر نتایج پیمایش

برای انجام این بخش، از پرسشنامه آماده وضعیت کارکردهای هفت‌گانه نظام نوآوری فناورانه [۱۳] استفاده و برای سنجش پایایی آن، ضریب آلفای کرونباخ محاسبه گردید که برای همه ابعاد و مؤلفه های مدل، ضریب آلفای بالاتر از ۰/۷۲ و ضریب آلفای کل پرسشنامه برابر با ۰/۹۷ شد که نشان‌دهنده پایایی بالای آن است.

نمونه آماری این پژوهش متشکل از مدیران و کارآفرینان صنعتی، پژوهشگران و همچنین سیاست‌گذاران بخش سوخت زیستی ایران بوده است. برای این منظور از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای نسبی استفاده شد. با توجه به اینکه آمار دقیقی از خبرگان و فعالان بخش سوخت زیستی در کشور

جدول ٦) نقش‌آفرینان کشور در زمینه سوخت‌های زیستی [٢٤]

شرکت / مؤسسه تحقیقاتی	مشخصات	فعالیت‌های مهم صورت‌گرفته
شرکت طراحی فرآیندهای شیمیایی فراتک	عضو کنسرسیوم‌های TEPCO و OILMICO که دارای واحد تولید اتانول است	تولید اتانول از ضایعات خرما با ظرفیت تولید ۳۰۰۰ تن اتانول و ٤٥۰۰ تن خوراک دام در سال
تیم تحقیقاتی سوخت‌های زیستی	یکی از گروه‌های فعال پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی که بخش‌های تحقیقاتی آن روی انواع سوخت‌های زیستی مشغول به کار هستند	طراحی رآکتور موسوم به Pro-STT[1]
سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران	یکی از سازمان‌های مهم تحقیق و توسعه کشور که پژوهشکده زیست‌فناوری آن از سال ١٣٦١ آغاز به کار کرده و هم‌اکنون مجهز به آزمایشگاه‌ها و پایلوت‌های مختلف است	پروژه ملی تولید سوخت بیودیزل و بیواتانول از ریزجلبک‌ها که به تأیید شورای عالی عتف رسیده و ۱۱ میلیارد تومان اعتبار مصوب دارد
مرکز رشد واحدهای فناوری دانشگاه شهرکرد	با همکاری دو تن از پژوهشگران این دانشگاه تولید بیواتانول محقق شده است	تولید بیواتانول از ضایعات دورریز میوه و سبزیجات
پژوهشکده علوم و فناوری‌های شیمیایی پژوهشگاه صنعت نفت کشور	گروه فناوری‌های نوین شیمیایی این پژوهشکده در زمینه توسعه دانش و بومی‌سازی تولید بیودیزل از دانه‌های روغنی فعالیت می‌کند	بررسی تولید سوخت از منابع گیاهی غیرخوراکی (مانند جاتروفا)
مرکز تحقیقات بیوانرژی دانشگاه تربیت مدرس تهران	یکی از مراکز تحقیقاتی پیشگام در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر که دارای آزمایشگاه بیواتانول، کارگاه تولید بیواتانول و بیودیزل و همچنین کارگاه مکانیک و بخش تحقیقات موتور است	ظرفیت تولید ۳ تن بیودیزل در روز
مرکز تحقیقات مهندسی فارس	این مرکز با برخورداری از امکانات آزمایشگاهی، کارگاه‌های ساخت و مونتاژ و کارگاه‌های پایلوت، موفق به اجرای بیش از یک صد طرح بزرگ تحقیقاتی و صنعتی در زمینه‌های مختلف شده است	– ظرفیت تولید هزار لیتر بیواتانول در روز – قرارداد تولید صنعتی بیواتانول از مواد سلولزی با سازمان گسترش نوسازی صنایع ایران به ظرفیت تولید ۱۱ هزار لیتر بیواتانول در روز

وجود ندارد جامعه آماری تحقیق به صورت نامحدود در نظر گرفته شد. برای تعیین حجم نمونه با در نظر گرفتن آلفای ۰/۰۵، خطای مجاز ۰/۱ و واریانس متغیر مورد مطالعه برابر ۰/۲۹٤ از نمونه مقدماتی، تعداد نمونه برابر با ۹۱ محاسبه گردید که در نمونه‌گیری انجام‌شده برای این تحقیق، ۹۵ پرسشنامه قابل قبول جمع‌آوری گردید.

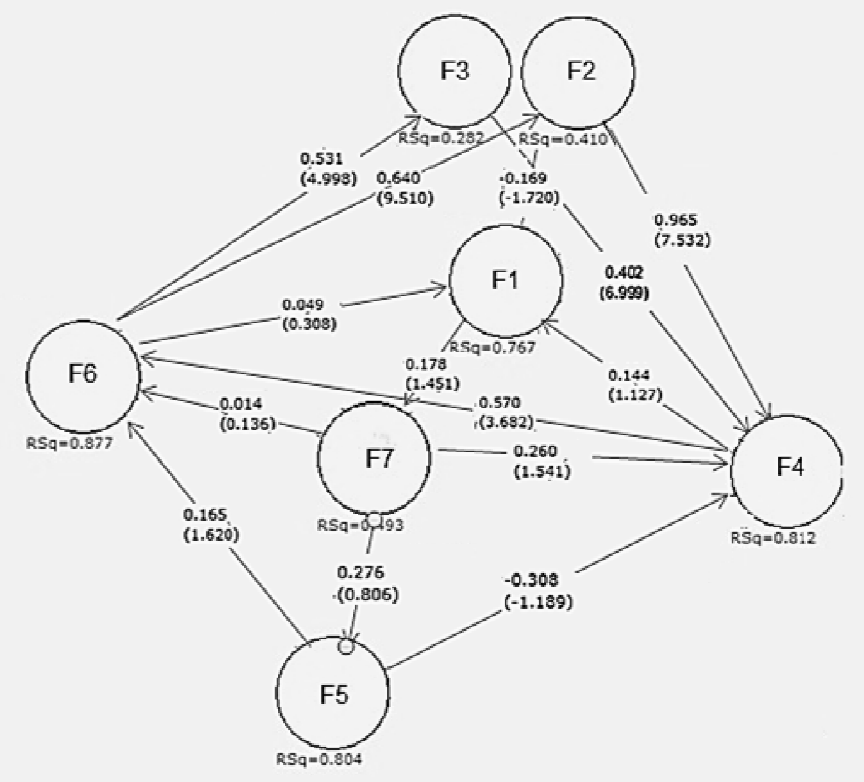
١٤ فرضیه بر اساس مدل موتور نوآوری سیستمی به عنوان عالی‌ترین شکل موتور نوآوری در فاز فناوری نوظهور [١١]، تدوین گردید (جدول ٧).

روش تجزیه و تحلیل، مدل معادلات ساختاری و با استفاده از تکنیک حداقل مربعات جزئی است. نهایتاً از ١٤ فرضیه، ٥ فرضیه مورد تأیید قرار گرفتند. نتیجه نهایی مدل معادلات ساختاری در شکل ٢ و نتایج تحلیل آن برای فرضیه‌های تأییدشده در جدول ٨ آمده است. لازم به ذکر است مسیرهایی که آزمون معناداری آنها کمتر از ١/٩٦ بوده بر اساس فرضیات مدل معادلات ساختاری با احتمال ۰/۹۵ رد و از مدل نهایی حذف گردیدند. مدل نهایی در شکل ۳ نشان داده شده است.

جدول ۷) فرضیات پژوهش

ردیف	فرضیه
۱	کارکرد (F2) منجر به شکل‌گیری کارکرد (F4) می‌شود.
۲	کارکرد (F3) منجر به شکل‌گیری کارکرد (F4) می‌شود.
۳	کارکرد (F4) منجر به شکل‌گیری کارکرد (F6) می‌شود.
٤	کارکرد (F6) منجر به شکل‌گیری کارکرد (F3) می‌شود.
٥	کارکرد (F6) منجر به شکل‌گیری کارکرد (F2) می‌شود.
٦	کارکرد (F6) منجر به شکل‌گیری کارکرد (F1) می‌شود.
۷	کارکرد (F4) منجر به شکل‌گیری کارکرد (F1) می‌شود.
۸	کارکرد (F1) منجر به شکل‌گیری کارکرد (F7) می‌شود.
۹	کارکرد (F7) منجر به شکل‌گیری کارکرد (F4) می‌شود.
۱۰	کارکرد (F5) منجر به شکل‌گیری کارکرد (F4) می‌شود.
۱۱	کارکرد (F7) منجر به شکل‌گیری کارکرد (F6) می‌شود.
۱۲	کارکرد (F5) منجر به شکل‌گیری کارکرد (F6) می‌شود.
۱۳	کارکرد (F7) منجر به شکل‌گیری کارکرد (F5) می‌شود.
١٤	کارکرد (F1) منجر به شکل‌گیری کارکرد (F2) می‌شود.

۱– نخستین رآکتور پیشرفته مجهز به سیستم ولتاژ بالا در ایران برای تولید سوخت پاک از روغن پسماند خوراکی



شکل ۲) مسیرهای شکل‌گیری اولیه کارکردهای نظام نوآوری فناورانه بخش سوخت زیستی ایران

جدول ۸) مسیرهای شکل‌گیری تأییدشده
با استفاده از مدل معادلات ساختاری

رابطه	ضریب مسیر (β)	آماره آزمون (t)
کارکرد (F2) منجر به شکل‌گیری کارکرد (F4) می‌شود.	۰/۹۵٦	۷/۵۳۲
کارکرد (F3) منجر به شکل‌گیری کارکرد (F4) می‌شود.	۰/٤۰۲	٦/۹۹۹
کارکرد (F4) منجر به شکل‌گیری کارکرد (F6) می‌شود.	۰/۵۷۰	۳/٦۸۲
کارکرد (F6) منجر به شکل‌گیری کارکرد (F2) می‌شود.	۰/٦٤۰	۹/۵۱۰
کارکرد (F6) منجر به شکل‌گیری کارکرد (F3) می‌شود.	۰/۵۳۱	٤/۹۹۸

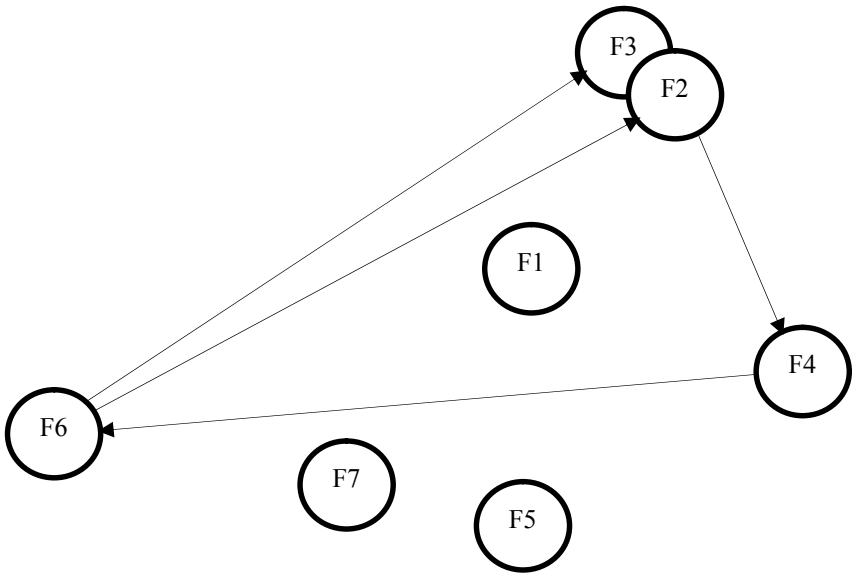
۸- تجزیه و تحلیل

۸-۱ موتور نوآوری

در این بخش، تحلیل‌های حاصل از شکل‌گیری مسیرهای بدست‌آمده تبیین و نتایج حاصل از مطالعات کیفی و کمّی ارائه شده است.

مسیر اول از تأثیر کارکردهای F2 و F3 بر F4 شکل می‌گیرد. کارکردهای خلق و توسعه دانش و همچنین انتشار دانش منجر به کارکرد هدایت و جهت‌دهی تحقیقات و نوآوری شده است. مسیر دوم از تأثیر کارکرد F4 بر F6 و سپس تأثیر کارکرد F6 بر F2 و F3 مسیر خود را تعیین می‌کند و نشان‌دهنده نحوه شکل‌گیری آن از طریق تقویت فعالیت‌های مرتبط با خلق و انتشار دانش است که توسط تأمین و تخصیص منابع بعد از هدایت و جهت‌دهی تحقیقات صورت می‌گیرد.

با مقایسه نتایج تحقیق با موتور محرک علم و فناوری، می‌توان ردپایی از شکل‌گیری مرحله اول این موتور را با تقویت کارکردهای خلق و توسعه دانش و همچنین انتشار دانش پیدا کرد. با توجه به اینکه نظام نوآوری فناورانه در مراحل آغازین عمر خود قرار دارد و هنوز به مرحله رشد اولیه (مرحله دوم) وارد نشده است ظهور هیچ موتوری به اندازه موتور محرک علم و فناوری، محتمل به نظر نمی‌رسد. با ظهور این موتور چرخه‌های تولید دانش فناوری فعال می‌شود [۱۱]. در این مدل، پویایی فعالیت‌های کارآفرینی و بازار وجود ندارد یا قابل ملاحظه نیستند.



شکل ۳) مدل نهایی از مسیرهای شکل‌گیری تأییدشده

۸-۲ تحلیل شکست‌های سیستم

در مرحله سوم، می‌توانیم سؤال اصلی پژوهش را پاسخ گوئیم که موانع ساختاری در نظام نوآوری سوخت‌های زیستی کدامند و چگونه مانع از تکامل مدل پویایی نظام نوآوری سوخت زیستی در ایران از موتور تولید دانش به شکل پیشرفته‌تر موتور کارآفرینی گردیده است. به نظر می‌رسد پاسخ این سؤال را باید در بررسی شکست‌های سیستم جستجو نمود و امکان شناخت شکست‌های سیستم تنها با توجه به تعامل تحلیل ساختاری و کارکردی، میسر می‌شود.

در این بخش با توجه به داده‌های جدول ۹، چارچوب جدول ۳ و مقایسه بین تعاملات موتور فشار علم و فناوری، شکست‌های ساختاری منجر به عملکرد ضعیف سیستم نوآوری سوخت زیستی در ایران را به صورت جدول ۱۰ ارائه خواهیم داد.

۸-۳ اولویت‌بندی اهمیت شکست‌های ساختاری و ضعف عملکردی نظام نوآوری

با نگاهی به جدول ۹، شاهد انبوهی از نقطه‌ضعف‌ها، موانع ساختاری و عملکردی در هر هفت کارکرد نظام نوآوری سوخت‌های زیستی از دید خبرگان این رشته می‌باشیم. در وهله اول همه این نقاط ضعف و شکست‌ها مانند کلاف پیچیده‌ای به نظر می‌رسند که تقسیم‌بندی آنها بر اساس اهمیت و تدوین یک دستورکار سیاستی بر این اساس ناممکن به نظر می‌رسند. لیکن با توجه به کلیه اصول مفروض مانند تعامل بین ساختار و کارکرد، علیت‌های انباشتی و موتورهای نوآوری که در مبانی نظری آورده شد می‌توان انتظار داشت که این شکست‌ها همگی در تعامل با کارکرد مربوطه، نقطه ضعف آن کارکرد را مشخص سازند و آنگاه تبیین موتور نوآوری حاصله از تعامل کارکردهای مختلف که قبلاً انجام شده به تشخیص اولویت‌های ضروری برای رفع شکست‌های سیستم خواهد انجامید.

همانطور که در بخش ۸-۱ بیان شد موتور نوآوری در ایران تنها در مرحله ابتدایی موتور فشار علم و فناوری است. با توجه به اینکه سیاست‌گذاری باید متوجه به رفع بارزترین نقاط ضعف کارکردی و شکست ساختاری سیستم باشد صرفاً بررسی (و به تبع آن، اولویت رفع این شکست‌ها با توجه به منطق تکاملی زنجیره علیت‌های انباشتی) برای چهار کارکرد مطرح در این مرحله موتور نوآوری یعنی کارکردهای دوم، سوم، چهارم و ششم در دستورکار سیاست‌گذاری فناوری سوخت زیستی قرار می‌گیرد. کارکردها در هم تأثیر می‌گذارند و روابط علیت انباشتی را شکل می‌دهند. از این جهت، به طور متقابل، شکست هر یک، بر تضعیف کارکرد دیگری مؤثر است و بالعکس، بهبود هریک، باعث تقویت دیگر کارکردها می‌گردد. با این حال در مقاطعی نقش شکست یک کارکرد را نمی‌توان نقشی نسبی دانست بلکه در واقع، آن کارکرد نقش قطعی برای عدم ورود کارکردهای دیگر به نظام بازی می‌کند.

در پیشینه موتورهای نوآوری، علیت انباشتی کارکردهای دوم، سوم، چهارم و ششم به شکل دورهای مطلوب باعث می‌شود که موتور فشار علم و فناوری به نوع تکامل‌یافته‌تر یعنی موتور کارآفرینی تطور یابد [۱۱]. اما قبل از آن باید موتور فشار علم و فناوری از مرحله اولیه وارد مرحله متکامل‌تر، دور دوم گردد و کارکرد اول یعنی تجارب کارآفرینی را نیز دربر بگیرد. این مسیر در مدل ایده‌آل خود از کارکرد چهارم هدایت تحقیقات آغاز شده و به کارکرد اول تجارب

جدول ۹) خلاصه نظرات پاسخ‌دهندگان برای ارزیابی وضعیت کارکردهای نظام نوآوری فناورانه سوخت‌های زیستی در ایران

کارکرد	نظرات پاسخ‌دهندگان	شکست‌های ساختاری
کارکرد اول: فعالیت‌های کارآفرینانه	تعداد شرکت‌های زایشی و نوپا در حوزه سوخت زیستی بسیار کم است و همچنان مراکز دولتی و غیرخصوصی نقش‌آفرین اصلی این عرصه می‌باشند. به علت عدم وجود سیاست مشخص دولتی در حمایت از سوخت‌های زیستی، کارآفرین خصوصی این حوزه را دارای ریسک بسیار بالا می‌بیند.	۱- شکست توانمندی بازیگران ۲- شکست نهادهای نرم ۳- شکست نهادهای سخت ٤- شکست تعاملات ۵- شکست زیرساخت‌ها
کارکرد دوم: کارکرد خلق و توسعه دانش	توسعه دانش نظام نوآوری سوخت زیستی به طور نسبی از کلیه کارکردهای دیگر بهتر عمل کرده است. اما یکی از مشکلات عمده ایران، نبود دانش تجاری‌سازی مرتبط با این رشته است. دانش خلق‌شده نیز کمتر به صورت درون‌زا بوده و عمدتاً بر پایه یادگیری، تقلید و واردات بوده است.	۱- شکست نسبی توانمندی‌های بازیگران ۲- شکست نهادها ۳- شکست زیرساخت‌ها ٤- شکست تعاملات
کارکرد سوم: انتشار و اشاعه دانش	زنجیره ارزش حوزه سوخت زیستی هنوز به میزان لازم تخصصی نشده و تقسیم کار لازم صورت نگرفته است. یکی از عوامل ضعف شبکه‌های دانشی در این حوزه، داخلی است اما عامل دیگر، تحریم‌های بین‌المللی و عدم حضور دانشمندان مطرح در این حوزه می‌باشد.	۱- شکست توانمندی بازیگران ۲- شکست کیفی تعاملی در داخل ۳- شکست کمّی تعاملی در خارج ٤- شکست زیرساخت‌ها
کارکرد چهارم: هدایت و جهت‌دهی تحقیقات و نوآوری	چشم‌انداز و و اهداف تعیین‌شده از سوی دولت برای توسعه سوخت زیستی به طور واضح مشخص نشده است. همچنین مشوق‌ها و حمایت‌های ویژه و یا وضع استانداردهای حمایتی از سوی دولت به خوبی صورت نمی‌گیرد. به نظر می‌رسد که شکست‌های کارکرد چهارم که خود موظف به ایجاد نهادسازی است بیش از هر چیز ناشی از شکست نهاد فرهنگی قفل‌شدگی در اقتصاد کربن است.	۱- شکست توانمندی بازیگران ۲- شکست نهادها ۳- شکست تعاملی ٤- شکست زیرساخت‌ها
کارکرد پنجم: شکل‌گیری بازار	ارائه معافیت‌های مالیاتی و تعرفه‌ای برای ورود فعالان این حوزه از طرف دولت انجام نمی‌شود و همچنین میزان خریدهای دولتی و حمایتی ویژه برای استفاده از توان داخل در این حوزه، چندان وجود ندارد و نیاز به تطابق بیشتر سیاست‌های کلان اقتصادی و بازرگانی کشور با الزامات توسعه و شکل‌گیری این حوزه احساس می‌شود.	۱- شکست توانمندی‌های بازیگران ۲- شکست نهادها ۳- شکست زیرساخت‌ها ٤- شکست تعاملات
کارکرد ششم: تأمین و تخصیص منابع	باید به تخصص‌های مکمل مدیریتی و کارآفرینی مرتبط با این حوزه، توجه بیشتری کرد. به سرمایه‌گذاری در R&D چه از سوی بخش دولتی و چه از سوی بخش خصوصی توجه بیشتری شده و امکان تخصیص وام‌ها و منابع مالی تشویقی هم برای محققان، اساتید و دانشجویان و هم برای کارآفرینان افزایش یابد.	۱- شکست توانمندی‌های بازیگران ۲- شکست زیرساخت‌ها ۳-شکست نهادها ٤- شکست تعاملات
کارکرد هفتم: مشروعیت‌سازی	حضور ائتلاف‌های حامی مرکب از هواداران محیط زیست و صنایع تولیدکننده اتانول، باعث نشده که اولویت سوخت‌های زیستی در دستورکار سیاست‌گذاری ملی قرار بگیرد به عبارت دیگر حضور بازیگران به تغییر نهادها منجر نشده است.	۱- شکست کیفی توانمندی‌های بازیگران ۲- شکست نهادها ۳- شکست تعاملات ٤- شکست زیرساخت‌ها

جدول ۱۰) تحلیل موانع کارکردی و شکست سیستمی مدل فشار علم و فناوری نظام نوآوری سوخت زیستی در ایران

کارکردها	نقطه رخداد شکست‌ها				ضعف در کارکرد	اولویت در سیاست‌گذاری
	توانمندی‌ها	نهادها	تعاملات	زیرساخت‌ها		
کارکرد دوم	کیفیت	ظرفیت	شدت	کمیت و کیفیت	ضعف نسبی	اولویت ۲
کارکرد سوم	کمیت	کیفیت	کمیت	کمیت و کیفیت	ضعف نسبی	اولویت ۲
کارکرد چهارم	کمیت و کیفیت	کمیت و کیفیت	کمیت و کیفیت	کمیت و کیفیت	ضعف مطلق	اولویت ۱
کارکرد ششم	کیفیت	کیفیت	کیفیت	کیفیت	ضعف مطلق	اولویت ۱

کارآفرینی و پس از آن از طریق اتصال به کارکرد ششم بسیج منابع دوباره به کارکردهای دوم و سوم وصل می‌گردد.

یافته‌های پژوهشی این مقاله نیز این گزاره‌ها را تأیید می‌کند. در حقیقت گذار از مرحله فشار علم موتور نوآوری به مراحل بالاتر باید با دخالت‌های دولت انجام گیرد. با توجه به این مسائل، اولویت‌بندی شکست‌های سیستم نوآوری سوخت زیستی در ایران به صورت زیر ارائه می‌گردد:

۱) ضعف کارکرد چهارم یا هدایت تحقیق به علت شکست ساختار در حوزه بازیگران، در حوزه توانمندی، در تدوین راهبری‌های تخصصی، ضعف نهادی و عدم وجود یک نهاد متمرکز متولی و در مقابل، حضور چندین نهاد بدون تقسیم کار مشخص و مرزبندی بین وظایف، از اهم این شکست‌ها می‌باشد. شکست‌های کارکرد چهارم بیش از هر شکست دیگر باعث عدم ورود بازیگران کارآفرین به حوزه سرمایه‌گذاری و پذیرش ریسک در حوزه نوآوری برای سوخت زیستی گردیده است. به علاوه شکست‌های کارکرد چهارم باعث ایجاد موانع ساختاری برای ایفاء نقش در حوزه کارکرد پنجم شده و مانع می‌شود که کارکرد اول با ورود خود به دور علیت انباشتی موتور نوآوری از مرحله ابتدائی به مرحله تکاملی‌تر موتور فشار عرضه ارتقاء یابد. کارکرد چهارم یعنی هدایت تحقیق، کارکردی است که مسئولیت هدایت فرآیند نوآوری را به عهده داشته و نهادسازی می‌کند و بیش از هر کارکرد دیگری بر ایجاد نهادهای مؤثر در این حوزه تأثیر می‌گذارد. زمانی که این کارکرد خود دچار ضعف و شکست در بخش‌های نهادی (نهادهای نرم) و شبکه‌ای (شبکه قوی و شبکه ضعیف) می‌گردد موتور فشار علم و فناوری در یک دور باطل گرفتار می‌شود که به طور خلاصه به آن پدیده فقل‌شدگی در اقتصاد کربنی[1] گفته می‌شود.

از آنجا که موتور نوآوری در مرحله اول فشار عرضه، درجا می‌زند بازیگر اصلی در این مرحله، بی‌هیچ شبهه‌ای دولت است. طبیعی است که ضعف بازیگران، نهادها، شبکه‌ها و زیرساخت‌ها در کارکرد چهارم، بیش از هر عامل دیگری در تحول مدارها از دورهای باطل به دورهای مطلوب و بالعکس، در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر نقش دارد. از سوی دیگر در سطح کارکرد چهارم، ایجاد ارتباط و تعامل بین بازیگران و بررسی نظرات و نگرش‌های آنها بسیار مهم است و فقدان هر گونه تعاملی بین این بازیگران، به علت ضعف شبکه‌سازی (شبکه ضعیف) باعث پراکنده‌کاری در جریان تدوین اولویت‌های نوآوری و هدایت تحقیقات (نهادهای سخت) می‌گردد. اما از سوی دیگر عدم مشارکت همه ذینفعان و مسکوت‌گذاردن مطالبات جمعی ائتلاف‌های حامی محیط زیست و دیگر گروه‌های جوامع مدنی از آنان در هنگام بررسی اولویت‌ها، باعث بروز شکست دیگری در حوزه شبکه‌ای به نام شبکه قوی می‌گردد.

شکست هدایت تحقیق در بُعد تعاملی، یکپارچگی نظام نوآوری را تهدید می‌کند. شکست تعامل بین کلیه اجزاء نظام و یا تعامل ضعیف در میان ذینفعان بخش انرژی‌های تجدیدپذیر، منجر به یک ساختار تکه‌تکه‌ای شده به طوری که نمی‌توان به آن نام "نظام" را داد. به عنوان یک نتیجه از همکاری ضعیف در میان سازمان‌های درگیر در این بخش، آنها از پروژه‌های مشابه انجام‌شده توسط دیگران بی‌اطلاع هستند. این مشکل منجر به اجرای پروژه‌های مشابه شده و منابع محدود اختصاص داده‌شده به فناوری‌های بخش انرژی را از بین می‌برد.

در بخش عرضه، شکست سیستم موجب عدم اولویت‌گذاری حوزه سوخت زیستی شده و به علت نبود سازوکار مشخص

1- Carbon Lock-in

انتخاب[1]، بازیگران کارکرد دوم را به سردرگمی و دوباره‌کاری دچار می‌سازد. از سوی دیگر، با ارائه علائم متعارض و متناقض در حوزه سیاست‌گذاری، ریسک ورود بازیگران عرصه کارآفرینی را به این حوزه افزایش داده و بخش تقاضا را با مشکلات متعددی روبرو می‌سازد.

نمود ضعف کارکرد چهارم در بخش تقاضا، به شکل نبود برنامه‌های حمایتی سوخت زیستی در جهت کاسته شدن از عدم قطعیت‌ها ظاهر می‌شود. همین شکست باعث نبود مشتری علاقمند به سرمایه‌گذاری در تحقیقات و ضعف و کمبود تقاضای نهایی برای سوخت‌های فسیلی است. با توجه به اینکه انرژی در ایران ارزان است این مسأله باعث می‌شود سرمایه‌گذاری در این بخش مقرون‌به‌صرفه نباشد چون فرآیند تولید آن بسیار پرهزینه است و با توجه به یارانه‌ای که به سوخت‌های فسیلی تعلق می‌گیرد تولید سوخت زیستی با اما و اگر همراه خواهد شد.

۲) پس از اولویت رفع شکست‌های کارکرد چهارم، کارکرد ششم یا بسیج منابع مقوله بعدی است که رفع شکست آن از طریق برنامه‌های اعطاء اعتبار برای تجاری‌سازی پروژه‌های نیمه‌صنعتی سوخت‌های زیستی، تخصیص گرنت به پروژه‌های تحقیقاتی در این زمینه، معافیت‌های مالیاتی به تولیدکنندگان وسایل نقلیه با سوخت‌های ترکیبی و غیره انجام می‌پذیرد. رفع شکست از کارکرد بسیج منابع، موجب تقویت کارکرد بسیار مهم بازارسازی می‌گردد.

در نتیجه روان‌سازی کارکردهای چهارم و ششم، از کارکردهای دوم و سوم نیز رفع شکست نسبی خواهد شد و در نتیجه اعطاء گرنت، زیرساخت‌های علمی دانشگاه‌ها تقویت شده و پلتفرم‌های ایجاد شبکه‌های تعاملی داخلی و بین‌المللی برقرار می‌گردد. در جریان این فرآیند، ظرفیت‌سازی انجام شده و تولید دانش و انتشار آن سرعت می‌یابد.

شکست سیستمی در توسعه فناوری انرژی تجدیدپذیر در کشورهای توسعه‌یافته جدی و در ایران به عنوان یک کشور صادرکننده نفت خام بسیار جدی‌تر است. تأخیر طولانی در اجرای سیاست‌های حمایتی و کمبود منابع مالی مورد نیاز برای اجرای سیاست‌های بخش انرژی، مشکل رایج است. کاهش اعتماد سیاست‌گذاران به محققان، کارآفرینان و سرمایه‌گذاران باعث می‌شود آنها تمایلی به درگیری در توسعه فناوری نداشته باشند. همچنین توجه به فراوانی منابع انرژی متعارف به عنوان سیاستی حمایتی به نفع آنها، باعث کاهش جذابیت فناوری‌های جایگزین می‌شود. علاوه بر این، پیشرفت‌های فناورانه در بخش انرژی به بودجه دولتی تکیه دارند. این تک‌منبعی بودن باعث افزایش عدم اطمینان به منابع تخصیصی مورد نیاز برای اجرای پروژه‌های توسعه فناوری می‌شود.

مجموعه کلیه شکست‌های سیستمی اشاره‌شده، زنجیره علیت انباشتی را به شکل دورهای باطل بوجود می‌آورد که موانع ساختاری، ادراکی و نهادی را در مسیر تطور موتورهای نوآوری از مرحله اول آن یعنی فشار علم و فناوری به سمت انواع تکامل یافته‌تر آن ایجاد می‌کند و باعث می‌شود رشد نوآوری در این حوزه به شکلی بسیار کُند امکانپذیر گردد. این واقعیت نهایتاً سبب می‌گردد در این حوزه فاصله ایران روزبه‌روز با دیگر کشورهای پیشرو افزایش یابد.

منابع References

[1] www.biofuel.org.uk

[2] www.businessdictionary.com

[3] 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.

[4] Carlsson, B., & Stankiewicz, R. (1991). On the nature, function and composition of technological systems. Journal of evolutionary economics, 1(2), 93-118.

[5] 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.

[6] Woolthuis, R. K., Lankhuizen, M., & Gilsing, V. (2005). A system failure framework for innovation policy design. Technovation, 25(6), 609-619.

[7] Suurs, R. A., Hekkert, M. P., Kieboom, S., & Smits, R. E. (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.

[8] 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.

[9] Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. Research policy, 31(8), 1257-1274.

1- Selection

[10] North, D. C. (2009). Institutions, institutional change and economic performance. Cambridge university press.
[11] Suurs, R. A., & Hekkert, M. P. (2009). Motors of sustainable innovation. Towards a theory on the dynamics of technological innovation systems (Thesis), Utrecht University, Utrecht, 45-46.
[12] 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.
[۱۳] محمدی، مهدی؛ طباطباییان، سید حبیب‌الله؛ الیاسی، مهدی و روشنی، سعید. (۱۳۹۲). تحلیل مدل شکل‌گیری کارکردهای نظام نوآوری فناورانه نوظهور در ایران؛ مطالعه موردی بخش نانوتکنولوژی در ایران. سیاست علم و فناوری، سال ۵ (٤)، ۱۹-۳۲.
[١٤] متوسلی، محمود؛ میگون پوری، محمدرضا و میگون پوری، الهه، (۱۳۹۲). شناسایی عوامل مؤثر بر فرآیند شکل‌گیری سیستم نوآوری فناورانه در کشور: الگویی مبتنی بر نظریه برخاسته از داده. فرآیند مدیریت و توسعه، دوره ۲٦، شماره ۸۳، ۳-۲۸.
[15] Hekkert, M., Negro, S., Heimeriks, G., & Harmsen, R. (2011). Technological innovation system analysis. Faculty of Geosciences Utrecht University.
[16] Smith, K. (1997). Economic infrastructures and innovation systems. Systems of innovation: Technologies, institutions and organisations, London and Washington: Pinter.
[17] Palm, A. (2014). An emerging innovation system for deployment of building-sited solar photovoltaics in Sweden. Environmental Innovation and Societal Transitions.
[18] Truffer, B., Rohracher, H., & Markard, J. (2009). The Analysis of Institutions in Technological Innovation Systems-A conceptual framework applied to biogas development in Austria. Copenhagen: Copenhagen Business School, 7.
[19] 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). Physica-Verlag HD.
[20] 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.
[21] Suurs, R. A., & Hekkert, M. P. (2007, January). Patterns of cumulative causation in the formation of a technological innovation system: the case of biofuels in the Netherlands. In DRUID Winter Conference, Aalborg, Denmark.
[22] Hekkert, M., Negro, S., Farla, J., Alkemade, F., Suurs, R., Weterings, R., ... & van Alphen, K. (2009). The troublesome build up of 'low carbon'innovation systems. Innovation and Environmental Sciences, 11(5), 422-435.
[23] Nasiri, M., Khorshid-Doust, R. R., & Moghaddam, N. B. (2015). The status of the hydrogen and fuel cell innovation system in Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 43, 775-783.
[٢٤] پژوهشکده مطالعات راهبردی فناوری. (۱۳۹۱). مطالعه وضعیت توسعه سوخت‌های زیستی در ایران. تهران: مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی.
[٢٥] www.reic.isti.ir/ (سایت توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر)
[٢٦] «برنامه آموزشی کارشناسی‌ارشد مهندسی سیستم‌های انرژی». دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران.

Volume 8, Number 1, Spring 2016

Journal of

Science & Technology Policy

Identification of System Failures in Biofuels Technological Innovation System of Iran

Tahereh Miremadi[1]*, Zohre Rahimi rad[2]

1- Associate Professor and Research Fellow Of The Research Center For STI Policy and Diplomacy (MAPSED), IROST,Tehran,Iran
2- PhD candidate at Mazandaran University and Research Fellow of MAPSED

Abstract

This study aims to answer the question ofwhat are the failures of the biofuels innovation system in Iran. To attain this goal, it conducts a structural analysis (actors, institutions, networks, infrastructures). By studying path of formation and growth Iran's biofuels sector using technological innovation system approach and effects of various functions on each other using structural equation modeling determines the motor of innovation. Finally, through interaction between structural and functional properties, failures of biofuels system will be identified and based on motors of innovation, importance of these failures in creating vicious circles and converting it to virtous circles will be studied.

Keywords: Biofuels, Technological Innovation System, Innovation System Functions, Path Analysis, System Failure, Vicious Circles, Cumulative Causations

* Corresponding author: tamiremadi@yahoo.com