فصلنامه پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی
سال چهارم/ شماره ۱۲/ پاییز ۱۳۹۷/ صفحات ۱۱۱-۷۷

عوامل کلان تأثیرگذار بر نظام نوآوری فناورانه فتوولتائیک در ایران: رویکرد مدلسازی ساختاری - تفسیری

محمد اسماعیل زاده
دانشجوی دکتری سیاست گذاری علم و فناوری دانشگاه علم و صنعت
m.esmailzadeh2@gmail.com

علیرضا علی احمدی
استاد دانشکده مهندسی پیشرفت دانشگاه علم و صنعت
aaliahmadi@yahoo.com

سیامک نوری
دانشیار دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت (نویسنده مسئول)
snoori@iust.ac.ir

حمیدرضا نورعلیزاده
استادیار دانشکده مهندسی پیشرفت دانشگاه علم و صنعت
nouralizadeh@iust.ac.ir

نظام نوآوری فناورانه و رویکرد چند سطحی به عنوان ابزارهایی نظام مند جهت ارزیابی مشکلات توسعه فناوری‌ها و مطالعه تغییرات فناورانه مورد توجه قرار گرفته‌اند. مفهوم نظام نوآوری فناورانه به‌دلیل درون‌نگر بودن و عدم توجه کافی به عوامل کلان همواره توسط محققان مورد نقد قرار گرفته است. رویکرد چند سطحی به عنوان یک مفهوم تکمیل کننده که قابلیت بررسی عوامل کلان را دارد، مورد توجه قرار گرفته است. هدف این مقاله، شناسایی و اولویت بندی عوامل کلان تأثیرگذار بر نظام نوآوری فناورانه با استناد به رویکرد چند سطحی و بررسی چگونگی تأثیرگذاری آن‌ها است. از این رو پس از شناسایی عوامل زمینه‌ای کلان تأثیرگذار بر نظام نوآوری، اهمیت هر یک از آن‌ها با بررسی تجربی این عوامل در نظام نوآوری فناورانه فتوولتائیک در ایران، با استفاده از روش‌های مدل‌سازی ساختاری-تفسیری (ISM) و روش MICMAC مشخص شده است. نتایج نشان می‌دهد که سیاست‌های دولت، بحران نفتی، رشد و رکود اقتصادی به ترتیب به عنوان اصلی‌ترین عوامل زمینه‌ای تأثیرگذار بر نظام نوآوری فناورانه فتوولتائیک ایران همچنین و همچنین هدفمندی یارانه‌ها، عوامل جغرافیایی و تحریم‌های اقتصادی کمترین تأثیر را در نظام نوآوری فناورانه دارند.

واژگان کلیدی: نظام نوآوری فناورانه، رویکرد چند سطحی، مدلسازی ساختاری-تفسیری، فتوولتائیک

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۳

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

۱. مقدمه

توجه به مفهوم نظام نوآوری سبب شد تا محققان تلاش نمایند روش‌هایی را ایجاد کنند که بتوانند سطح توانمندی نظام نوآوری را ارزیابی نمایند و به مقایسه نظام‌های نوآوری با یکدیگر بپردازند. مقایسه ساختارهای نظام‌های نوآوری مختلف تا مدت‌ها به‌عنوان یک منبع اطلاعاتی برای بررسی دلایل موفقیت یا شکست یک نظام نوآوری خاص به کار گرفته می‌شد (وایزورک و هکرت، ۲۰۱۲)[1]. بعدتر محققان به این نتیجه رسیدندکه باید از توصیف عناصر ساختاری نظام‌های نوآوری و روابط بین آن‌ها فراتر برویم. یکی از شیوه‌های تحقق این امر، پرداختن به فعالیت‌های انجام‌شده در داخل نظام نوآوری یا کارکردهای آن است. کارکردهای یک نظام نوآوری مربوط به ویژگی‌ها و تعاملات بین عناصر یک نظام نوآوری مانند بازیگران (نظیر بنگاه‌ها و سایر سازمان‌ها)، شبکه‌ها و قوانینی است که مختص یک نظام یا مشترک بین چند نظام نوآوری هستند (ادکوئیست، ۲۰۰۱)[2]. تحلیل کارکردها می‌تواند وضعیت یک نظام نوآوری را در یک لحظه زمانی تعیین‌شده، مشخص نماید (وایزورک و هکرت، ۲۰۱۲). انتظار می‌رود که هرچقدر کارکردهای یک نظام نوآوری بیشتر محقق شود، آن نظام عملکرد بهتری داشته و فرصت‌های بهتری برای توسعه، انتشار و پیاده‌سازی فنّاوری‌های جدید پیدا کند. همچنین، کارکردها بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند (نگرو و همکاران، ۲۰۰۷)[3]. از این رو برخی محققان تلاش نمودند که برای ارزیابی مشکلات نظام نوآوری بر روی کارکردهای آن تمرکز کنند و با ارزیابی کارکردها وضعیت و نقاط قوت و ضعف نظام نوآوری مد نظر خود را شناسایی کنند (چانگ و یانگ[4]، ۲۰۱۶؛ هلزمارک و همکاران[5]، ۲۰۱۶).

1. Wieczorek and Hekkert
2. Edquist
3. Negro et al.
4. Chung and Yang
5. Hellsmark, et al.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

برخی از محققان بر مبنای مطالعات گذشته ، به ارایه چارچوب نظامند برای ارزیابی مشکلات نظام نوآوری فناوارنه پرداختند (نگرو و همکاران، ۲۰۱۲). از سوی دیگر، برخی از محققان عنوان نموده‌اند که هرچند که تحلیل ساختاری-کارکردی در ارزیابی نظام‌های نوآوری مناسب بوده است، اما نیاز به الگوهای عمیق‌تری برای تعریف و شناخت مشکلات نظام‌های نوآوری وجود دارد (کیفت و همکاران، ۲۰۱۵)[1].

به گفته وبر و روهراچر (۲۰۱۲)، در تحلیل ساختاری نظام نوآوری فناورانه این خطر وجود دارد که تعامل این نظام با نظام‌های بخشی، منطقه‌ای و ملّی مرتبط با آن نادیده گرفته شود و تحولات تکاملی نظام‌های بخشی یا نظام‌های اجتماعی-فنی در نظر گرفته نشود (وبر و روهراچر، ۲۰۱۲)[2]. همچنین برخی از محققان ضمن نقد نظام نوآوری به عنوان یک رویکرد درون نگر و عدم توجه آن به عوامل محیطی تلاش نمودند تا با تلفیق آن با رویکرد چند سطحی۳ (MLP) که توانایی بهتری در شناسایی عوامل محیطی دارد، به تقویت آن بپردازند. آن‌ها معتقدند که فناوری‌های جدید در یک فضای خالی رشد نمی‌کند بلکه این فناوری‌ها تحت تأثیر عوامل کلان زمینه‌ای[4] هستند که بر توسعه فناوری تأثیرگذارند (مارکارد و ترافر، ۲۰۰۸)[5]. توسعه فناوری یه مفهوم چند بعدی است که می‌تواند تحت تأثیرعوامل کلان خارج از سیستم، باشد. عواملی که در محیط قرار دارند و می‌توانند تأثیرگذار باشند. این عوامل زمانی که یک نظام نوآوری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد تا موانع توسعه فناوری در آن نظام شناسایی و مرتفع شود، باید شناسایی شده و موانعی که از این عوامل کلان نشات می‌گیرد به نحوه مناسبی حل و فصل شود. به عبارت دیگر، صرف ارزیابی کارکردهای و یا عناصر ساختاری نظام نوآوری نمی‌تواند در شناسایی مشکلات و موانع توسعه فناوری در نظام نوآوری، کارساز باشد. بلکه علاوه بر ارزیابی‌های

1. Kieft
2. Weber and Rohracher
3. Multi-level perspective
4. Contextual factors
5. Markard and Truffer

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

کارکردی و ساختاری باید بتوان عوامل کلانی که در محیط سیستم قرار دارند و می‌توانند بر کارکردهای نظام نوآوری اثر گذاشته و مانعی برای توسعه فناوری باشند شناسایی نمود. با توجه به لزوم درک این که یک فناوری جدید چگونه تحت تأثیر عوامل زمینه‌ای و بستری که در آن وجود دارد، رشد می‌کند؛ مطالعه عوامل کلیدی تأثیرگذار بر توسعه فناوری‌های جدید ضروری به نظر رسد و نتایج چنین مطالعاتی برای آگاهی سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان سودمند خواهد بود. تاکنون مطالعاتی که در این زمینه انجام شده محدود بوده پراکنده بوده است، به طوری که هر یک از آن‌ها چند عامل را به عنوان عوامل کلان معرفی نموده‌اند. از این‌رو، این مقاله تلاش می‌کند در یک تحلیل نظام‌مند نشان دهد که چه عوامل کلانی در مسیر توسعه فناوری می‌تواند بر نظام نوآوری فناورانه تأثیرگذار باشد و اهمیت این عوامل به چه شکل است؟ برای دستیابی به این هدف، در این تحقیق، ضمن بررسی چیستی عوامل زمینه‌ای و کلان، به صورت تجربی این عوامل را در نظام نوآوری فناورانه فتوولتائیک ایران، بررسی خواهیم کرد. بنابراین، در بخش اول این مقاله به بررسی رویکرد نظام نوآوری فناورانه و رویکرد چند سطحی و مؤلفه‌های آن می‌پردازیم و سپس مروری بر عوامل زمینه‌ای (کلان) تأثیرگذار، با توجه به رویکرد چند سطحی، خواهیم داشت. در نهایت، با استفاده از رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM)، اثرگذاری این عوامل بر روی نظام نوآوری مورد مطالعه و سنجش قرار گرفته و اولویت آن‌ها استخراج می‌شود.

۲. پیشینه تحقیق

لمپرینوپلو و همکاران (۲۰۱۴) از یک چارچوب تحلیلی جامع برای بررسی نظام‌های نوآوری بر اساس تحلیل ساختارها، کارکردها و مشکلات سیستمی استفاده نمودند. آن‌ها در چارچوب تحلیلی خود را بر مبنای ادبیات موجود و ترکیب چارچوب‌های پیشنهادی برگک[1] و همکاران

1. Bergek

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

(۲۰۰۸)، وایزورگ و هکرت (۲۰۱۲) و وبر و روهراچر (۲۰۱۲) استخراج نمودند و عوامل کلان را نیز در بررسی مشکلات سیستمی نظام‌های نوآوری مدنظر قرار دادند (لامپرینوپلو و همکاران، ۲۰۱۴)[1]. وبر و روهراچر (۲۰۱۲) بینش‌های حاصل از مباحث مدیریت‌گذار را در رویکرد نظام نوآوری و مفهوم «شکست‌ها» در مطالعات نظام نوآوری لحاظ نموده‌اند و بر این اساس چارچوبی را پیشنهاد نموده‌اند که ارائه سیاست‌ها را برای تغییرات تحولی مقدور می‌سازد. آن‌ها مشکلات ناشی از عوامل کلان را در نظام‌های نوآوری بررسی نمودند و مشکلاتی را در این راستا مطرح ساختند که عبارتند از: مشکلات جهت‌گیری، مشکلات هماهنگ‌سازی سیاسی، مشکلات تفسیر تقاضا و مشکلات انعکاس‌پذیری (وبر و روهراچر، ۲۰۱۲).

ادسند (۲۰۱۶) با درنظر گرفتن عوامل زمینه‌ای و کلان نظام‌های نوآوری و شرایط خاص کشورهای درحال توسعه ، کارکردهای ارائه شده برای نظام نوآوری را تکمیل نموده است. وی برای تحلیل محیطی که TIS در آن فعالیت می‌کند، از رویکرد چندسطحی الگو گرفته و عوامل زمینه‌ای تأثیرگذار بر نظام‌های نوآوری کشورهای درحال توسعه را بررسی نموده است. سپس، تأثیر این عوامل بر کارکردهای نظام نوآوری در کشورهای درحال توسعه را مورد سنجش قرار داده است (ادسند، ۲۰۱۶)[2].

۳. مبانی نظری و مرور ادبیات

رویکرد نظام نوآوری حدود یک دهه پس از تلاش‌های فریمن[3] (۱۹۸۷)، لانوال[4] (۱۹۹۲) و نلسون[5] (۱۹۹۳) روی این حوزه گسترش پیدا کرد. این مفهوم که در ابتدا مورد توجه کشورهای عضو OECD قرار گرفت، اخیراً به‌عنوان چارچوبی برای تدوین سیاست‌های کلان توسعه فناوری

1. Lamprinopoulou
2. Edsand
3. Freeman
4. Lanval
5. Nelson

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

واقع‌شده است و توانسته توجه بسیاری از محققـان و سیاسـت‌گـذاران را جلـب نمایـد و بـه‌عنـوان پیشرفته‌ترین و پرکاربردترین مدل توسعه و پیشرفت، مورد استفاده قرار بگیـرد. نظـام نـوآوری را می‌توان در سطوح مختلفی مورد تحلیل قرار دارد، این سطوح عبارتند از: نظام ملی نوآوری، نظام منطقه‌ای نوآوری، نظام نوآوری بخشی و نظام نوآوری فناورانه.

ظهور مفهوم نظام نـوآوری فناورانـه (TIS) را مـی‌تـوان بـه کارلسـون و اسـتانکیویچ (۱۹۹۱) نسبت داد .آن‌ها نظام‌های فناورانه را بدین‌صورت تعریف نموده‌انـد: «شـبکه پویـایی از بـازیگران که در یک زمینه اقتصادی و صنعتی و تحت یک چارچوب نهادی خاص با یکدیگر در تعامل‌اند و در خلق، انتشار و بهره‌برداری از فناوری مشارکت دارند» (بنجامین و همکـاران، ۲۰۱۳)[1]. بـرای اینکه یک فنّاوری توسعه پیدا کند و به‌طور گسترده‌ای انتشار یابد، وجود نظام نوآوری فناورانه‌ای که به‌خوبی عمل می‌کند موردنیاز است. این یعنی یک نظام نـوآوری فنّاورانـه بـرای هـر فنّـاوری وجـود دارد و هـر نظـام ازلحـاظ قابلیـت‌هـای آن بـرای توسـعه و انتشـار فنّـاوری‌هـای جدیـد، منحصربه‌فرد است.

رویکرد چند سطحی و نظام نــوآوری : نظـام‌هـای نـوآوری در بسـترهای خـاص منطقـه‌ای، سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و ... فعالیت می‌کنند و هر نظام نوآوری تحت تأثیر محیط خود بـوده و شناسایی مشکلات متوجه این نظام‌ها مستلزم بررسی دقیق ساختارهای درونی و همچنین محـیط بیرونی مختص نظام نوآوری فناورانه مورد مطالعه است. در پژوهش‌های نظـام نـوآوری فناورانـه، ساختارها و فرایندهای درونی یک TIS معمولاً به‌خوبی در پیشینه موضوع تفسیر شده‌اند اما آنچه که در خارج و بین مرزهای نظام رخ مـی‌دهـد کمتـر بـه‌صـورت سیسـتمی موردتوجـه و بررسـی قرارگرفته است (برگک و همکاران، ۲۰۱۵).

1. Benjamin

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

به نظر می‌رسد برای ایجاد یک چارچوب جامع برای ارزیابی نظام‌های نوآوری فناورانه نیازمند استفاده از مدل‌هایی هستیم که هم سطح کلان و هم سطح خرد را با کیفیت بهتری مورد ارزیابی قرار دهند و همچنین به مفهوم تکاملی بودن نوآوری نیز نزدیک‌تر باشند. از این رو استفاده از نظریه‌های نظام نوآوری و رویکرد چندسطحی می‌تواند راه گشا باشد. ایده ادغام و یا الهام گیری از رویکرد چند سطحی و نظام نوآوری با هدف درک بهتر فرآیندهای نوآوری، دربرخی از مقاله‌های اخیر مطرح شده است (مارکارد[1] و همکاران، ۲۰۱۶؛ والریو و راون[2]، ۲۰۱۶).

نظام نوآوری و رویکرد چند سطحی به صورت دو نظریه جداگانه رشد یافته‌اند با این حال، به دلیل اشتراکاتی که در نظریه‌های بنیادین دارند شباهت‌های بسیاری دارند و می‌توانند به صورت مکمل یکدیگر به کار روند. هر دوی این نظریه‌ها از تئوری اقتصاد تکاملی نشأت گرفته و بر اهمیت شبکه‌ها و فرآیندهای یادگیری همراه با نقش حیاتی نهادها برای موفقیت فرآیندهای نوآوری، تاکید دارند. هر دوی این نظریه‌ها بر پدیده‌ها به عنوان پدیده‌های دارای وابستگی متقابل، غیرخطی و پویا توجه دارند (مارکارد و ترافر، ۲۰۰۸). همچنین مفاهیم هریک از این چارچوب‌ها شامل جنبه‌هایی است که یکدیگر را کامل می‌کنند. پیشینه موضوع نظام نوآوری بر روی بازیگران و فرآیندهای یادگیری تمرکز کرده است و توجه کمی به رژیمی که فناوری موجود در آن قرار دارد، می‌کند (وربانگ و گیلز، ۲۰۰۷)[3]. درحالی‌که یکی از نقاط قوت TIS ظرفیت آن در تحلیل فرایندهای پویا است، عدم تحلیل این تعاملات پویا در سطح خرد یکی از نقاط ضعف رویکرد چندسطحی محسوب می‌شود. در مقابل، عدم تحلیل رژیم اجتماعی-فنی و چشم‌انداز کلی اجتماعی-فنی در چارچوب TIS یکی از نقاط ضعف این رویکرد در مقابل رویکرد چندسطحی شناخته می‌شود (کوئنن و لوپز، ۲۰۱۰)[4]. گیلز، هکرت و جاکوبسون (۲۰۰۸)

1. Markard
2. Walrave and Raven
3. Verbong and Geels
4. Coenen and Lopez

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

نیز نکته مشابهی را بیان نموده و عنوان می‌کنند که باوجود اینکه هر دو مفهوم TIS و MLP سطوح مختلف را در تحلیل خود درنظر می‌گیرند، باید گفت که « MLP پیشرفت بیشتری در ترسیم تعامل بین فرایندهای داخلی و خارجی داشته است» (گیلز و همکاران، ۲۰۰۸)[1]. کارکردهای نظام نوآوری درون‌نگر هستند و از عوامل کلان که در محیط سیستم قرار دارند و می‌تواند بر موفقیت یا شکست نظام نوآوری تأثیرگذار باشند، قافل هستند (برگک . همکاران، ۲۰۱۵؛ ولریو راون، ۲۰۱۶).

عناصر رویکرد چند سطحی: رویکرد چند سطحی به سه سطح جاویژه‌ها[2]، رژیم و عوامل زمینه‌ای اشاره می‌کند. نکته اصلی که این مدل به آن می‌پردازد، این است که گذارهای فناورانه از تعامل بین این سه سطح حاصل می‌شود (گیلز، ۲۰۰۲).

رژیم: یکی از مفاهیم اصلی رویکرد چند سطحی مفهوم رژیم است. «تعریف رژیم اجتماعی –فنی عبارت است از: مجموعه‌ای از دانش علمی، شیوه‌های مهندسی، فناوری‌های موجود در فرآیندهای تولید، مشخصات محصول، مهارت‌ها و رویه ها، نهادها و زیرساخت ها» (هوگما، ۲۰۰۲)[3].

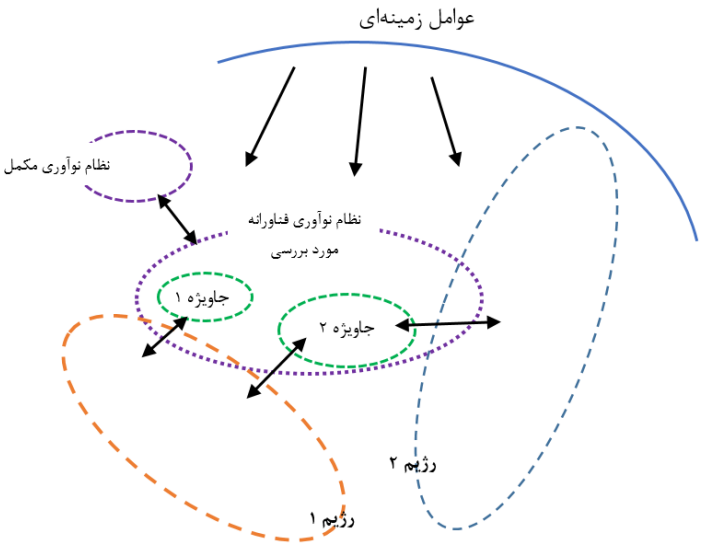
جاویژه: جاویژه‌ها و عوامل زمینه‌ای عناصر مکمل رژیم‌های اجتماعی- فنی در رویکرد چند سطحی هستند. جاویژه‌ها دربرگیرنده فرایند نوآوری در سطح محلی هستند و به طور عادی به فضاهای محافظ شده‌ای اشاره دارند که فناوری‌های جدید یا شیوه‌های اجتماعی- فنی به دور از فشارهای طبیعی بازار و رژیم در آن ظهور پیدا می‌کنند و توسعه می‌یابند (هوگما، ۲۰۰۲). جاویژه‌ها توسط بازیگران ایجاد می‌شود و توسط نهادهای خاص حمایت می‌شوند (گیلز، ۲۰۰۵).

عوامل زمینه‌ای: عوامل زمینه‌ای بر محیط خارجی و عواملی اشاره دارد که بر رژیم‌ها و جاویژه‌ها تأثیر می‌گذارد (گیلز، ۲۰۰۵). پژوهشگران عوامل زمینه‌ای را به عنوان متغیرهای

1. Geels, et al.
2. Niche
3. Hoogma

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

زمینه‌ای در نظر گرفته‌اند که بر فرآیندهای گذار تأثیر می‌گذارد اما به طور گسترده‌ای مستقل و خودمختار است. به طور کلی می‌توان عوامل زمینه‌ای را مجموعه‌ای از متغیرها دانست که بر فرآیندهای تولید و نوآوری تأثیر دارند بدون این که از پیامد فرآیندهای نوآوری در کوتاه مدت و میان مدت تأثیر بپذیرند (مارکارد . ترافر، ۲۰۰۸).



شکل ۱. نظام نوآوری فناورانه و چارچوب چندسطحی (مارکارد و ترافر، ۲۰۰۸)

برای درک بهتر عوامل زمینه‌ای تأثیرگذار بر نظام نوآوری فناورانه در ادامه به تشریح این عوامل می‌پردازیم.

سیاست‌های دولت در قبال انرژی : تغییر سیاست‌های دولت یکی از عوامل تأثیرگذار در نظام نوآوری است. زمینه سیاسی که نظام نوآوری در آن قرار دارد اهمیت کلیدی در توسعه آن دارد. دسترسی به منابع مالی عمومی برای تحقیق و توسعه، شکل‌دهی به بازار، و همچنین مشروعیت اجتماعی فناوری‌های جدید تأثیر مثبتی در ورود بازیگران و کارآفرینانی دارد که می‌توانند منابع جدیدی را به نظام نوآوری فناورانه وارد کنند (برگک و همکاران، ۲۰۱۵). تغییر اولویت دولت برای تأمین انرژی در کشور هلند مثالی است که تشریح کننده این مطلب است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

معرفی گاز طبیعی در دهه ۱۹۶۰ و تجربیات حاصل در زمینه انرژی هسته‌ای منجر به تغییراتی در مفروضات سیاستگذاران این کشور گردید. دولت، نقش فعالی در زمینه معرفی گاز طبیعی داشت. عقد قراردادهایی بین دولت هلند و شرکت‌های شل و اکسان موبیل، یک انحصار ملی را بر استخراج گاز طبیعی ایجاد نمود.

تغییر سیاست‌های دولت جهت کسب و اخذ انرژی هسته‌ای واستفاده از توربین‌های گازی به عنوان منبع پایدار و داخلی مطمئن، سبب شد تا پروژه‌هایی را برای توسعه در این فناوری‌ها در پیش بگیرد. سرمایه گذاری و خرید فناوری از کشورهای دیگر همچون آلمان (فناوری هسته‌ای) با هدف توسعه شرکت‌های هلندی یکی دیگر از اقداماتی بود که سبب شد بر نظام نوآوری فناورانه و بخش انرژی موجود هلند، تأثیر بگذارد.

برخی از سیاست‌های کلان دولت همچون، آزاد سازی نرخ انرژی، خصوصی سازی، مقررات زدایی در این حوزه در سطح منطقه‌ای و ائتلاف‌ها و توافق‌های منطقه‌ای می‌تواند بر بخش انرژی و همچنین نظام نوآوری فناورانه بخش انرژی تأثیر بگذارد (وربانگ و گیلز، ۲۰۰۷)[1]. سیاست‌های دیگری مانند محدودیت واردات یا صادرات برای برخی از کالاها، افزایش یا کاهش نرخ ارز و سیاست‌های تشویقی جهت جذب سرمایه‌گذار خارجی را می‌توان به عنوان سایر عوامل کلان تأثیرگذار بر نظام‌های نوآوری حوزه انرژی در در نظر گرفت.

تنوع در سبد انرژی با هدف افزایش امنیت انرژی: سوخت‌های فسیلی به دلیل تجدیدناپذیری، ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی و عدم امنیت در عرضه به مرور توسط انرژی‌های تجدیدپذیر جایگزین شده‌اند. روند روبه‌رشد مصرف انرژی، کاهش منابع سوخت‌های فسیلی و نیز گرم شدن بیش از اندازه کره زمین از علل عمده و مهم در گرایش

1. Verbong and Geels

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

کشورها به استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر به عنوان جایگزینی برای سوخت‌های فسیلی محسوب می‌شود (صادقی، سجودی و احمدزاده، ۱۳۹۶).

بسیاری از کشورهای غربی بر این باورند که تأمین نفت به دلیل اینکه به مناطق خاصی محدود شده است در آینده بغرنج‌تر می‌شود. بسیاری از این مناطق در کشورهایی واقع شده است که به لحاظ سیاسی بی‌ثبات هستند، بنابراین سیاست‌های انرژی بیش از پیش وابسته به توزیع بخشی به منابع انرژی برای ایجاد وابستگی کمتر به کشورهای بی ثبات برای تأمین نفت است (بری و همکاران، ۲۰۱۰)[1]. در کشور ما نیز بسیاری از متخصصان حوزه انرژی بر این باورند که برای امنیت پایدار و همچنین استفاده بهینه از منابع سوخت فسیلی کشورمان، باید با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر هم به تنوع بخشی سبد انرژی کشور و افزایش امنیت آن توجه شود و هم این که از ذخایر فسیلی کشور استفاده بهینه‌ای صورت پذیرد.

تحریم‌های اقتصادی: تحریم اقتصادی و فقدان همکاری‌های تکنولوژیک به علت مسائل سیاسی، عامل زمینه‌ای دیگری است که بر نظام نوآوری فناورانه تأثیرگذار است. در برخی از کشورها از جمله ایران، تحریم اقتصادی به مشکلاتی در انتقال تکنولوژی، تسهیم دانش یا تأمین زیرساخت‌های لازم برای مراکز پژوهشی و توسعه تکنولوژی در صنعت می‌انجامد. ناتوانی در واردات ابزارها و زیرساخت‌های لازم برای ساخت و تست نمونه‌های اولیه، پیشبرد فناوری را با مشکل مواجه می‌کند. فقدان همکاری تکنولوژیک می‌تواند فرایند انتقال دانش و دسترسی به تکنولوژی پیچیده را کند نماید.

هدفمندی یارانه‌ها : اصلاح سیاست‌های مربوط به یارانه‌ها در ایران یکی از اقدامات مؤثری است که در بخش انرژی رخ داده است. همان‌طور که صاحب‌نظران عنوان می‌کنند، هدفمندی یارانه‌ها در ایران بهبودی‌های زیادی را در بخش انرژی ایجاد نموده است. در این فرایند، یارانه‌ها

1. Bree, et al.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

به تدریج از سوخت، غذا، آب، برق و سایر اقلام حذف شده و سپس صرفه‌جویی‌های حاصل از آن صرف توسعه می‌گردد. این اقدام باعث تغییرات در تقاضا و رقابت بین تأمین‌کنندگان خصوصی و دولتی انرژی می‌شود.

بحران نفت: تجربیات کشورهای مختلف نشان می‌دهد که بحران نفت، افزایش و یا کاهش قیمت آن بر فناوری‌های حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیرگذار است. به عنوان مثال بحران نفت در سال ۱۹۷۳ سبب شد تا دولت هلند نسبت به سیاست‌های خود تجدید نظر کند. سه هدف عمده: تأمین انرژی ارزان قیمت و تنوع در منابع تأمین انرژی با هدف کاهش وابستگی، کارایی در استفاده از انرژی و کاهش مسائل زیست محیطی از جمله عواملی تأثیرگذار بود (وربانگ و گیلز، ۲۰۰۷). گیلز (۲۰۰۵) تأثیر بحران‌های نفتی را بر فناوری‌های حوزه حمل و نقل تشریح نموده است. به اذعان وی، در بخش حمل و نقل، افزایش قیمت نفت می‌تواند بر رفتار نقل و انتقال شهروندان تأثیر بگذارد. به‌طور مثال می‌تواند موجب گردد که شهروندان کمتر از خودروهای شخصی استفاده کنند، خودروهایی با مصرف سوخت کمتر خریداری کنند و یا شغلی نزدیک به محل کار خود انتخاب کنند. بحران نفتی در این حوزه می‌تواند به اقدامات سیاسی قوی‌تری در ارتباط با منابع سوخت تجدیدپذیر بیانجامد و همچنین سبب استقبال از خودروهایی با فناوری‌های جایگزین نظیر خودروهای برقی و هیدروژنی گردد. این امر سبب تحول در مطالعه و سرمایه‌گذاری روی فناوری‌های این حوزه خواهد شد (گیلز، ۲۰۰۵).

رشد و رکورد اقتصادی: ارتباط تنگاتنگ بین رشد فعالیت‌های اقتصادی و تقاضای انرژی در برخی از مطالعات ثابت شده است (گیلز، ۲۰۰۵؛ استرن و کلولند[1]، ۲۰۰۴). ازآنجایی که بیشتر افزایش در تقاضای انرژی در آینده در کشورهای درحال توسعه رخ خواهد داد، شناخت بهتر تأثیر رشد اقتصادی بر TIS یک کشور درحال توسعه مطلوب می‌باشد. رشد اقتصادی همچنین با

1. Stern and Cleveland

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

افزایش دسترس‌پذیری منابع دولتی درنتیجه درآمدهای مالیاتی بالاتر همراه خواهد بود. اما افزایش دسترس‌پذیری منابع دولتی الزاماً به افزایش یارانه‌ها و بخشودگی‌های مالیاتی بیشتر یا سرمایه‌گذاری بیشتر در R&D منجر نمی‌شود، زیرا این موارد به جنبه‌هایی نظیر تمایلات سیاسی، سیاست‌های دولت، تقویت گروه‌های موافق و غیره نیز بستگی دارند. اما، می‌توان تصور نمود که با دسترس‌پذیری منابع دولتی و خصوصی بیشتر، احتمال بسیج منابع بیشتری برای فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر وجود خواهد داشت. تغییر در رشد اقتصادی را می‌توان با ردیابی تغییر در تولید ناخالص داخلی (GDP) و رویدادهای اقتصادی داخلی و بین‌المللی و تأثیر آن بر کارکردهای TIS نظیر بسیج منابع و ایجاد مشروعیت مورد تحلیل قرار داد (ادسند، ۲۰۱۶).

تغییرات آب و هوایی و مسائل زیست محیطی: تغییرات آب و هوایی و نگرانی‌های به‌وجود آمده در نتیجه آن می‌تواند بر نظام‌های نوآوری و فناوری‌های مرتبط با بخش انرژی تأثیر بگذارد (کرن و اسمیت، ۲۰۰۸). در نتیجه این مسأله، منابع انرژی پاک بیشتر مورد استقبال قرار خواهند گرفت. مقابله دولت‌ها با این مسأله مهم به وسیله ابزارهای حمایتی از سایر فناوری‌های حوزه انرژی تجدیدپذیر صورت می‌پذیرد.

گیلز (۲۰۰۵) تغییرات جوی را بر توسعه فناوری‌های بخش حمل و نقل مؤثر دانسته و عنوان نموده است که مسائل مرتبط با تغییرات جوی به نگرانی‌های عمومی و اقدامات سیاسی در سطح اروپا منجر شده است. اقداماتی نظیر اعطای یارانه برای طرح‌های نوآورانه جهت کاهش این مشکل و مقررات کنترل CO_2 برای خودروهای جدید که باعث شده است به فناوری خودروهای پاک توجه بیشتری شود (گیلز، ۲۰۰۵).

همچنین کاهش منابع طبیعی در دسترس که درنتیجه تغییرات اقلیمی روی می‌دهد (مانند کاهش آب در نتیجه خشکسالی) باعث می‌شود که کشورها به استفاده از سایر منابع تجدیدپذیر روی آورند. به عنوان مثال با کاهش بارندگی میزان ظرفیت تولید برق توسط توربین‌های آبی کاهش خواهد یافت و این کاهش باید با افزایش ظرفیت سایر منابع تولید برق نظیر نیروگاه‌های حرارتی، بادی و غیره جبران گردد. با توجه به ظرفیت موجود در کشور ایران، انرژی‌های

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

خورشیدی به دلیل عدم تولید CO2، دوستدار محیط زیست بوده و موجب حفظ منابع طبیعی، احیای اراضی، کاهش خطوط انتقال نیرو و افزایش استقلال منطقه‌ای در تأمین انرژی می‌شوند (اسماعیلی، نجفی و بناکار، ۱۳۹۶).

عوامل فرهنگی و اجتماعی: حمایت‌های اجتماعی از یک انرژی در یک حوزه فناوری خاص می‌تواند سبب جا افتادن آن موضوع در درون جامعه شود و تبدیل به مطالبه عمومی شود (وربانگ و گیلز، ۲۰۰۷). مشروعیت بخشی به نوآوری از طریق شبکه‌های اجتماعی، ایجاد حس مطالبه گری در مردم را ایجاد می‌کند (ادسند، ۲۰۱۶). رشد آگاهی زیست محیطی یک پیشرفت اجتماعی- فرهنگی است (اسمیت و همکاران، ۲۰۱۰)[1]. افزایش آگاهی زیست محیطی در جامعه مدنی می‌تواند بر دولت و بازیگران بخش انرژی برای سرمایه گذاری بیشتر بر روی تکنولوژی‌های پاک تأثیر بگذارد. این فشار می‌تواند از سوی مصرف کنندگان انرژی بوده و تقاضا برای انرژی تولید شده از تکنولوژی‌های انرژی تجدیدپذیر را افزایش دهد یا اینکه می‌تواند از طریق پشتیبانی یا پذیرش سیاست‌های زیست محیطی (لابی گری غیررسمی) از سوی گروه‌های زیست محیطی سازمان یافته یا شهروندان حاصل گردد. شواهد نشان می‌دهد که بین آگاهی زیست محیطی و تمایل بیشتر برای استفاده از انرژی تولید شده از تکنولوژی‌های انرژی تجدید پذیر ارتباط وجود دارد (ورف و همکاران، ۲۰۱۳)[2]. پذیرش اجتماعی یک فناوری نقش بسیار مهمی در افزایش پذیرش یک فناوری توسط کاربران دارد. این مسأله که یک نوآوری چه مزایا (اجتماعی و اقتصادی و...) و چه هزینه‌هایی برای مصرف کنندگان بالقوه دارد در استقبال و استفاده از آن فناوری بسیار تأثیرگذار است (مالت، ۲۰۰۷)[3].

1. Smith, et al.
2. Werff, et al.
3. Mallett

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

عوامل جغرافیایی: وقتی که به نظام نوآوری فناورانه در داخل یک کشور توجه می‌کنیم این خطر وجود دارد که جنبه‌های خارجی و بخش جهانی نظام نوآوری فناورانه را در نظر نگیریم (کوئنن، ۲۰۱۵). کارلسون (۲۰۰۶) معتقد است که نظام نوآوری نمی‌تواند جهانی شدن فعالیت‌های نوآوری را تشریح کند. او همچنین بر رویکرد بین‌المللی فرآیند نوآوری تاکید می‌کند (کارلسون، ۲۰۰۶)[1]. به عبارت دیگر عواملی خارج از مرزهای جغرافیایی یک کشور وجود دارند که می‌توانند کارکردهای نظام نوآوری را تحت تأثیر قرار دهند (برگک و همکاران، ۲۰۱۵؛ بینز[2] و همکاران، ۲۰۱۴).

از این رو، محققان معتقدند که مطالعه نظام نوآوری فناورانه تنها نباید معطوف به یک منطقه (مثل یک کشور) باشد. زیرا نظام‌های نوآوری در مناطق مختلف یکدیگر را کامل می‌کنند و همچنین بازیگران نظام نوآوری از طریق شبکه‌های دانش در سطح بین‌المللی، به یکدیگر مرتبط هستند. به عنوان مثال، فناوری فتوولتائیک در یک صنعت جهانی توسعه پیدا کرده و نظام‌های نوآوری ملی مختلف، بخش‌های مهم پایین‌دستی (بازارها، مانند استرالیا)؛ میان دستی (تولیدکنندگان، مانند چین) و بالادستی (توسعه دهندگان فناوری مانند آلمان) آن را شکل می‌دهند (مارکارد و همکاران، ۲۰۱۵). با توجه به موارد بالا، عوامل تأثیرگذار کلان بر نظام نوآوری فناوری را می‌توان به صورت خلاصه به ۹ مورد دسته بندی کرد که این موارد در جدول ذیل ارایه شده است.

1. Carlsson
2. Binz et al.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

جدول ۱. متغیرهای اثرگذار بر نظام نوآوری فناورانه

ردیف	متغیر	علامت اختصاری
۱	**سیاست‌های دولتی**	A
۲	**رشد و رکود اقتصادی**	B
۳	**هدفمندی یارانه ها**	C
۴	**تنوع در سبد انرژی با هدف افزایش امنیت انرژی**	D
۵	**عوامل فرهنگی و اجتماعی**	E
۶	**جغرافیایی**	F
۷	**عوامل زیست محیطی**	G
۸	**تحریم‌های اقتصادی**	H
۹	**بحران در قیمت نفت**	I

مأخذ: نتایج تحقیق

٤. تصریح الگو

پژوهش حاضر از حیث هدف کاربردی و از نظر ماهیت در دسته تحقیقات توصیفی قرار می‌گیرد. برای انجام این تحقیق از داده‌های اولیه استفاده شد که این داده‌ها با استفاده از روش کتابخانه‌ای، مصاحبه نیمه ساختار یافته و پرسشنامه، در سه فاز، استخراج شد. در فاز اول، برای جمع‌آوردی داده‌ها از مرور ادبیات پژوهش و استخراج عوامل کلان از این اطلاعات برای انجام مصاحبه نیمه ساختار یافته با خبرگان استفاده شد. در فاز دوم مصاحبه نیمه ساختار یافته با هدف اطمینان از صحت انتخاب عوامل استخراجی، انجام شد. در مجموع ۱۰ خبره، که شامل سه استاد دانشگاه، (با سابقه پژوهشی در زمینه انرژی) ۵ متخصص فعال در زمینه انرژی‌های خورشیدی (با سابقه ۵ سال کار در زمینه انرژی خورشیدی) و دو محقق و پژوهشگر فعال در زمینه فناوری فتوولتائیک (با سابقه ۵ سال پژوهش در زمینه انرژی خورشیدی)، بودند انتخاب شدند و با انجام مصاحبه از آن‌ها خواسته شد تا ضمن اعلام نظر در مورد عوامل استخراجی از پیشینه پژوهش، در صورت نیاز، عوامل مد نظر خود را اضافه نمایند. در نهایت، با استفاده از تحلیل مصاحبه‌ها به روش تحلیل تم، تم‌هایی که با بیشترین مد بودند استخراج شد که در قسمت مرور پیشینه پژوهش

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

به تفصیل تشریح شد. در فاز سوم، با استفاده از ابزار پرسشنامه که شامل ماتریسی از متغیرهای استخراجی بود، نظرات خبرگان و متخصصان در حوزه فناوری فتوولتائیک دریافت گردید. پیش از دریافت نظرات خبرگان، پرسشنامه توسط ۵ استاد دانشگاه از نظر روایی محتوایی مورد بررسی قرار گرفت و پس از این تایید نهایی مرحله توزیع پرسشنامه آغاز شد. در این فاز، ۱۸ متخصص در نظر گرفته شد که شامل ۵ عضو هیئت علمی دانشگاه و ۱۳ نفر از متخصصین صنعت و پژوهشگران این حوزه هستند. ملاک انتخاب متخصصان و اساتید در این بخش دارا بودن ۵ سال سابقه کار و پژوهش در زمینه انرژی خورشیدی بود. بعد از جمع آوری این پرسشنامه‌ها، نظرات خبرگان ادغام و در قالب یک ماتریس قرار گرفت[۱]. سپس فرآیند تحلیل با استفاده از روش ISM و MICMAC انجام شد.

روش ISM می‌تواند برای تجزیه و تحلیل ارتباط چند متغیر که برای مساله تعریف شده‌اند، استفاده شود (وارفیلد، ۱۹۷۴). مدل‌سازی ساختاری تفسیری نه تنها بینشی را در خصوص روابط میان عناصر مختلف یک سیستم فراهم می‌نماید بلکه ساختاری را مبتنی بر اهمیت و یا تأثیرگذاری عناصر برهم (بسته به نوع رابطه محتوایی تعریف شده) فراهم ساخته و نمایشی تصویری از آن را ارایه می‌کند (کانان و همکاران، ۲۰۰۸)[۲]. همچنین برای درک بهتر قدرت نفوذ و وابستگی بین متغیرها در پژوهش از روش MICMAC استفاده شده است. با استفاده از این روش می‌توان قدرت نفوذ و وابستگی متغیرها را مورد تحلیل و ارزیابی قرار دارد.

شناسایی متغیرهای مرتبط با مسأله : روش ISM با شناسایی متغیرها شروع می‌شود. در گام اول باید متغیرها از طریق، مطالعه ادبیات موضوع، مصاحبه با خبرگان و یا به وسیله پرسشنامه استخراج شود.

---

۱. در مواقعی که تعداد پاسخ‌دهندگان کم است نمی‌توان از شاخص‌های مرکزی همچون میانه یا میانگین استفاده نمود. در نتیجه، روابط، با استفاده از رای اکثریت خبرگان (مد) لحاظ می‌شود (فیروزجائیان و همکاران، ۲۰۱۳).

2. Kannan et al.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

ساخت ماتریس خود تعاملی ساختاری[1]: به وسیله پرسشنامه از خبرگان خواسته شد تا نوع روابط بین هر زوج متغیر را با استفاده از علائمی که در جدول زیر ارایه شده است مشخص نمایند. ماتریس خود تعاملی ساختاری یک ماتریس به ابعاد متغیرهاست که در سطر و ستون آن متغیرها قرار می گیرند.

جدول ۲. روابط مفهومی در تشکیل ماتریس خودتعاملی ساختاری

نماد	مفهوم نماد
V	i منجر به j می‌شود (عامل سطر i زمینه ساز رسیدن به ستون j)
A	j منجر به i می‌شود (عامل سطر j زمینه ساز رسیدن به ستون i)
X	رابطه دو طرفه بین i و j وجود دارد (هر دو زمینه‌ساز همدیگرند)
O	هیچ نوع ارتباطی بین دو عنصر i و j وجود ندارد

مأخذ: نتایج تحقیق

ساخت ماتریس دستیابی (دسترس پذیری اولیه)[2]: در این مرحله نمادهای قرار گرفته در ماتریس خودتعاملی ساختاری با توجه به قوانین مشخص شده در روش ساختاری تفسیری، به اعداد صفر و یک تبدیل می‌شود (آذر، خسروانی، ۱۳۹۲). نحوه تبدیل، به صورت خلاصه در جدول زیر ارایه شده است.

جدول ۳. نحوه تبدیل روابط مفهومی به اعداد

نماد مفهومی	i به j	j به i
V	۱	۰
A	۰	۱
X	۱	۱
O	۰	۰

مأخذ: نتایج تحقیق

1. Structural self-interaction matrix (SSIM)
2. Reachability matrix

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

سازگار کردن ماتریس دستیابی : پس از اینکه ماتریس دستیابی اولیه به دست آمد، باید سازگاری درونی آن برقرار شود. به عنوان نمونه اگر متغیر i منجر به متغیر j شود و متغیر j منجر به متغیر z شود، باید متغیر i نیز منجر به متغیر z شود. و اگر در ماتریس اولیه این روابط برقرار نباشد. باید برای سازگاری ماتریس اقدام نمود. در این حالت متغیرهای صفری که تبدیل به ۱ می‌شوند، با ۱* نشان داده می‌شود. همچنین باید به این نکته توجه کرد که در سیستم‌های بزرگ و پیچیده، فرض بر این است که هر جزء قابل حصول از خودش است. از این رو کلیه درایه‌های قطر اصلی ماتریس نهایی سیستم همواره ۱ است. بعد از سازگار کردن ماتریس دستیابی اولیه، ماتریس نهایی به دست می‌آید (آذر، خسروانی، ۱۳۹۲).

تعیین سطح و اولویت متغیرها: در این مرحله با استفاده از ماتریس نهایی که در مرحله قبل تهیه شد. باید مجموعه‌های خروجی (دستیابی[1]) و ورودی (پیش نیاز[2]) را برای هر متغیر به دست بیاوریم. مجموعه خروجی یک متغیر عبارت است از متغیرهایی که از آن جزء تأثیر می‌پذیرند. برای پیدا کردن متغیرهای تأثیرپذیر هر متغیر، سطر مربوط به آن متغیر را بررسی می‌کنیم، تعداد «۱»های این سطر (در ماتریس نهایی) نشان دهنده خطوط جهت‌داری است که از متغیر خارج می‌شود. مجموعه ورودی یک متغیر عبارت است از تمام متغیرهایی که بر آن تأثیر می‌گذارند. برای تعیین متغیرهای ورودی، باید ستون مربوط به آن متغیررا بررسی کرد، تعداد ۱های این ستون نشان دهنده خطوط جهت‌داری است که به آن وارد می‌شود (آذر، خسروانی، ۱۳۹۲).

پس از تعیین مجموعه‌های ورودی و خروجی باید به تعیین سطوح متغیرها پرداخته شود. در سطر اول متغیری که دارای بالاترین سطح از سلسه مراتب مدل ساختاری تفسیری قرار می‌گیرد که مجموعه دستیابی و عناصر مشترک آن کاملا مشابه باشد. پس از تعیین این متغیر باید آن را از

1. Reachability set
2. Antecedent set

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

جدول حذف نمود و کار را بر روی سایر متغیرها ادامه داد. این کار تا تعیین سطح همه متغیرها باید ادامه یابد (آگراوال و همکاران، ۲۰۰۷)[1].

تجزیه و تحلیل قدرت نفوذ و میزان وابستگی MICMAC : هدف از انجام این تحلیل، تشخیص و تحلیل قدرت نفوذ و وابستگی متغیرها است. در این مرحله با استفاده از ماتریس نهایی و از طریق جمع کردن ورودی‌های هر سطر[2]، قدرت نفوذ و همچنین جمع کردن ورودی‌های هر ستون، میزان وابستگی متغیرها به دست می‌آید.

در این تحلیل متغیرها بر حسب قدرت نفوذ یا وابستگی خود می‌توانند به چهار دسته تقسیم شوند:

- *دسته اول*: متغیرهای خودگردان (مستقل) است این متغیر دارای قدرت نفوذ و وابستگی کم هست که این مسأله باعث می‌شود این متغیر با سایر متغیرها نسبتا جدا باشد و ارتباط کم و ضعیفی با سایر متغیرهای سیستم داشته باشد.
- *دسته دوم*: متغیرهای وابسته هستند این متغیرها از قدرت نفوذ پایین و وابستگی بالایی برخوردارند
- *دسته سوم*: متغیرهای متصل (پیوندی) هستند. که دارای قدرت نفوذ و وابستگی بالا می‌باشند. هر نوع تغییری در این متغیرها می‌تواند سیستم را تحت تأثیر قرار دهد. و در نهایت بازخورد سیستم نیز می‌تواند این متغیرها را مجددا تغیر دهد. در واقع هر گونه تغییر در این نوع از متغیرها می‌تواند بر سایر متغیرها تأثیرگذار باشد (جرج و پرامود، ۲۰۱۴)[3].
- *دسته چهارم*: متغیرهای مستقل هستند. این متغیرها از قدرت نفوذ بالا و وابستگی پایینی برخوردارند.

۵- نتایج تحلیل

ابتدا ماتریس خود تعاملی ساختاری از پرسشنامه‌های خبرگان استخراج می‌شود.

1. Agarwal et al.

۲. منظور از وردی‌های هر سطر و یا ستون، تعداد اعداد یک در سطر یا ستون است.

3. George and Pramod

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

جدول ۴. ماتریس خود تعاملی ساختاری

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A		V	V	V	V	V	V	V	V
B			X	X	O	V	O	V	O
C				O	V	V	V	X	O
D					O	O	V	O	A
E						O	V	V	A
F							O	X	O
G								V	A
H									A
I									

مأخذ: نتایج تحقیق

در این قسمت ماتریس خود تعاملی ساختاری با استفاده از روابطی که در بخش قبلی تشریح شد به ماتریس دسترسی اولیه تبدیل می‌شود. در این قسمت ماتریس دسترسی اولیه حاصل از نظرات خبرگان و متخصصان حوزه فناوری فتوولتائیک ارایه می‌شود.

جدول ۵. ماتریس دسترس پذیری اولیه

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
B	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰
C	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰
D	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰
E	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۰
F	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰
G	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰
H	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۰
I	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱

مأخذ: نتایج تحقیق

در ادامه با استفاده از ماتریس دسترسی اولیه، روابط بین متغیرها بررسی می‌شود تا از سازگاری روابط بین آن‌ها اطمینان حاصل شود. در نهایت ماتریس سازگار شده نهایی استخراج

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

می‌شود. در این حالت متغیرهای صفری که تبدیل به ۱ می‌شوند با ۱* نشان داده می‌شود (جدول ۶).

جدول ۶. ماتریس سازگاری شده نهایی

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
B	۰	۱	۱	۱	۱*	۱	۱*	۱	۰
C	۰	۱	۱	۱*	۱	۱	۱	۱	۰
D	۰	۱	۱*	۱	۰	۱*	۱	۱*	۰
E	۰	۰	۱*	۰	۱	۱*	۱	۱	۰
F	۰	۰	۱*	۰	۰	۱	۰	۱	۰
G	۰	۰	۱*	۰	۰	۱*	۱	۱	۰
H	۰	۱*	۱	۰	۱*	۱	۱*	۱	۰
I	۰	۱*	۱*	۱	۱	۱*	۱	۱	۱

مأخذ: نتایج تحقیق

در این مرحله با استفاده از ماتریس نهایی که در مرحله قبل تهیه شد. باید مجموعه‌های خروجی (دستیابی[1]) و ورودی (پیش نیاز[2]) را برای هر متغیر به دست بیاوریم و پس از تعیین مجموعه‌های ورودی و خروجی باید به تعیین سطوح متغیرها پرداخته شود. همان طور که در جدول زیر مشاهده میشود سطوح متغیرها در هر تکرار مشخص شده است.

جدول ۷. سطح بندی متغیرها

تکرار اول				
متغیرها	**مشترک**	**ورودی**	**خروجی**	**سطح**
A	A	A	A,B,C,D,E,F,G,H,I	
B	B,C,D,H	A,B,C,D,H,I	B,C,D,E,F,G,H,	
C	B,C,D,E,F,G,H,	A,B,C,D,E,F,G,H,I,	B,C,D,E,F,G,H,	۱
D	B,C,D	A,B,C,D,I	B,C,D,F,G,H,	
E	C,E,H	A,B,C,E,H,I,	C,E,F,G,H,	
F	C,F,H,	A,B,C,D,E,F,G,H,I,	C,F,H,	۱

1. Reachability set
2. Antecedent set

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

تکرار اول				
سطح	خروجی	ورودی	مشترک	متغیرها
	C,F,G,H,	A,B,C,D,E,G,H,I	C,G,H	G
۱	B,C,E,F,G,H,	A,B,C,D,E,F,G,H,I,	B,C,E,F,G,H,	H
	B,C,D,E,F,G,H,I,	A,I	I	I
تکرار دوم				
سطح	خروجی	ورودی	مشترک	متغیرها
	A,B,D,E,G,I	A	A	A
	B,D,E,G	A,B,D,I	B,D	B
	B,D,G	A,B,D,I	B,D	D
	E,G	A,B,E,H,I,	E	E
۲	G	A,B,D,E,G,I	G	G
	B,D,E,G,I	A,I	I	I

تکرار سوم				
سطح	خروجی	ورودی	مشترک	متغیرها
	A,B,D,E,I	A	A	A
	B,D,E	A,B,D	B,D	B
۳	B,D	A,B,D,I	B,D	D
۳	E	A,B,E,I	E	E
	B,D,E,I	A,I	I	I
تکرار چهارم				
سطح	خروجی	ورودی	مشترک	متغیرها
	A,B,I	A	A	A
۴	B	B	B	B
	I,B	A,I	I	I
تکرار آخر				
سطح	خروجی	ورودی	مشترک	متغیرها
۶	A,I	A	A	A
۵	I	A,I	I	I

مأخذ: نتایج تحقیق

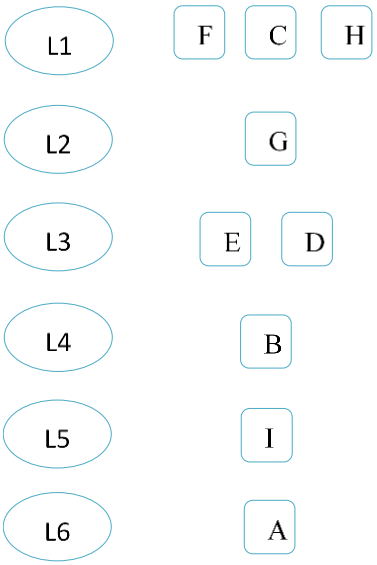
[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

در سطح بندی اول متغیرهای C,F و H قرار گرفتند و سپس این سه متغیر از جدول حذف شدند و تکرار دوم انجام شد. در تکرار دوم متغیر G تعیین سطح شده و از جدول حذف شد. سپس تکرار سوم انجام گرفت. در تکرار سوم، متغیر E سطح بندی شد و سپس از جدول جذف گردید. در تکرار چهارم متغیر B از مدل حذف شده است. در تکرار آخر نیز متغیرهای A و I تعیین سطح شد.

٦. مدل سلسله مراتبی

مدل سلسله مراتبی حاصل از انجام تحلیل ISM درشکل زیر نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود. متغیرهای هدفمندی یارانه‌ها (C)، متغیر تحریم‌های اقتصادی (H) و متغیر عوامل جغرافیایی (F) در این سطح قرار می‌گیرند. ترتیب قرار گرفتن متغیرها در سلسله مراتب ISM از کم اهمیت به با اهمیت است. به این معنی که متغیرهای سطوح اول کم اهمیت ترین و متغیرهای سطوح آخر با اهمیت ترین آن‌ها هستند. در سطح بندی همان طور که در مدل زیر قابل مشاهده است. متغیر تغییرات زیست محیطی (G) قرار گرفته است. در سطح سوم متغیرهای عوامل اجتماعی (E) و تنوع در سبد انرژی با هدف افزایش امنیت انرژی (D) قرار گرفته است. در سطح چهارم متغیر رشد و رکود اقتصادی (B) قرار گرفته و در سطح پنجم و ششم به ترتیب متغیرهای نوسان در قیمت انرژی (I) و متغیر سیاست‌های دولتی (A) قرار گرفته است. در واقع متغیر سیاست‌های دولتی به عنوان تأثیرگذار ترین متغیر در سلسله مراتب ISM قرار دارد که بیشترین اهمیت را در نظام نوآوری فناورانه فتوولتائیک می‌تواند داشته باشد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]



شکل ۲. مدل سلسله مراتبی ISM

تجزیه و تحلیل قدرت نفوذ و میزان وابستگی با استفاده از روش MICMAC در این مرحله انجام شد. هدف از انجام این تحلیل، تشخیص و تحلیل قدرت نفوذ و وابستگی متغیرها است.

جدول ۷. محاسبه قدرت نفوذ و وابستگی در ماتریس نهایی

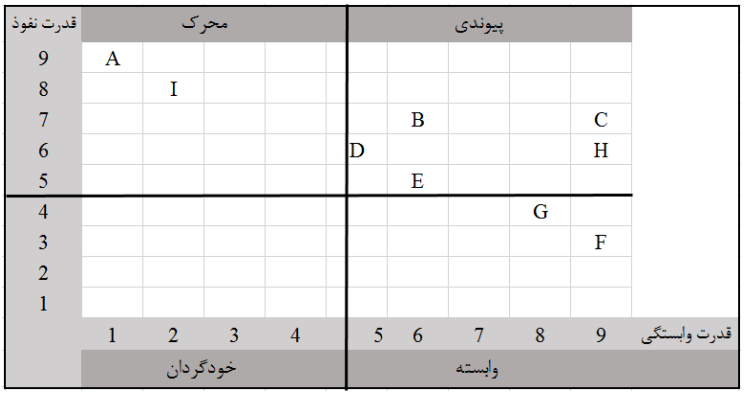
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	قدرت نفوذ
A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
B	0	1	1	1	1*	1	1*	1	0	7
C	0	1	1	1*	1	1	1	1	0	7
D	0	1	1*	1	0	1*	1	1*	0	6
E	0	0	1*	0	1	1*	1	1	0	5
F	0	0	1*	0	0	1	0	1	0	3
G	0	0	1*	0	0	1*	1	1	0	4
H	0	1*	1	0	1*	1	1*	1	0	6
I	0	1*	1*	1	1	1*	1	1	1	8
قدرت وابستگی	1	6	9	5	6	9	8	9	2	

مأخذ: نتایج تحقیق

پس از تعیین قدرت نفوذ وابستگی می‌توان متغیرها را به صورتی نموداری مشابه جدول مختصات نشان داد. برای این کار با توجه به تعداد متغیرها ما نقطه مرزی ۴.۵ را انتخاب می‌کنیم و

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

نمودار را رسم می‌نماییم تا مشخص کنیم که هر یک از متغیرها در کدام دسته، با توجه به تحلیل MICMAC قرار می‌گیرند.



شکل ۳. خوشه بندی (دسته بندی) متغیرهای با استفاده از تکنیک MICMAC

همان طور که در شکل بالا قابل مشاهده است. متغیرهای سیاست‌های دولتی و نوسان در قیمت انرژی در دسته متغیرهای محرک قرار گرفته است. به این معنی که این دو متغیر می‌توانند سایر فعالیت‌های موجود در نظام نوآوری را تحریک نموده و سبب رونق آن‌ها شوند. متغیرهای رشد اقتصادی، تنوع در سبد انرژی با هدف افزایش امنیت انرژی، عوامل اجتماعی، هدفمندی یارانه‌ها و تحریم‌های اقتصادی به عنوان متغیرهایی هستند که در دسته پیوندی قرار می‌گیرند. این عوامل به عنوان عواملی تلقی می‌شوند که شدت اثرگذاری و اثرپذیری توأمان دارند. و در نهایت متغیرهای عوامل زیست‌محیطی و عوامل جغرافیایی به عنوان متغیرهای با قدرت وابستگی زیاد و قدرت نفوذ کم در نظر گرفته شده است. این مسأله نشان می‌دهد که این دو متغیر بیشتر وابسته به سایر متغیرهای نظام نوآوری فناورانه فتوولتائیک هستند و کمتر به عنوان متغیرهای اثرگذار می‌توانند تلقی شوند.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

۷. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان می‌دهد که عوامل سیاست‌های دولت، تنوع در سبد انرژی با هدف افزایش امنیت انرژی، تحریم‌های اقتصادی، هدفمندی یارانه‌ها، بحران نفت، رشد و رکود اقتصادی، تغییرات آب‌وهوایی و مسائل زیست‌محیطی، عوامل فرهنگی و اجتماعی، عوامل جغرافیایی، به عنوان عوامل کلان در نظر گرفته می‌شود. همچنین نتایج اولویت‌بندی نشان می‌دهد که هدفمندی یارانه‌ها، عوامل جغرافیایی و تحریم‌های اقتصادی کمترین تأثیر را در نظام نوآوری فناورانه داشته است. در پژوهش‌های گذشته نقش عامل جغرافیایی به عنوان یکی از عوامل زمینه‌ای تأثیرگذار مورد تأکید قرار گرفته بود (برگک . همکاران، ۲۰۱۵). که از این منظر نتایج پژوهش حاضر با محققان دیگر مشابهت دارد. اما بررسی‌های تجربی نشان می‌دهد که اهمیت این عامل با توجه به شرایط و اقتضائات کشور ایران، نسبت به سایر عوامل، پایین‌تر است. به دلیل درون‌زا بودن نظام نوآوری فناورانه در ایران و روابط محدود با سایر نظام‌های نوآورانه فناورانه، همچنین سابقه نه چندان تأثیرگذار همکاری‌های بین‌المللی در این حوزه، می‌توان عامل جغرافیایی را به عنوان عاملی با کمترین تأثیر در نظر گرفت. هدفمندی یارانه‌ها و تحریم‌های اقتصادی به عنوان دو عامل زمینه‌ای، منحصر به ایران است. که این مسأله ناشی از شرایط و اقتضائات بستری است که فناوری در آن توسعه می‌یابد. توجه به این نکته در پژوهش‌های پیشین نیز مورد تأکید قرار گرفته بود که عوامل زمینه‌ای می‌تواند منحصر به بستری باشد که نظام نوآوری در آن رشد می‌کند (ورث و مارکارد، ۲۰۱۱)[1]. نتایج تحلیل‌ها نشان می‌دهد به دلیل این که تأمین برق مصرفی توسط منابع تجدیدپذیر در ایران سهم بسیار اندکی دارد. هدفمندی یارانه‌ها که سبب افزایش قیمت انرژی و متقابلا کاهش تقاضا شده است نمی‌تواند چندان حوزه فناورانه فتوولتائیک، به عنوان فناوری تولید برق تجدیدپذیر را در ایران تحت تأثیر قرار دهد. از طرفی تحریم‌های اقتصادی نیز چندان

1. Wirth and Markard

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

مانعی بر سر راه توسعه این فناوری در کشور نبوده است. جذابیت بالقوه ایران و پتانسیل‌های آن همچون روزهای آفتابی زیاد و همچنین مشوق‌های مناسب برای سرمایه‌گذاری خارجی، سبب شده که شرکت‌های خارجی برای سرمایه‌گذاری اقدام نمایند. از این رو این عامل در دسته عوامل اثرگذار اما با اولویت کمتر در مقایسه با سایر عوامل در نظر گرفته می‌شود.

عاملی که در رده بعدی قرار می‌گیرد عامل زیست محیطی است. پیوستن ایران به پیمان‌های پاریس سبب شده است که توجه به فناوری‌های تجدیدپذیر به عنوان یکی از منابع پاک انرژی مورد توجه سیاستگذاران ایران قرار گیرد از این رو این عامل می‌تواند سبب شود تا سیاست‌های توسعه در این حوزه سرعت بیشتری به خود بگیرد. در پژوهش‌های پیشین عامل زیست محیطی نیز به عنوان یکی از عوامل با تأثیرگذاری قوی در نظر گرفته شده است (ادسند، ۲۰۱۷). که از این منظر این نتیجه با نتایج سایر پژوهش‌ها مشابهت دارد.

عوامل فرهنگی و اجتماعی و همچنین تنوع در سبد انرژی با هدف افزایش امنیت انرژی نیز در رده بعدی قرار می‌گیرد. ایران با توجه به دارا بودن ذخایر سوخت فسیلی به دنبال افزایش امنیت در تأمین انرژی است و توانسته است در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر اقداماتی انجام دهد. به دلیل افزایش آگاهی مردم و همچنین فعالیت‌های اجتماعی صورت گرفته در این زمینه استقبال از انرژی‌های تجدید پذیر توسط مردم صورت پذیرفته است که این مسأله می‌تواند سبب اشاعه و توسعه بهتر و سریع تر فناوری شود. آگاهی زیست محیطی به عنوان عامل تأثیرگذار در فناوری‌های حوزه انرژی تجدیدپذیر (باد) در پژوهش‌های پیشین نیز در نظر گرفته شده است (وربانگ و گیلز، ۲۰۰۷).

عامل دیگر زمینه‌ای، رشد و رکود اقتصادی است. نتایج پژوهش حاضر نیز نشان می‌دهد که رشد و رکود اقتصادی به عنوان یکی از عوامل مهم و با اولویت بالا در نظر گرفته شده است. این عامل می‌تواند میزان سرمایه‌گذاری و توسعه در نظام نوآوری فناورانه را تحت تأثیر قرار دهد به دلیل این که تأثیر مستقیمی در درآمد دولت و در نتیجه، در میزان سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه در فناوری‌های تجدیدپذیر خواهد داشت. در پژوهش‌های پیشین نیز، رشد اقتصادی به

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

عنوان یک عامل تأثیرگذار زمینه در نظام نوآوری فناورانه در کشور کلمبیا، ذکر شده است (ادسند، ۲۰۱۷).

بحران در قیمت نفت، به عنوان یکی دیگر از عوامل محیطی تأثیرگذار مشخص شده است (وربانگ و گیلز، ۲۰۰۷؛ گیلز، ۲۰۰۵). یکی از نتایجی که افزایش یا کاهش ناگهانی در قیمت نفت و یا به عبارت دیگر بحران نفت می‌تواند به وجود آورد، این است که سرمایه‌گذاری در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر را برای کشورهای نفت خیز، افزایش و یا کاهش دهد. به عنوان مثال، در مواردی که قیمت نفت بالا باشد به دلیل این که بخش قابل توجهی از بودجه کشورهای نفت خیز از فروش نفت تأمین می‌شود می‌تواند بر درآمد آن کشور و متقابلا بر افزایش بودجه آن کشور تأثیر مثبت گذاشته و سبب شود سیاست‌گذاران تمایل بیشتری برای تخصیص بودجه به فناوری‌های تجدید پذیر و پاک در زمینه انرژی، نشان دهند. از سوی دیگر کاهش قیمت نفت می‌تواند علاوه بر این که بودجه دولت‌های کشورهای نفت خیر را کاهش می‌دهد، ممکن است تمایل به تولید انرژی از سایر حوزه‌های تجدید پذیر را نیز کاهش دهد. زیرا در این صورت، قیمت تولید انرژی از سوخت فسیلی پایین آمده و سبب می‌شود سرمایه گذاری در بخش‌های تجدیدپذیر به دلیل عدم تأمین قیمت رقابتی توسط این بخش‌ها، توجیه اقتصادی خود را از دست بدهد. کشور ایران به عنوان یکی از کشورهای نفت خیز از این قاعده مستثنی نیست. از این رو نتایج تحقیق نیز اهمیت این عامل را به عنوان یک عامل زمینه‌ای نشان می‌دهد.

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که، سیاست‌های دولت به عنوان مهمترین عامل زمینه‌ای باید در نظر گرفته شود. زمینه سیاسی که نظام نوآوری در آن قرار دارد اهمیت کلیدی در توسعه آن دارد. ثبات در سیاست‌های دولت و ارایه زمان کافی برای به نتیجه رسیدن سیاست‌های حمایتی یکی از مواردی است که سیاست مداران باید به آن توجه کنند. به عبارت دیگر، عدم ثبات سیاست‌های حمایتی و تغییر و تعلیق آن پیش از رسیدن به نتیجه مطلوب یکی از مواردی است که سرمایه گذارن حوزه انرژی تجدید پذیر از آن متضرر شده اند. دسترسی به منابع مالی عمومی برای تحقیق و توسعه، شکل‌دهی به بازار، و همچنین مشروعیت اجتماعی فناوری‌های

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

جدید تأثیر مثبتی در ورود بازیگران و کارآفرینانی دارد که می‌توانند با خود منابع جدید به نظام نوآوری فناورانه وارد کنند (برگک و همکاران، ۲۰۱۵). سیاستی که دولت در پیش می‌گیرد می‌تواند تقویت‌کننده یا تضعیف‌کننده این روند باشد. تصمیم‌های دولت در نحوه و چگونگی توسعه فناوری، می‌تواند در مسیر توسعه فناوری‌های جدید تغییراتی ایجاد کند. مرور تجربیات سایر کشورها مانند هلند نشان می‌دهد که تصمیم‌ها و سیاست‌های دولت چگونه می‌تواند فناوری‌های در حال ظهور و جدید در زمینه انرژی را از بین ببرد و یا تقویت کند (وربانگ و گیلز، ۲۰۰۷).

همچنین نتایج تحلیل با استفاده از تکنیک MICMAC نشان می‌دهد عواملی همچون سیاست‌های دولتی و بحران نفت به عنوان متغیرهای محرک که می‌توانند سایر عوامل کلان را نیز تحریک نمایند باید در ارزیابی نظام نوآوری فناورانه و ریشه‌یابی مشکلات آن سهم و توجه بیشتری را به خود اختصاص دهد. زیرا این عوامل می‌توانند سهم به‌سزایی در رشد و افول در نظام نوآوری فناورانه داشته باشند. متغیرهای رشد اقتصادی، تنوع در سبد انرژی با هدف افزایش امنیت انرژی، عوامل اجتماعی، هدفمندی یارانه‌ها و تحریم‌های اقتصادی به عنوان متغیرهایی هستند که در دسته پیوندی قرار می‌گیرند. این عوامل به عنوان عواملی تلقی می‌شوند که شدت اثرگذاری و اثرپذیری توامان دارد و در نهایت متغیرهای عوامل زیست‌محیطی و عوامل جغرافیایی به عنوان متغیرهای با قدرت وابستگی زیاد و قدرت نفوذ کم در نظر گرفته شده است. این مسأله نشان می‌دهد که این دو متغیر بیشتر وابسته به سایر متغیرهای نظام نوآوری فناورانه فتوولتائیک هستند و کمتر به عنوان متغیرهای اثرگذار می‌توانند تلقی شوند.

به اذعان محققان در ارزیابی مشکلات نظام نوآوری فناورانه علاوه بر توجه و تمرکز به خود نظام، باید عوامل کلان تأثیرگذار بر روی نظام نوآوری نیز مورد توجه قرار بگیرد (وبر و روهراچر، ۲۰۱۲؛ لامپرینوپلو و همکاران، ۲۰۱۴؛ برگک و همکاران، ۲۰۱۵). به عبارت دیگر فناوری‌های جدید در خلاء توسعه نمی‌یابند بلکه در تعامل با عوامل زمینه‌ای هستند که می‌تواند بر روی توسعه نظام نوآوری فناورانه، فناوری‌های جدید تأثیر بگذارد. از این رو، درک چیستی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

این عوامل کلان و اهمیت آن اجتناب‌ناپذیر است. یکی از چالش‌های مهم در زمینه ارزیابی نظام‌مند نظام نوآوری، شناسایی و بررسی عوامل کلان زمینه‌ای به شکل مطلوب است. عوامل بسیاری در نظام نوآوری فناورانه با توجه به پژوهش‌های گذشته تعیین شده است (گیلز، ۲۰۰۲). یکی از رویکردهای مهم، که می‌تواند در ارزیابی عوامل کلان کمک کند رویکرد چند سطحی است. این رویکرد توانایی بهتری در شناسایی عوامل محیطی و زمینه‌ای تأثیرگذار بر نظام نوآوری را دارد (مارکارد و ترافر، ۲۰۰۸). از طرف دیگر، به دلیل عدم اطمینان‌های موجود در مسیر توسعه فناوری‌های جدید و تأثیرگذاری عوامل زمینه‌ای بر مسیر توسعه آن‌ها، درک چیستی عوامل زمینه‌ای برای مدیران می‌تواند اثربخش و ارزشمند باشد. نتایج چنین پژوهش‌هایی می‌تواند به مدیران بینش گسترده و نظام‌مندی را ارایه کند تا عوامل توسعه را در بستر کلان آن دیده و بررسی نمایند. همچنین می‌تواند زوایای پنهان و یا کمتر دیده شده‌ای از عوامل تأثیرگذار در مسیر توسعه فناوری‌های نوظهور را روشن کند. علاوه بر این، شرایط و مقتضیات موجود در کشوری که نظام نوآوری فناورانه در آن قرار دارد نیز سبب می‌شود تا عواملی منحصر به شرایط خاص آن کشور، به عنوان عوامل کلان، بر نظام نوآوری تأثیرگذار باشند. یکی از نتایج این پژوهش شناسایی این عوامل در مسیر توسعه نظام نوآوری فناورانه فتوولتائیک در ایران است. درواقع، توجه به شدت و میزان تأثیرگذاری عوامل نیز سبب می‌شود که محققان در اندازه گیری مشکلات نظام نوآوری توجه ویژه‌ای به عوامل اثرگذارتر در مقایسه با عوامل کمتر موثر، داشته باشند تا ضمن بررسی دقیق‌تر و متمرکزتر، نتایج مؤثرتر و دقیق‌تری حاصل گردد.

با توجه به رویکرد چند سطحی، می‌توان عوامل اثر گذار در بخش میانی (رژیم) را نیز مورد توجه قرار داد. در این سطح، نظام نوآوری مکمل، نظام نوآوری رقیب، عناصر اصلی سطح رژیم فنی - اجتماعی از جمله عواملی هستند که می‌تواند در پژوهش‌های آتی در نظر گرفته شود و چگونگی تأثیرگذاری و شدت تأثیرات آن می‌تواند مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

یکی از معضلات اساسی کشورهای صادرکننده نفت، تبعات شوک‌های قیمت نفت بر اقتصاد این کشورها می‌باشد. تشکیل صندوق ثروت ملی به عنوان یکی از مهمترین ساختارهای نهادی برای جلوگیری از انتقال بی ثباتی نفتی به اقتصاد کلان کشورهای صادرکننده نفت محسوب می‌شود. با ایجاد صندوق‌پس‌انداز بین نسلی منابع سرمایه‌ای کافی را برای سرمایه‌گذاری مستمر تأمین شده و علاوه بر این ریسک‌های متعددی مانند بیماری هلندی و محدودیت ظرفیت جذب نیز مرتفع شده و با استفاده از صندوق تثبیتی روند هموواری را برای مخارج مصرفی دولت فراهم می‌شود.

منابع

اسماعیلی، مصطفی؛ نجفی، غلامحسین و احمد بناکار (۱۳۹۶) "تحلیل کیفیت سامانه فتوولتائیک منعطف در سطوح منحنی"، *فصلنامه پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی*، (۷)۳، صص ۱۳۶-۱۰۵.

آذر، عادل و فرزانه خوسروانی (۱۳۹۲) *تحقیق در عملیات نرم، تهران: انتشارات سازمان مدیریت صنعتی.*

صادقی، سید کمال؛ سجودی، سکینه و فهیمه احمدزاده دلجوان (۱۳۹۶) تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست در ایران، *فصلنامه پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی*، (۶)۳، صص ۲۰۲-۱۷۱.

فیروزجائیان، علی اصغر؛ فیروزجائیان، مجتبی؛ هاشمی، سید حمید و فاطمه غلامرضازاده (۱۳۹۲)، "کاربرد تکنیک مدل سازی ساختاری تفسیری (ISM) درمطالعات گردشگری (تحلیلی با رویکرد آسیب شناسانه)"، *فصلنامه برنامه ریزی و توسعه گردشگری*، (۲)۶، صص۱۵۹-۱۲۹.

Agarwal A., Shankar R. and M. Tiwari (2007). "Modeling Agility of Supply Chain", *Industrial Marketing Management*, 36(4), pp. 443–457.

Benjamin S., Kaplan D. and D. Schroeder (2013). "National, Regional, and Sectoral Systems of Innovation – An overview", *Report for FP7 Projet*, "Progress".

Bergek A., Hekkert M. P., Jacobsson S., Markard J., Sandén B. and B. Truffer (2015). "Technological Innovation Systems in Contexts: Conceptualizing Contextual

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

Structures and Interaction Dynamics", *Environmental Innovation and Societal Transitions*, No. 16, pp. 51–64.

Binz C., Truffer B. and L. Coenen (2014). "Why Space Matters in Technological Innovation Systems-Mapping Global Knowledge Dynamics of Membrane Bioreactor Technology". *Research Policy*, 43(1), pp. 138–155.

Bree B. Van, Verbong G. and G. Kramer (2010). "A multi-level Perspective on the Introduction of Hydrogen and Battery-electric Vehicles". *Technological Forecasting And Social Change*.

Carlsson B. (2006). "Internationalization of innovation systems: A survey of the literature". *Research Policy* , 35(1), pp. 56–67.

Chung C. and S. Yang (2016). "The Emergence and Challenging Growth of the Bio-Ethanol Innovation System in Taiwan, (1949–2015). Int. J. Environ. Res." *Public Health*, 13(2), pp. 14–22.

Coenen L. (2015). "Engaging with Changing Spatial Realities in TIS Research". *Environmental Innovation and Societal Transitions*, No.16, pp. 70–72.

Coenen L. and F. Lopez (2010). "Comparing Systems Approaches to Innovation and Technological Change for Sustainable and Competitive Economies: An Explorative Study into Conceptual". *Journal of Cleaner Production*, 8(3), pp. 85-102.

Edquist C. (2001). "The Systems of Innovation Approach and Innovation Policy: An Account of the State of the Art", *Aalborg. In DRUID Conference. Aalborg*.

Edsand H. (2016). "Technological Innovation Systems and the wider context: A framework for Developing Countries". *United Nations University*, UNU-MERIT Working, , 17(38).

Edsand, H. (2017). "Identifying Barriers to Wind Energy Diffusion in Colombia: A Function Analysis of the Technological Innovation System and the Wider Context", *Technology in Society*, No. 49, pp. 1–15.

Geels F. (2002). "Technological Transitions as Evolutionary Reconfiguration Processes: a Multi-level Perspective and a Case-study", *Research Policy*, 31(8), pp. 1257-1274.

Geels F. (2005). "Co-evolution of Technology and Society: The Transition in Water Supply and Personal Hygiene in the Netherlands", (1850–1930)-a Case Study in Multi-level Perspective", *Technology in Society*.

Geels F., Hekkert M. and S. Jacobsson (2008). "The Dynamics of Sustainable Innovation Journeys". *Technology Analysis & Strategic Management*, 20(5), pp. 521–536.

Geels, F. W. (2005). "The dynamics of transitions in socio-technical systems: A multi-level analysis of the transition pathway from horse-drawn carriages to automobiles" (1860–1930). *Technology Analysis & Strategic Management*, 17(4), pp. 445–476.

George J. and V. Pramod (2014). "An Interpretive Structural Model (ISM) Analysis Approach in Steel Rerolling Mills (SRRMS)", *International Journal of Research in Engineering & Technology*, 2(4), pp. 161–174.

Hellsmark H., Mossberg B., Soderholm P. and J. Frishammar (2016). "Innovation System Strengths and Weaknesses in Progressing Sustainable Technology: the

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

Case of Swedish Biorefinery Development". *Journal of Cleaner Production*, No.131, pp. 702–715.

Hoogma R. (2002). "Experimenting for Sustainable Transport: the Approach of Strategic Niche Management". *Taylor & Francis*.

Kannan G., Haq A.N., Sasikumar P. and S. Arunachalam (2008). "Analysis and Selection of Green Suppliers Using Interpretative Structural Modelling and Analytic Hierarchy Process". *International Journal of Management and Decision Making*, 9(2), pp. 163-184.

Kern F. and A. Smith (2008), "Restructuring Energy Systems for Sustainability? Energy Transition Policy in the Netherlands", *Energy Policy*, 36(11), pp. 4093-4103.

Kieft A., Harmsen R. and M.P. Hekkert (2015). "Toward a Better Understanding of Blocking Mechanisms in Systems of Innovation: Insights from an Analysis of the Relatedness of Problems in a Case Study of High Energy Efficient Houses in the Netherlands", *Helsinki, Finland*, 2015, 10-12 June 2015. In The 2015 Annual Conference of the EU-SPRI Forum Innovation Policies for Economic and Social Transitions: Developing Strategies for Knowledge, in: Practices and Organizations (pp. 10–12). Helsinki, Finland.

Lamprinopoulou C., Renwick A., Klerkx L., Hermans F. and D. Roep (2014). "Application of an Integrated Systemic Framework for Analysing Agricultural Innovation Systems and Informing Innovation Policies: Comparing the Dutch and Scottish Agrifood Sectors". *Agricultural Systems*, No. 129, pp. 40–54.

Mallett A. (2007). "Social Acceptance of Renewable Energy Innovations: The Role of Technology Cooperation in Urban Mexico", *Energy Policy*, 35(5), pp. 61-83.

Markard J., Hekkert M. and S. Jacobsson (2015). "The Technological Innovation Systems Framework: Response to Six Criticisms", *Environmental Innovation and Societal*, 16(7), pp. 6–86.

Markard J., Raven R. and B. Truffer (2012). "Sustainability Transitions: An Emerging Field of Research and its Prospects". *Research Policy*, 41(6), pp. 955-967.

Markard J. and B. Truffer (2008). "Technological Innovation Systems and the Multi-level Perspective: Towards an Integrated Framework", *Research Policy*, 37(4), pp. 596-615.

Negro S., Alkemade F. and MP Hekkert (2012). "Why Does Renewable Energy Diffuse so Slowly? A Review of Innovation System Problems". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, No. 16, pp. 3836–3846.

Simona O.N., Hekkert M.P. and E.S. Ruud (2007). "Explaining the Failure of the Dutch Innovation System for Biomass Digestion-A Functional Analysis", *Energy Policy*, No. 35, pp. 925–938.

Stern D. and C. Cleveland (2004). "Energy and Economic Growth. Encyclopedia of Energy", No. 2, pp. 35–51.

Verbong G. and F. Geels (2007). "The Ongoing Energy Transition: lessons from a Socio-technical, Multi-level Analysis of the Dutch Electricity System (1960-2004)". *Energy Policy*, 2(32), pp. 1025-1037.

Walrave B. and R. Raven (2016). "Modelling the Dynamics of Technological Innovation Systems", *Research Policy*, 45(9), pp. 18331844.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

Warfield J. (1974), "Developing Interconnection Matrices in Structural Modelling". IEEE Transcript on Systems", *Man and Cybernetics*, 4(1), pp. 51–81.

Weber M. and H. Rohracher (2012). "Legitimizing Research, Technology and Innovation Policies for Transformative Change; Combining Insights from Innovation Systems and Multi-level Perspective in a Comprehensive, Failures, framework", *Research Policy*, No. 41, pp. 1037–1047.

Werff E. Van der, Steg L. and K. Keizer (2013). "The Value of Environmental Self-identity: The Relationship between Biospheric Values, Environmental Self-identity and Environmental Preferences, Intentions", *Journal of Environmental Psychology*, No. 34, pp. 55–63.

Wieczorek and M.P. Hekkert (2012). "Systemic Instruments for Systemic Innovation Problems: a Framework for Policy Makers and Innovation Scholars", *Science and Public Policy*, No. 39, pp. 74–87.

Wirth S. and J. Markard (2011). "Context Matters: How Existing Sectors and Competing Technologies Affect the Prospects of the Swiss Bio-SNG Innovation System". *Technological Forecasting and Social Change*, 78(4), pp. 635-649.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]